



ÄÄNITEKNIikka MUSIIKIN ETÄOPETUKSESSA

**Lähtökohtia TAMK Musiikin etäopetuksen
kehittämiseen**

Antti Vartiainen

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2023

Musiikin ylempi tutkinto-ohjelma
Musiikkipedagogi (ylempi AMK)

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Musiikin ylempi tutkinto-ohjelma
Musiikkipedagogi ylempi AMK

VARTIAINEN, ANTTI:
Äänitekniikka musiikin etäopetuksessa
Lähtökohtia TAMK Musiikin etäopetuksen kehittämiseen

Opinnäytetyö 118 sivua, joista liitteitä 11 sivua
Marraskuu 2023

Etäopetuksen hyödyntäminen musiikin koulutuksessa ajankohtaistui globaalin Covid-19 pandemian alkaessa vuonna 2020. Opinnäytetyössä tarkastellaan suoratoisto-ohjelmistojen ja -laitteistojen yhteydessä käytettävää äänitekniikkaa, miten sitä on hyödynnetty post-Covid ajan musiikin etäopetuksessa, minkälaisia kokemuksia opettajille on kertynyt ja minkälaisia tukitoimintoja ja kehittämiskohteita musiikin kaksisuuntaisessa etäopetuksessa tarvitaan.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kyselyä, joka lähetettiin TAMK Musiikin henkilöstölle sähköpostitse. Tutkimuksesta saadut tulokset osoittavat, että opettajien kokemuksiin kaksisuuntaisen musiikin etäopetuksen yhteydessä on vaikuttanut oppiainekohtaisten erilaisten äänitekniisten laitteiden saatavuus, käyttäjien äänitekniinen osaamistaso sekä etäopetuksessa käytössä olleet yhteydenmuodostustavat. Vastauksista käy myös ilmi, että TAMK Musiikissa toteutettavan laadukkaan musiikin kaksisuuntaisen etäopetuksen äänitekniikkaa kehittävien käytäntöjen saavuttamiseksi tarvitaan laitehankintojen lisäksi etäopetettavien aineiden äänitekniisiä tarpeita vastaavaa monimuotoista koulutusta.

Asiasanat: musiikin etäopetus, äänitekniikka

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree Programme in Music

VARTIAINEN ANTTI:
Sound Technology in Music Distance Education
Starting Points for Distance Education Development at TAMK Music

Master's thesis 118 pages, appendices 11 pages
November 2023

The utilization of distance learning in music education became topical with the onset of the global Covid-19 pandemic in 2020. This thesis examines how audio technology used with streaming software and hardware, has been utilized in post-Covid era music distance learning. It also explores the experiences gained by teachers and identifies support activities and areas of development required for two-way music distance education.

The research method used was a survey, which was sent to the staff of TAMK Music via email. The results of the study indicate that teachers' experiences in the context of two-way music distance learning have been influenced by the availability of various audio-technical devices specific to the subject, users' audio-technical expertise, and the methods used for establishing online connections. The responses also reveal that achieving high-quality two-way music distance learning at TAMK Music requires, in addition to equipment acquisitions, diverse training that corresponds to the audio-technical needs of the subjects being taught.

Key words: music distance education, sound technology

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	14
2	MITÄ ÄÄNI ON?	18
2.1	Akustiikka ja sen vaikutus kuulohavaintoon	21
2.2	RT60-arvo ja siihen vaikuttavat tekijät	23
2.3	Äänen havaitseminen	24
2.3.1	Korvan toiminta	25
2.3.2	Kuulon taajuusvaste	26
3	ÄÄNITEKNIikka OPETUSYMPÄRISTÖSSÄ	28
3.1	Äänen digitaalinen ja analoginen muunnos	31
3.1.1	Digitaalisen äänen laatu, tiedostokoko ja kaistanleveys	33
3.2	Tieto liikkuu internetissä	36
3.3	DANTE – Digital Audio Network Through Ethernet	37
3.4	Bluetooth-tekniikka äänensiirrossa	38
3.5	Äänikortit ja -mikserit	39
3.6	Erilaiset mikrofonityypit	45
3.6.1	Mikrofonien jaottelu toimintaperiaatteen mukaan	46
3.6.2	Mikrofonien jaottelu suuntakuvion ja kalvon koon mukaan	50
3.6.3	Mikrofonien jaottelu teknisten suoritusarvojen perusteella	51
3.6.4	USB- ja kaiutinmikrofonit	53
3.6.5	Rakenteisiin kiinteästi asennettavat mikrofonit	54
3.6.6	Langattomat mikrofonit	55
3.6.7	Catchbox Plus	57
3.7	Kaiuttimet	57
3.7.1	Kaiuttimien jaottelu sähköisen toimintaperiaatteen mukaan	59
3.7.2	Kaiuttimien jaottelu akustisen toimintaperiaatteen mukaan	61
3.7.3	Kaiuttimien jaottelu säteilykuvion mukaan	63
3.7.4	Kaiuttimien jaottelu elementtien lukumäärän mukaan	63
3.7.5	Kaiuttimien muut tekniset ominaisuudet	64
3.8	Kuulokkeet	65
3.8.1	Kuppikuulokkeet	66
3.8.2	Korvanpäälliskuulokkeet	67
3.8.3	Elektrostaattiset kuulokkeet	67
3.8.4	Kuulokemikrofonit	67
3.8.5	Vastamelu- ja ympäristöäänikuulokkeet	68
3.8.6	Korvanappikuulokkeet	68
3.8.7	Luujohdekuulokkeet	69

3.8.8 Langattomat kuulokkeet	69
3.9 Mikä online-tapahtuma?	70
3.10 Zoom- ja Teams-verkkokokousohjelmien ääniominaisuudet	72
3.11 LoLa – Low Latency AV Streaming System.....	75
4 KYSELYTUTKIMUKSEN TOTEUTUS	77
4.1 Kyselytutkimuksen tulokset	78
5 YHTEENVETO JA POHDINTA	97
TEKSTILÄHTEET	102
KUVALÄHTEET	110
LIITTEET	112
Liite 1. Kyselylomake.....	112
Liite 2. Tutkimustiedote ja suostumus kyselyyn osallistumisesta.....	120

LYHENTEET JA TERMIT

Aallonpituus	Selviää laskukaavasta äänen nopeus jaettuna taajuudella. Kuultavien äänien aallonpituus vaihtelee noin 20 millimetrin ja 20 metrin välillä.
Absorptio	Äänienergian muuttuminen toiseksi energiamuodoksi (usein miten lämmöksi) äänen edetessä väliaineessa.
Adapteri	Sovite, mikä yhdistää toisiinsa kaksi erilaista laitetta.
AD-muunnin	Laite, mikä muuntaa analogisen signaalin digitaalseksi.
AIF, AIFF	Pakkaamaton äänen tallennusformaatti (<i>Audio Interchange File Format</i>).
Ajuri, ajuriohjelma	Digitaalisten laitteiden yhdistämiseen tarvittava ohjainohjelmisto.
Akustiikka	Ääntä tutkiva fysiikan osa-alue.
Algoritmi	Muodostuu järjestyksessä olevista yksiselitteisistä toiminnoista, mitkä voidaan suorittaa ja mitkä määrittelevät lopputulokseen johtavan prosessin.
Alias	Muuntimen synnyttämä liian alhaisesta näytteenottotaajuuden käytöstä aiheutuva häiriöäänes.
Alipäästösuodin	Laite tai ohjelma, mikä päästää läpi vain tietyn taajuuden alittavalla taajuusalueella olevan signaalin tai sen osan.
Amplitudi	Ääniaallon voimakkuus, eli intensiteetti. Ääniaallon amplitudin kasvaessa, myös äänen voimakkuus kasvaa.
AoIP	Mahdollistaa useiden samanaikaisten audiosignaaleiden lähettämisen Internet-protokollaa käyttävän verkon välityksellä (<i>Audio over Internet Protocol</i>).
Asymmetrinen yhteys	Verkkoyhteyden lataus- ja lähetysnopeudet ovat erisuuruiset.
Audiokaista	Tervekorvaisen ihmisen kuuloalue, noin 20 Hz – 20 kHz.

AV	Audiovisuaalinen.
Bassoansa	Akustiikkaelementti matalien taajuuksien vaimentamiseen.
Binaarimuoto	Tiedon esittäminen tietokoneen ymmärtämässä muodossa ykkösinä ja nollina.
Bitti	Tietoliikenteen perusyksikkö. Kahdeksan bittiä on yksi tavu.
Bittinopeus	Tiedonsiirtonopeus, mikä ilmoitetaan tavallisesti kilo- tai megabitteinä sekunnissa.
Bittisyvyys	Näytteenottotaajuuden resoluutio. Bittisyvyydellä on suora vaikutus digitaalisen äänen dynamiikkaan, 1 bitti = 6 dB.
Blu-ray	Optinen tallennusmedia. Yksikerroksiselle Blu-ray levyllä mahtuu tietoa 25 Gt ja kaksikerroksiselle 50 Gt.
Bluetooth	Langaton tiedonsiirtotekniikka.
Cat5 – Cat7	Erilaisilla ominaisuuksilla varustettuja verkkokaapelistandardeja.
CD	Optinen tallennusmedia, mihin mahtuu noin 700 Mt tietoa.
Cocktailkutsuilmio	Kaksikorvaisen kuulon kyky erottaa hiljainenkin merkkiäänä usean samanaikaisen puhujan ja taustahälyn seasta.
DA-muunnin	Laite, mikä muuntaa digitaalisen signaalin analogiseksi.
Desibeli, dB	Äänenvoimakkuutta kuvaava logaritminen vertailuyksikkö, mikä kertoo kahden arvon keskinäisen suhteen.
Digitointi	Analogisen lähdemateriaalin muuntaminen digitaaliseen muotoon.
DSP	Digitaalinen signaaliprosessori.
DVD	Optinen tallennusmedia. Yksikerroksiselle DVD-levylle mahtuu tietoa 4,7 Gt ja kaksikerroksiselle 8,5 Gt.
Dynamiikka	Äänenvoimakkuuksien vaihtelu.
Ekvalisaattori,	

Taajuuskorjain, eq	Laite tai sovellus, millä joko vahvistetaan tai vaimennetaan äänitaajuuksien keskinäistä voimakkuutta.
Emolevy	Tietolaitteen piirilevy, mihin kaikki muut laitteen osat kytketään tavalla tai toisella.
Ensiheijaste	Lähes välittömästi suoran äänen jälkeen saapuva akustinen heijastus.
Ethernet	Yleisin käytössä oleva lähiverkkotekniikka.
FLAC	Häviötön äänenpakkausmenetelmä (<i>Free Lossless Audio Codec</i>).
Foni	Äänekyyden mittayksikkö.
Formaatti	Tiedostomuodon koodaamistapa. Tiedostomuodon yksilöi tiedostopääte, kuten wav, aif, flac tai mp3.
Gbps	Tiedonsiirron nopeuden yksikkö, gigabittiä sekunnissa.
Google	Larry Pagen ja Sergey Brinin vuonna 1998 perustama yritys, mikä tarjoaa monipuolisia verkkopalveluita, kuten mm. haku- sekä sähköpostipalvelun.
Gigatavu, Gt	Tiedon tallennustilan kokoluokan yksikkö.
Hertsi, Hz	Värähtelytaajuuden mittayksikkö, mikä mittaa värähdysten lukumäärää sekunnissa.
Huonemoodit	Alkuperäisen äänen ja siitä aiheutuneen tilan kiinteistä rakenteista heijastuneiden ääniaaltojen yhteysvaikutuksesta eri taajuuksien vahvistumisena, vaimenemisena tai kumoutumisena havaittava äänen käyttäytyminen, mikä syntyy, kun tilan mitta on puolet ääniaallon pituudesta tai sen monikerta.
Häviöllinen tiedostopakkaus	Tiedon tallennusmuoto, missä tiedostosta poistetaan pysyvästi tarpeettomaksi katsottua dataa tallennetilan säästämiseksi.
Häviötön tiedostopakkaus	Tiedon tallennusmuoto, missä tiedostosta poistetaan dataa koodaamalla siten, että alkuperäinen data on palautettavissa entiselleen.

Internet	Globaali tietoverkko, mikä rakentuu paikallisista verkoista ja niiden yhteenliittymistä = maailmanlaajuinen reititinverkko.
IP	Protokolla, eli sääntöjoukko, mikä huolehtii IP-pakettien toimittamisesta perille pakettikytkennäisessä tietoverkossa (<i>Internet Protocol</i>).
IP-osoite	Tietolaitteen yksilöivä neljän pisteellä erotetun luvun sarja, jonka avulla laite tunnistetaan paikallisessa verkossa ja internetissä.
IP-paketti	Internet-protokollan perusyksikkö. Kaikki internetissä liikennöitävä tieto pakataan IP-paketteihin.
IT	Informaatioteknologia.
Jakkiliitin, plugiliitin	Yleisesti äänitekniikassa käytetty joko kaksi- tai kolminapainen 6,35 mm. tai 3,5 mm. liitin.
Jitter	Digitaalisen ajoituksen, eli aikapohjan huojunnasta aiheutuva häiriöääni.
Jälkikaiunta	Ensiheijasteiden jälkeen äänikuvassa ilmenevä yhtenäinen kaikukenttä, mistä yksittäiset heijastukset eivät ole erotettavissa.
kbps	Tietoliikenteen nopeuden yksikkö, kilobittia sekunnissa. Kahdeksan kilobittia vastaa yhtä kilotavua, 8 kb = 1 kt.
Koodekki	Ohjelma, mitä käytetään digitaalisen signaalin koodaamiseen sekä koodauksen purkamiseen.
Kompressor	Laite tai sovellus, millä kavennetaan äänisignaalin dynamiikka, eli äänenvoimakkuuden vaihteluväliä.
Kuulokäyrä	Graafinen esitystapa, millä esitetään kuulokynnys taajuuden funktiona.
Kvantisointi	Suuren lukujoukon arvojen likimääräistäminen pienempään lukujoukkoon sovitulle välille.
Laajakaista	Verkkoyhteys, mikä on mahdollista toteuttaa joko langallisena tai langattomana.
Langallinen Verkkoyhteys	Tapa yhdistää tietolaite verkkoon yleensä käyttäen Ethernet-kaapelia.

Langaton verkkoyhteys	Tapa yhdistää tietolaite verkkoon käyttäen langattomia tekniikoita.
Langaton yhteyspiste	Laite, mikä mahdollistaa langatonta tekniikkaa hyödyntävien tietolaitteiden yhdistämisen verkkoon langattomasti.
Laskostuminen	Liian pienen näytteenottotaajuuden käytön seurauksena syntyvä signaalin vääristyminen.
Latenssi	Millisekunneissa mitattava viive, mikä syntyy signaalin kulkiessa laitteiston analogisten sekä digitaalisten komponenttien läpi.
LoLa	Matalan latenssin ja korkean äänen- ja kuvanlaadun mahdollistava verkkomusiikkiesityksiin ja -vuorovaikutukseen valmistettu kaksisuuntainen etäviestintäohjelma (<i>Low Latency AV streaming system</i>).
Mbps	Tietoliikenteen nopeuden yksikkö, megabittia sekunnissa.
Mobiililaite	Henkilökohtainen mukana kuljetettava tietolaite kuten tabletti, kännykkä tai kannettava tietokone
MP3	Häviöllinen äänen tallentamiseen tehty tiedostomuoto
Näytteenottotaajuus	Ilmoittaa jatkuvasta analogisesta signaalista otettavien näytteiden määrän sekunnissa.
Näytteistys	Tapahtuma, missä analogisen signaalin tasosta mitataan tietyin tasaisin välein pistearvoja, eli näytteitä.
Nyquistin teoreema	Näytteenottotaajuuden on aina oltava vähintään kaksi kertaa niin korkea, kuin korkein digitoitava audiotaaajuus.
OGG Vorbis	Häviöllinen äänen tallentamiseen tehty tiedostomuoto
Oheislaite	Tietolaitteen yhteyteen liitettävä laite, kuten ulkoinen äänikortti.
Ohjelmisto	Tietolaitteessa käytettävä tietojen käsittelyyn tarkoitettu sovellus tai sovellusten joukko. Mobiililaitteiden yhteydessä käytetään termiä mobiilisovellus tai appi (applikaatio).

Optinen kuitu	Sähkösignaalin välittämiseen tehty kaapeli, missä signaalin eteneminen perustuu valon kokonaisheijastukseen kuidun sisällä.
PA-järjestelmä	Äänentoistojärjestelmä (<i>Public Address</i>)
PCI Express	Tietokoneen sisäinen liitäntä, mihin on mahdollista kytkeä erilaisia lisälaitteita.
PCM	Pulssikoodimodulaatio, millä tarkoitetaan analogisen signaalin digitointia tasaisella näytteenottotaajuudella, missä kunkin näytteen amplitudi muutetaan sitä vastaavaksi numeroarvoksi (<i>Pulse Code Modulation</i>).
Phantom-jännite	48 voltin jännite, mitä käytetään mm. kondensaattorimikrofonien yhteydessä.
Pilvipalvelu	Tietolaitteella käytettävä verkossa sijaitseva palvelu, kuten mm. sähköposti.
Pilvipalveluympäristö	Useita pilvipalveluita saman palveluntarjoajan ympäristössä.
Pilvitallennustila	Tallennustila verkossa.
Ping	Verkon latenssin mittaamiseen käytettävä sovellus.
Proessori	Koordinoi tiedonsiirron tietolaitteen eri osien välillä suorittaen tiedon käsittelyn ja laskennan. Proessori määrittä suurelta osin tietolaitteen tehokkuuden (<i>Central Processing Unit, CPU</i>).
Protokolla	Yhteyskäytäntö, mikä määrittelee laitteiden ja ohjelmien väliset yhteydet sekä tiedonsiirron tavan.
Puskurimuisti	Väliaikainen tietolaitteen tallennusalue, mihin äänidata puskuroituu ennen sen käsittelyä tai toistoa.
Reititin	Tietoverkkoja yhdistävä laite.
RJ45-liitin	Yleisesti verkkoteknologiassa käytössä oleva modulaarinen liitinkomponentti.
RT60-arvo	Aika, missä äänen intensiteettitaso laskee 60 desibeliä alkuperäisen suoran äänen loppumisesta.
SPL	Äänenpainetaso. 0 dB SPL vastaa ihmisen kuulokynnystä keskitaajuuksilla (<i>Sound Pressure Level</i>).

Suuntakuvio	Graafinen esitys mikrofonin herkkyydestä äänen kulkusuuntaan nähden.
Säteilykuvio	Graafinen esitys kaiuttimen äänen säteilyominaisuuksista eri taajuuksilla.
Symmetrinen yhteys	Verkkoyhteyden lataus- ja lähetysnopeudet ovat samansuuruiset.
Taajuus	Selviää laskukaavasta äänen kokoaaltojen lukumäärä jaettuna sekunnilla. Taajuuden mittayksikkö on hertsi.
Taajuusvaste	Eritaajusten signaaleiden keskinäinen voimakkuus.
Tavu	Tiedon tallennustilan perusyksikkö. Yksi tavu on kahdeksan bittiä.
TCP	Tietoliikenneprotokolla, mikä mahdollistaa verkossa tapahtuvan luotettavan ja virhetarkastetun tiedon siirtämisen tietolaitteiden välillä (<i>Transmission Control Protocol</i>).
Teams	Microsoftin kehittämä verkkokokousohjelmisto.
Tehovaste	Kuvaa kaiuttimen tilaan säteilemää akustista tehoa. (<i>Power response</i>)
Teratavu	Tiedon tallennustilan kokoluokan yksikkö. Yksi teratavu on noin 1024 gigatavua.
UDP	Tietoliikenneprotokolla, mikä mahdollistaa verkossa tapahtuvan virhetarkastamattoman tiedon siirtämisen tietolaitteiden välillä TCP-tietoliikenneprotokollaa suuremmalla nopeudella (<i>User Datagram Protocol</i>).
USB	Laajalle levinnyt standardoitu dataliitäntätyyppi, jonka välityksellä oheislaitteita kytketään tietolaitteisiin (<i>Universal Serial Bus</i>).
Vakioäänekkyyss- käyrästä	Korvan herkkyyttä eri taajuuksilla kuvaava graafi.
Vapaakenttävaste	Kaiuttimen taajuusvaste akustisesti avoimessa tai kaiuttomassa tilassa.
Verhokäyrä	Akustiikan käsite, mikä kuvaa soivan sävelen äänenvoimakkuuden muutosta ajassa.

Verkkokortti	Tietolaitteessa sijaitseva piirilevy, mikä mahdollistaa laitteen yhdistämisen verkkoon ominaisuuksien mukaan joko langallisesti tai langattomasti.
Verkkoyhteys	Yleistermi erilaisille tavoille liittyä Internetiin tai muihin tietoverkkoihin.
Väylä	Tietolaitteen sisäinen siirtotie, mitä myöden tieto siirtyy laitteen eri komponenttien välillä.
WAV	Pakkaamaton äänen tallennusformaatti (<i>Waveform Audio File Format</i>).
XLR-liitin	Yleisesti äänitekniikassa käytetty balansoidun kytkennän mahdollistava kolminapainen liitin (<i>eXternal Line Return</i>).
Ylipäästösuodin	Laite tai ohjelma, mikä päästä läpi vain tietyn taajuuden ylittävällä taajuusalueella olevan signaalin tai sen osan.
Zoom	Zoom Video Communicationsin kehittämä verkkokokousohjelmisto.
Äänitiedosto	Tiedostomuoto äänen taltiointiin (muun muassa wav, aif, mp3 ja flac).

1 JOHDANTO

Omassa työnkuvassani TAMK Musiikin työmestarina olen huomannut, että etäopetuksen tietotaidon karttuminen, teknologian kehitys, etäopetuksen resurssien lisäys, opetussuunnitelmien muutokset, pandemiatilanteen muuttuminen sekä opiskelijoiden ja opettajien sopeutuminen tilanteeseen ovat muokanneet kokemuksia etäopetuksesta erilaisiksi, kuin mitä ne koronapandemian alkaessa loppukeväästä 2020 olivat. Etäopetus nähdään nykyään yhtenä opetusmuotona perinteisen lähiopetuksen lisäksi. Musiikin opetus ja harjoittelu perinteisessä luokkahuoneympäristössä on aina painottunut fyysiseen läsnäoloon ja kasvokkain tapahtuvaan vuorovaikutukseen. Kuitenkin monet tekijät, kuten rajoitukset, kiireiset aikataulut ja etäopetuksen tarjoamat mahdollisuudet ovat lisänneet musiikin opetuksen siirtymistä etäopetukseen. Tämä siirtymä on korostanut entisestään äänenlaadun, akustisten ympäristöjen sekä opettajien ja oppilaiden välisen vuorovaikutuksen merkitystä musiikin etäopetuksen yhteydessä.

Etäopetus on jo pitkään ollut vaihtoehto perinteiselle, kasvokkain tapahtuvalle opetukselle. Järjestelmällisen etäopetuksen alkuvaiheet syntyivät 1800-luvun lopulla. Vuonna 1938 perustettiin ensimmäinen kansainvälinen kirjeopetuksen organisaatio, International Council for Correspondence Education (lyh. ICCE). Elektronisen median yleistyttyä organisaation nimi muutettiin vuonna 1982 ja siitä tuli International Council for Distance Education (lyh. IDCE). (Moore & Thompson 1990, 9–10.)

Suomen etäopetuksen historia juontaa juurensa 1920-luvulle, jolloin Kansanvalistusseura sai rahoituksen kotiopetuksen edellytysten kehittämiseen. Seura perusti rahoituksen avulla kirjeopiston, joka oli suomalaisen etäopetuksen edelläkävijä tarjoten opetusta parhaimmillaan lähes 40 000 oppilaalle. Sen jälkeen kirjeopisto on kehittynyt verkossa toimivaksi Etäkoulu Kulkuriksi, jonka rinnalle on muodostunut suomenruotsalaisille lapsille ja nuorille suunnattu Nomadskolan. Nykyään 45-vuotiaassa Kulkurissa opiskelee vuosittain yli 400 perusopetusikäistä lasta eri puolilla maailmaa. (Opetushallitus 2023.)

Etäopetuksen perusajatuksena on, että silloin kun perinteinen kontaktiopetus ei ole mahdollista, pyritään löytämään paras mahdollinen tapa opetuksen toteuttamiselle. Toisena tärkeänä periaatteena etäopetuksessa on tarjota korkealaatuisia opetussisältöjä oppijoille riippumatta heidän sijainnistaan. Nämä periaatteet ovat osittain selityksenä sille, miksi etäopetus on ollut se opetuksen muoto, jossa on nopeasti hyödynnetty uuden teknologian tarjoamia mahdollisuuksia. Etäopetus kattaa kaiken tieto- ja viestintäteknologian avulla tuetun opetuksen ja ohjauksen, joissa opettaja ja oppija ovat fyysisesti eri paikoissa. Vuorovaikutus opettajan ja oppijoiden välillä voi tapahtua reaaliaikaisesti kaksisuuntaisten videoluentojen aikana tai eriaikaisesti, kuten verkkokursseilla. Opetus ja ohjaus voidaan toteuttaa joko täysin etäopetuksena tai osana muuta opetusta, jolloin käytetään nimitystä monimuoto-opetus. (Nummenmaa, M. 2012, 20.)

Musiikin etäopetusta on tutkittu aiemmin laajasti. Cheng ja Lam (2021) tutkivat etäopetuksen vaikutuksia Hong Kongissa työskentelevien musiikinopettajien stressihäiriöihin. Tutkimustulokset osoittivat, että musiikin opettajat kokivat stressiä, pelkoa ja ahdistusta pandemian vuoksi. Opettajat olivat myös huolissaan musiikin etäopetuksen tehokkuudesta, vanhempien odotuksista, oppilaiden sopeutumisesta verkkopohjaiseen oppimiseen, teknologian integroinnista ja oman ammatillisuuden ylläpitämisestä muuttuvassa opetusympäristössä. (Cheng & Lam 2021.)

Thorgersen ja Mars (2021) tuovat tutkimuksessaan esiin, että Facebook-ryhmä Musiklärarna toimi koronapandemian aikana tärkeänä foorumina musiikinopettajien ammatillisen kehittymisen apuna sekä tukiverkostona. Jatkuvasti kertyneiden kokemusten jakamisen opettajien kesken koettiin olevan ensiarvoisen tärkeää etäopetuksen laadun parantamisessa sekä hyötyjen maksimoimisessa. Tämän kehityksen katsottiin edustaneen opettajien sitoutumista ja sopeutumista muuttuviin opetusympäristöihin. (Thorgersen & Mars 2021.)

Daugvilaite (2021) tutki, kuinka yksilöinstrumenttiopetuksessa olleen kymmenen nuoren lontoolaisen opiskelijan oppiminen muuttui etäopetukseen siirryttäessä. Tutkimustulokset osoittivat, että suurin osa opiskelijoista itsenäistyi enemmän.

Kuitenkin sekä opiskelijat, että heidän vanhempansa ilmoittivat opettajan fyysisen poissaolon vaikuttaneen oppimiseen. Muun muassa ei-verbaalisen viestinnän, eleiden ja oppimisen reflektiivisen tukemisen (*scaffolding*) puuttuminen vaikutti oppimiseen sekä opiskelijoiden osallistumisen ja motivaation tasoihin. Vaikka suurin osa opettajista oli tyytyväisiä verkko-opetukseen, opiskelijat ja heidän vanhempansa suosivat kasvokkain tapahtuvaa opetusta, perustellen, että oppitunnit olivat tuotteliaampia ja hyödyllisempiä, kun ne järjestettiin lähiopetuksena. (Daugvilaite 2021.)

Matti Ruippo (2015) tutki lisensiaatintyössään musiikin verkko-opetusta alaotsikkonaan yhteenvetoraportti Sibelius-Akatemian aluekehityshankkeesta vuosina 2001–2003 ja sen jälkeisestä verkko-opetuksen kehittämisestä. Tutkimustulokset osoittivat, että verkko-opetus muuttaa pedagogiikkaa korostaen opettajan roolia oppimisen ohjaajana sekä empatian tärkeyttä opetuksessa. Videopohjaisten työvälineiden todettiin olevan luontainen osa verkko-opetusta. Tuloksista kävi myös ilmi, että opettajien kouluttaminen nostaa esille hiljaista osaamista ja synnyttää uusia innovaatioita. Verkko-opetuksen nähtiin integroituvan tulevaisuudessa luontevasti osaksi oppimista, poistaen tarpeen eriyttää se omaksi opetusmuodokseen perinteisestä lähiopetuksen kontekstista. Tutkimuksen loppupäätelmästä ilmeni tarve hankkeelle, mikä keskittyy musiikin verkko-opetuksen kehittämiseen ja opettajien kouluttamiseen hyödyntäen modernia tekniikkaa ja nykypäivän toimintakulttuureja ehdottaen tällaisten pedagogisen tutkimuksen kohteiksi viiveettömät videoneuvottelujärjestelmät, musiikin verkkoyhteisöt ja mobiililaitteiden käytön musiikinopetuksessa. (Ruippo 2015.)

Jyväskylän, Oulun, Tampereen ja Turun ammattikorkeakoulujen kesken toteutetussa MUSE-hankkeessa kartoitettiin, vertailtiin ja testailtiin aikavälillä 1.3.2021–28.2.2023 ratkaisuja, jotka mahdollistavat musiikin laadukkaan opettamisen, esittämisen ja yhteistoiminnallisen luomisen etäyhteyksien avulla. Hankkeesta kertyneen tiedon pohjalta on julkaistu runsaasti informaatiota sisältävä Open Online Music Campus -internetsivusto, mikä löytyy osoitteesta <https://www.oomc.fi>.

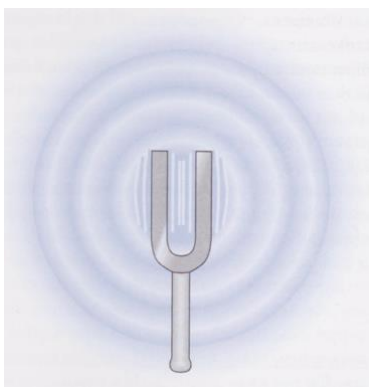
MUSE-hankkeessa tutkittiin muun muassa vapaasti internetistä ladattavia kahden tai useamman osapuolen väliseen reaaliaikaiseen äänen välittämiseen valmistettuja ohjelmia. Opinnäytetyön kirjoittaja oli mukana testiryhmässä, missä tutkimuskohteena olivat SonoBus-ohjelman kilpailijat, JackTrip, Virtual Studio, FarPlay, Jamulus, CleanFeed sekä SoundJack. Yhteyttä testattiin Helsingin ja Tampereen välillä käyttäen Ethernet-yhteyttä. Testeistä nousi esiin FarPlay- sekä Jamulus-ohjelmien olevan suhteellisen helppokäyttöisiä alustoja. Ohjelmat myös tarjoavat hyvän äänenlaadun sekä yhteysoiton vaatiman matalan latenssin. JackTrip-ohjelman käytön koettiin olevan testatuista sovelluksista selvästi monimutkaisin. (Kujanpää 2023.)

Etäopetus on tullut jäädäkseen ja sen tutkimista on syytä ylläpitää jatkuvasti. Koska musiikinopetus on kallista, ei sitä tarjoavilla oppilaitoksilla ole varaa menettää ensimmäistäkään oppijaa äänitekniikaltaan huonolaatuisen etäopetuksen vuoksi. Tämä korostaa musiikin etäopetuksen ääniteknisen laadun merkitystä, kannustaa investoimaan teknisiin resursseihin sekä tarjoamaan koulutusta opetushenkilöstölle alati kehittyvien etäopetusohjelmistojen ja -laitteistojen käytössä.

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa ja kehittää musiikinopettajien kaksisuuntaisessa etäopetuksessa tarvitsemia ääniteknisia valmiuksia sekä resursseja, huomioiden kuitenkin lähiopetuksen olevan varsinkin instrumenttiopetuksessa musiikin tarkoituksenmukaisin opetusmuoto. Opinnäytetyön teoreettiseen viitekehykseen on koottu tietoa akustiikasta, äänen havaitsemisesta, ääniteknisistä laitteista sekä niiden käytöstä suoratoisto-ohjelmistojen yhteydessä. Teoreettiseen viitekehykseen kerättyä tietoa voidaan hyödyntää myös muissa äänitekniikkaa vaativissa tapahtumissa.

2 MITÄ ÄÄNI ON?

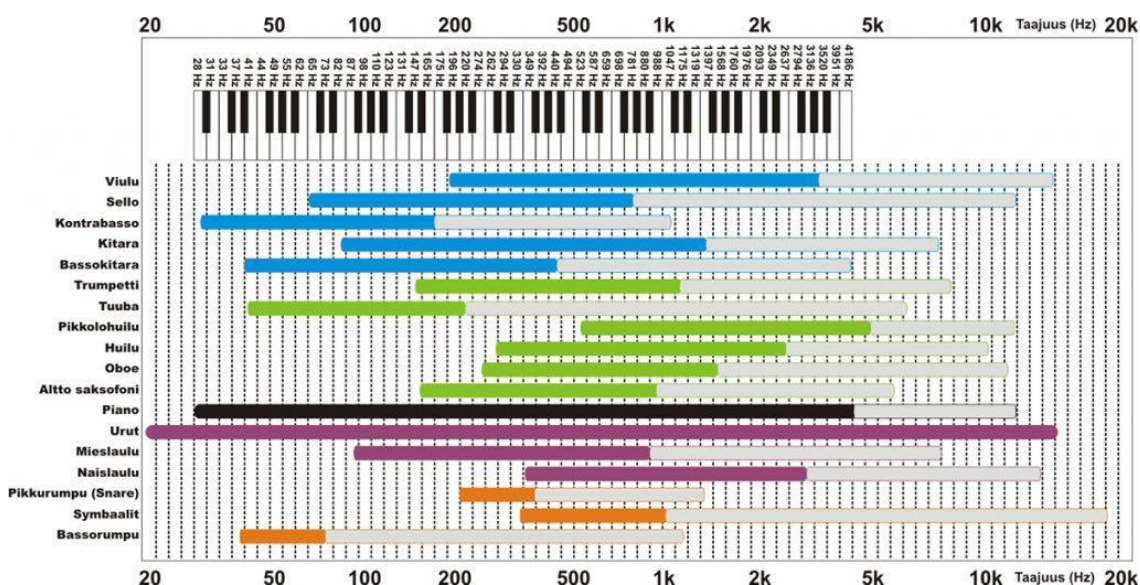
Ääni on ilmamolekyylien pientä liikettä, mikä syntyy kappaleen värähtelystä aiheutuvasta ilman aaltoliikkeestä (KUVA 1), jonka havaitsemme korvassamme ympäröivän ilmanpaineen vaihtelun seurauksena akustisena äänenä (Laaksonen 2013, 4). Äänilähde voi olla yksittäinen tai useammasta yksittäisestä värähtelijästä koostuva joukko, kooltaan pistemäinen, laaja tai mitä vain näiden väliltä (Aro 2006, 13).



KUVA 1. Ääni syntyy värähtelijästä (Laaksonen 2013, 4)

Äänen sointisävy muodostuu eri tekijöiden kokonaisuudesta, johon vaikuttaa samanaikaisten värähtelyiden tasot ja taajuudet, sekä värähtelyiden keskinäiset aikaerot. Myös fysikaalisesti ääni voidaan jakaa kolmeen perusmuuttujaan sointikorkeuden, voimakkuuden ja ajan mukaan. Yleisimmän äänen välityksineen ollessa ilma, on äänen mahdollista edetä myös muissa välittäjäaineissa, kuten vettä tai kiinteää rakennetta pitkin mekaanisena runkoäänenä. Tällöin ääni ei ole kuultavissa, mutta se on havaittavissa tuntoaistin avulla maan tai rakenteiden tärinänä. Äänen välittyessä rakenteesta ilmaan, muuttuu se kuultavaksi akustiseksi ilmaääneksi. Äänilähteen säteillessä ääntä useilla taajuuksilla eri suuntiin monimuotoisin tavoin äänilähteen säteilykuvion mukaisesti, on kuulohavainto erilainen äänilähdettä eri sijainneista kuunneltaessa. Kuultavan äänen korkeus on suoraan verrannollinen värähtelyn nopeuteen, hitaan edustaessa matalia ja nopean korkeita ääniä. Äänen taajuuden mittayksikkö hertzi (lyh. Hz) on saanut nimensä saksalaisen tutkijan Heinrich Rudolf Herzin mukaan ja sillä ilmaistaan värähtelyjen lukumäärää sekunnissa. Myös samaa ilmiötä havainnollistava yksikkö cps (*cycles per second*) esiintyy vanhemmassa englanninkielisessä kirjallisuudessa. Nuoren ihmisen kuuloalue on noin 20–20

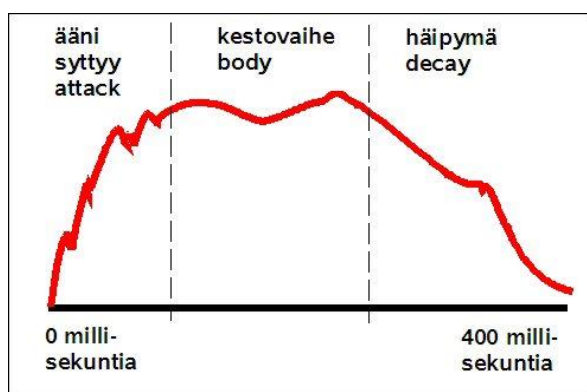
000 hertsiä. Tätä väliä kutsutaan audiokaistaksi (*audio band*). Kuuloalue (KUVA 2) rapistuu yleensä ensiksi korkeiden taajuuksien osalta, jolloin esimerkiksi heinäsiirkojen siritys saattaa jäädä havaitsematta. (Laaksonen 2013, 5, 7, 13.)



10 dB SPL	= tuuleton metsä maaseudulla
20 dB SPL	= kuiskaus
30 dB SPL	= äänitysstudion akustinen pohja (taustakohina)
40 dB SPL	= olohuone
50–60 dB SPL	= normaali keskustelu
70 dB SPL	= toimisto
80 dB SPL	= katuliikenne
90 dB SPL	= kuorma-auto
100 dB SPL	= ohiajava juna
110 dB SPL	= rock-yhtye
120 dB SPL	= suihkukone lähtökiidossa
120–130 dB SPL	= kipuraja
140 dB SPL	= välittömän kuulovaurion vaara
150 dB SPL	= valkoisen kohinan purkauksena aiheuttaa kuuroutumisen
180–200 dB SPL	= avaruusaluksen kanto- raketin lähtöäänä sen irtautuessa telineestä

KUVA 3. dB SPL asteikon havainnollistaminen (Laaksonen 2013, 25)

Äänen syntyessä on sillä tietty kesto aika. Sitä kuvataan verhokäyrällä (KUVA 4), mikä koostuu alukkeesta, sointiosasta ja lopukkeesta. Alukkeella tarkoitetaan lyhyttä värähtelyn synnyttämiseksi tarvittavaa alkuimpulssia, mihin kohdistuu äänen suurin energia. Aluke (*attack*) on eri äänilähteille luonteenomainen ollen äänen tunnistamisen kannalta merkityksellinen. Sointiosasta, eli kestopaiheesta (*body*) ilmenee äänen sävelkorkeus ja lopukkeesta, eli häipymästä (*decay*) tilantuntu. (Joutsenvirta 2009.)

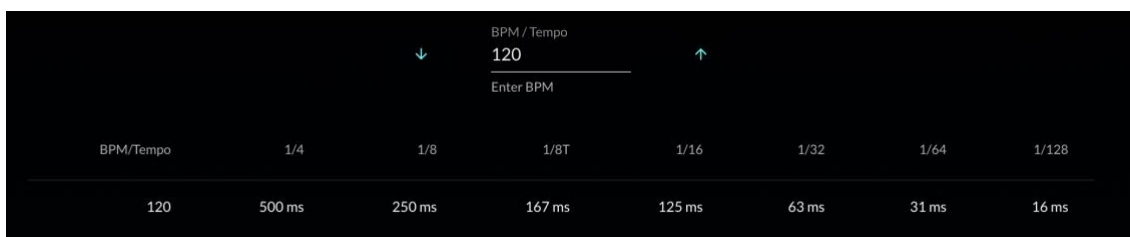


Kuva 4. Äänen verhokäyrä (Korpinen 2023)

2.1 Akustiikka ja sen vaikutus kuulohavaintoon

Ääni etenee ilmassa noin 343 metriä sekunnissa, eli noin 34 senttiä millisekunnissa. Pienessä kamarimusiikkikokoonpanossa muusikoiden havaitsema äänen viive, eli latenssi vaihtelee näin ollen noin 5–20 millisekunnin välillä kymmenen metrin etäisyyden tuottaessa noin 30 millisekunnin viiveen. Tutkimusten mukaan pidetään reaaliaikaisen musiikillisen vuorovaikutuksen näkökulmasta perinteisessä luonnollisessa ympäristössä suurimpana hyväksyttävänä latenssina 25–30 millisekuntia. (Kujanpää & Sallinen 2023.)

Koska yksi minuutti on 60 000 millisekuntia, on nuottien aika-arvot mahdollista muuttaa millisekunneiksi laskukaavalla $60\,000\text{ (ms)} \div \text{metronomimerkintä (iskua minuutissa)} = \text{neljäsosanuotin kesto millisekunneina}$. Jos musiikin tempo on 120 iskua minuutissa, on neljäsosanuotin kesto 500 millisekuntia. (Tuneform LLC 2023.)

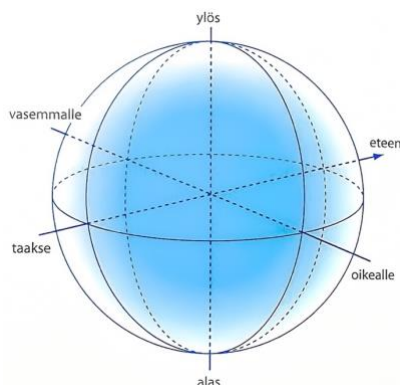


BPM/Tempo	1/4	1/8	1/8T	1/16	1/32	1/64	1/128
120	500 ms	250 ms	167 ms	125 ms	63 ms	31 ms	16 ms

KUVA 5. Nuottien aika-arvot millisekunneissa tempon ollessa 120 iskua minuutissa. (Tuneform LLC, 2023)

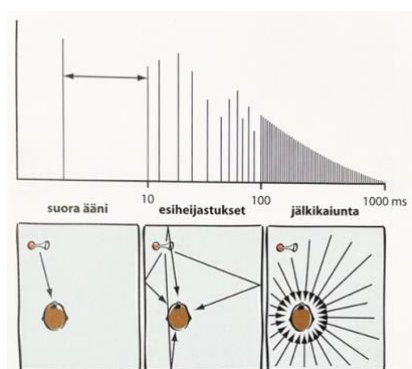
Akustisen äänen ulottuvuudet tilassa ovat edessä, takana, vasemmalla, oikealla, ylhäällä ja alhaalla (KUVA 6). Äänilähteen äänen säteilystä vain osa ääni-informaatiosta välittyy kuulijalle suoraan, suurimman osan edetessä ympäristöön. Ääniaallon kohdatessa kovan pinnan, heijastuu osa aaltoliikkeen energiasta tilaan, osan jatkaessa toisessa välittäjäaineessa tai muuttuessa lämmöksi. Yksittäisen heijastuksen palatessa takaisin kuulijan korviin, on kyseessä yksittäinen kaiku (echo). Starttipistoolin laukaisusta syntyvän lyhyen ääni-impulssin aiheuttamasta äänestä keskikokoisessa tilassa esiintyy kuulohavaintona ensin suora ääni, saapuen kuulijan korviin äänen syntymisestä noin 20–200 millisekunnin kuluessa. Tilan ja äänilähteen kokoa kuulokuvassa

määrittelevien rakenteiden eri pinnoista välittyvien ensiheijastusten välinen aikaero suoraan ääneen verrattuna on noin 50 millisekuntia. (Aro 2016, 13–16.)

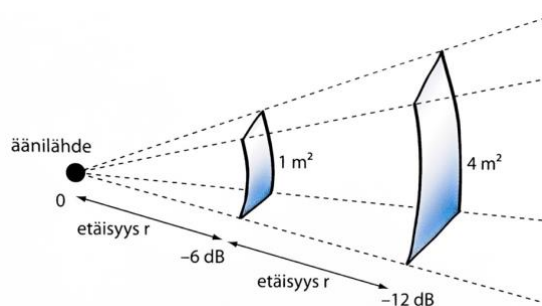


KUVA 6. Äänen ulottuvuudet tilassa (Aro 2006, 16)

Luonteeltaan huomattavasti hiljaisempia ovat lähes välittömästi ensiheijastuksien jälkeen tiheään esiintyvät diffuusin jälkikaiunnen kentän muodostavat heijastukset (KUVA 7). Suurin piirtein eksponentiaalisesti vaimeneva jälkikaiunta vaikuttaa kuulokuvassa oleellisesti tilantuntuun. Äänilähteen voimakkuus laskee etäisyyden kaksinkertaistumista kohden noin kuusi desibeliä (KUVA 8). Äänen energia vaimenee ilman vaikutuksesta, imeytymällä tilan pintarakenteisiin sekä kalusteisiin, osan heijastuessa useaan kertaan uudestaan eri pinnoista muodostaen kyseessä olevalle tilalle ominaisen äänikentän. Ääntä heijastavissa kovia pintoja omaavissa kaiuntaisissa tiloissa kuulohavainto on luonnollisesti erilainen verrattuna kaiuttomaan ääntä absorboivin rakentein varustetuilla pinnoilla rakennettuihin tiloihin nähden. (Aro 2016, 14–16.)



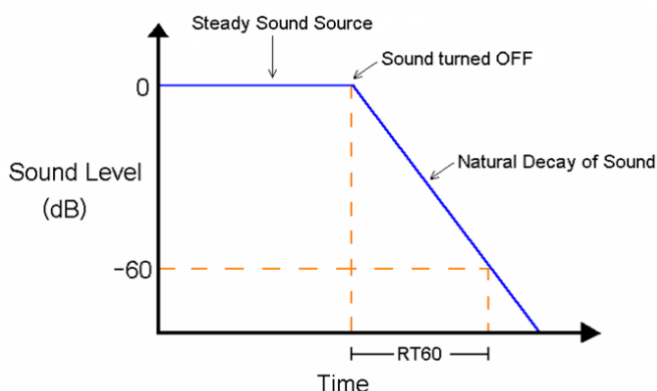
KUVA 7. Äänen heijastuminen tilassa (Aro 2006, 16)



KUVA 8. Äänen vaimentuminen esteettömässä tilassa (Aro 2006, 15)

2.2 RT60-arvo ja siihen vaikuttavat tekijät

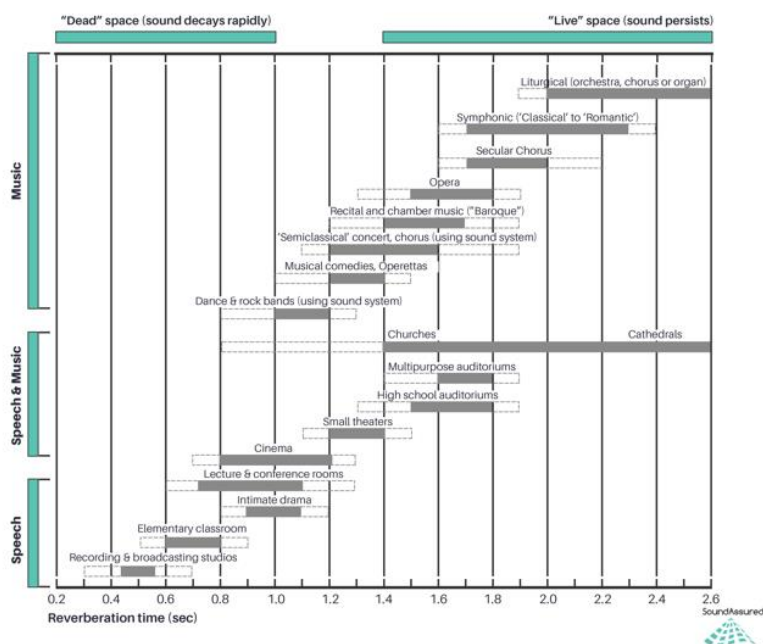
Musiikin soinnille eduksi on tilan hallittu, taajuuksien suhteen tasainen jälkikaiunta. Jälkikaiunnan pituutta mitataan RT60-arvolla (KUVA 9). Reverberation Time 60 -lukemalla tarkoitetaan aikaa, jonka kuluessa tilan jälkikaiunnan voimakkuus laskee 60 desibeliä alkuperäisestä. Rock- ja pophenkisissä tapahtumissa suositetaan tilaa, jonka RT60-arvo on lyhyt, kun taas klassisen orkesteri- ja kuoromusiikin tilaisuuksissa tilan pidempi kaiunta-aika mahdollistaa paremmin akustisen musiikin soinnin. (Laaksonen 2013, 18.)



KUVA 9. RT60-arvo (Engineering Journal, 2017)

Tilassa olevien pintojen akustisilla heijastusominaisuuksilla on selkeä vaikutus eri taajuuksien leviämiseen (KUVA 10). Äänen kulkeutumiseen tilassa vaikuttaa akustisen esteen suuruuden, massan ja rakenteen suhde äänen aallonpituuteen, eli taajuuteen nähden. Korkeilla, lyhyemmän aallonpituuden omaavilla suuntaavilla taajuuksilla on vähemmän liike-energiaa, jolloin pienemmätkin esteet, kuten erilaiset onkalot ja kovien pintojen epätasaisuudet vaikuttavat heijastaen ja samalla vaimentaen korkeiden äänten etenemiseen. Matalille taajuuksille ominaista on pitkä aallonpituus, pallomainen eteneminen äänilähteestä, sekä kyky kiertää ja läpäistä suurikokoisiakin esteitä. Matalia ääniä on tarvittaessa mahdollista vaimentaa asettelemalla tilaan erilaisilla akustiikkaelementtejä, kuten bassoansoja, mineraalivilla- ja vaahtomuovikiiloja. Myös ilman hidastavalla vaikutuksella inertialla on suurempi vaimentava vaikutus korkeisiin diskanttitaajuuksiin, kuin suuremman liike-energian omaaviin bassotaajuuksiin. Kuulohavaintona kauempaa tulevat äänet soivat sitä tummempina, mitä etäämpänä äänilähde kuulijasta on. Ilmiö on tärkeä tekijä

etäisyysvaikutelman havainnoinnissa ja siitä käytetään nimitystä ilma-absorptio. (Laaksonen 2013, 14.)



KUVA 10. Äänen kaiunta-aika eri tiloissa (IndiePulse Music, 2023)

2.3 Äänen havaitseminen

Havaitsemisen ollessa aina kokonaisvaltaista toimintaa, on kuulon lisäksi huomioitava myös muut aistit niiden välittäessä yhdessä vastaanottamiaan ärsykeitä aivojen havaintomekanismille. Aivot valitsevat, yhdistävät ja jäsentelevät eri aistien välityksellä kootun informaation. Aistielinten ja hermoston yhteistoiminnan ollessa rajallista, emme pysty vastaanottamaan kaikkea saatavilla olevaa informaatiota, vaan kohdistamme aistimme valitsemaan informaatiovirrasta merkitykselliseksi kokemaamme tietoa. Havaitsemisen ollessa aktiivista ja tavoitteellista toimintaa, tapahtuu se, koska niin haluamme. Tärkeäksi mieltämiemme tai päättämiemme kohteiden valintaan vaikuttaa kokemukset, muistot, tiedollinen pääoma sekä tiedostetut ja tiedostamattomat ainekset. Havaintokokemusten ollessa luonteeltaan yksityisiä, ei niitä voi välittää kenellekään toiselle. Mikäli tarjolla on samanaikaisesti näkö- ja kuuloärsyke, luotamme enemmän näköaistiin vastaanottaessamme noin neljä viidesosaa havaitsemastamme informaatiosta näön kautta. Näköaistin dominoidessa kuuloaistia, emme välitä fyysisesti läsnä olevista häiriöäänistä kuten ilmastoinnin

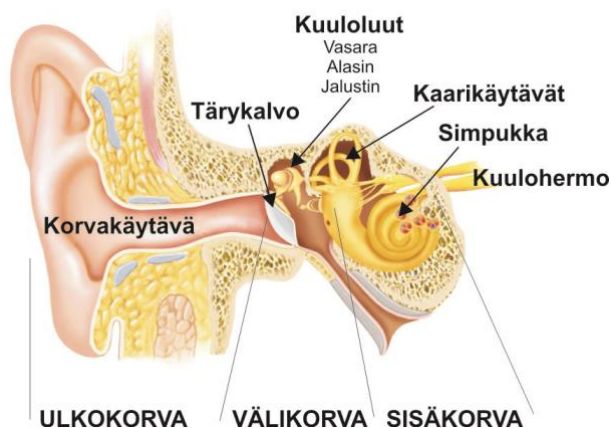
kohinasta, vaan kohdistamme kuulon tarkkaavaisuuden tietoisesti näköaistin välityksellä merkitykselliseksi kokemaamme informaatioon. (Aro 2016, 22.)

Tilanteeseen sopivan äänenvoimakkuuden käyttäminen on yksi tärkeimmistä kuuntelukokemukseen vaikuttavista tekijöistä. Mikäli äänisisältö on liian hiljainen suhteessa taustameluun, ei informaatio välity. Näköaistin lisäksi myös motoriikka ja tuntoaisti tukevat kuuloaistia, pään liikuttelun mahdollistaessa tarkan suuntakuulon ja tuntoaistin reseptoreiden antaessa informaatiota ihokontaktien kautta runkoäänestä sekä suorasta ilmaäänestä. (Linjama 2021, 292.)

Osaamme valikoida kuuloaistin välityksellä äänivirrasta tärkeäksi kokemia yksittäisiä elementtejä. Mielenkiintomme herättää myös hiljaisestikin havaitsemamme merkkiäänet, kuten oman nimemme kuuleminen, jolloin kohdistamme tarkkaavaisuutemme automaattisesti äänilähteen suuntaan. Ilmiöstä käytetään nimitystä cocktailkutsu-ilmiö. (Aro 2016, 22.)

2.3.1 Korvan toiminta

Korva muodostuu ulko-, väli-, ja sisäkorvasta (KUVA 11). Ulkokorvaan kuuluvat korvalehti ja korvakäytävä. Korvakäytävän päässä välikorvassa sijaitseva tärykalvo värähtelee sinne saapuvien ääniaaltojen tahdissa välittäen ääniaallon kuuloluille, eli vasaralle, alasimelle ja jalustimille, joilta ääni-informaatio siirtyy väli- ja sisäkorvan erottavaan eteisikkunaan. Äänen välittyessä sisäkorvan nesteen täyttämään simpukkaan aiheuttaen siellä sijaitsevan basilaarikalvon värähtelyn, liikuttaa se kuuloreseptorisoluja, joiden värekalvojen osuessa katekalvoon välittyy kuuloreseptoreista aivokuoren kuulokeskukseen hermoimpulssi synnyttäen kokemuksen äänestä ja sen ominaisuuksista. (Hirvikunnas & AVPlus-toimitus 2020.)

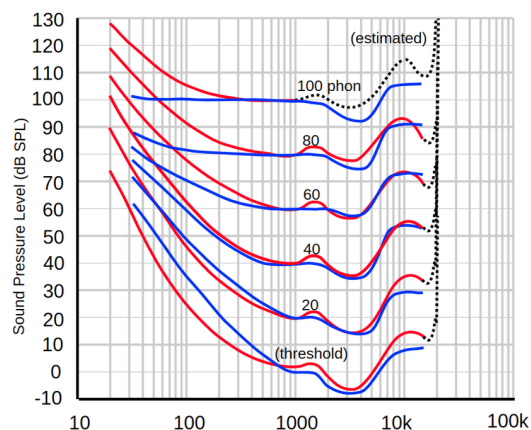


KUVA 11. Korvan rakenne (Hirvikunnas 2020)

Äänen tulosuunta määrittyy aivoissa aikaerojen, taajuusvasteen sekä vaiheerojen muutosten perusteella. Suoraan edestä saapuneen äänen välittyessä kumpaankin korvaan samanaikaisesti, tapahtuu sivusta saapuvan akustisen äänen havaitseminen ensin lähemmässä korvassa, missä ääni myös ilmenee voimakkaampana. Äänilähdettä kauempana sijaitsevan korvan ollessa pään varjossa, on sen kuulokuva vaimeampi sekä sävyltään tummempi. Sama pätee myös suoraan takana sijaitsevan äänilähteen havaitsemiseen korvalehtien muodon muuttaessa äänen kuulohavaintoa. (Hirvikunnas & AVPlus-toimitus 2020.)

2.3.2 Kuulon taajuusvaste

Kuulon taajuusvastetta, eli korvan herkkyyttä eri taajuuksilla mitataan 1930-luvun kahden kuulontutkijan, Harvey Fletcherin ja Wilden Munsonin nimiin luetulla vakioäänekkyyssäyrästä (*equal loudness curves*). Käyrästä esittää kuulokynnystä taajuuden funktiona ja kuulon taajuusvastetta eri äänenvoimakkuuksilla käyttäen dB SPL asteikkoa mitatun äänenvoimakkuuden esittämiseen ja foniasteikkoa äänen antaman subjektiivisen voimakkuusvaikutelman mittaamiseen (KUVA 12). Sittemmin kuulon taajuusvastetta on tutkittu useampaan otteeseen. Nykyään käytössä on vuonna 2003 ISO 226:2003 (*International Organization for Standardization*) standardoitu vakioäänekkyyssäyrä, joka auttaa tarkentamaan ymmärrystämme ihmisen käsityksestä äänenkorkeudesta ja voimakkuudesta. (Stewart 2022.)



KUVA 12. Vakioäänekkyysskäyrästä. Kuvassa sinisellä Fletcher-Munsonin kuulokäyrät ja punaisella ISO 226:2003 standardoitu vakioäänekkyysskäyrästä. (Produce Like A Pro 2023)

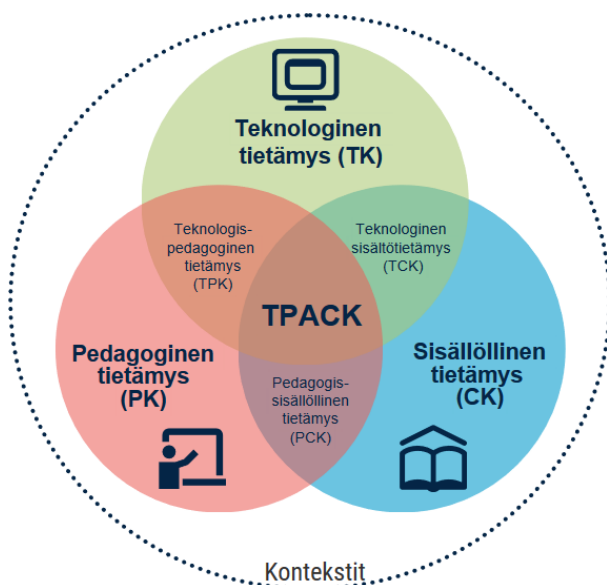
Vakioäänekkyysskäyrästä (Kuva 12) käy ilmi, että matalat taajuudet tarvitsevat enemmän äänenpainetta, jotta ne kuulutaisiin keskialueiden äänten kanssa saman vahvuisina. Kuuloaistimme on matalien äänten lisäksi myös pienemmässä määrin epäherkkä korkeilla taajuuksilla. Aistimme hyvin 500 Hz – 7 kHz taajuuskaistalla olevat äänet niiden ollessa myös normaali puheen taajuusalue. Herkimmillään kuuloalueemme kuitenkin on 2,5–3 kHz alueella korvakäytävien resonoidessa kyseisellä taajuusalueella. (Laaksonen 2013, 28–29.)

3 ÄÄNITEKNIikka OPETUSYMPÄRISTÖSSÄ

TPACK-mallin (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) kehittivät Matthew Koehler ja Punja Mishra (2006), koulutuspsykologi Lee Schulmanin lanseeraaman PCK-mallin (1986) (*Pedagogical Content Knowledge*) pohjalta. TPACK-malliin sisältyy Schulmanin esittämien pedagogis-sisällöllisten tiedon käsitteiden lisäksi teknologisen tiedon käsite. (Williams & Webster 2023, 504; Kyllönen 2020, 29.)

TPACK-mallissa on kyse monitahoisesta kompleksisesta kokonaisuudesta, mikä ei synny automaattisesti ainoastaan lisäämällä teknologian käyttöä, vaan sen perusajatuksena on, että kaikessa opiskelijoiden oppimisen edistämiseen käytettävässä teknologian hyödyntämisessä perustana on oltava sisältö (mitä opetetaan) ja pedagogiikka (miten opetetaan). TPACK-malli yhdistää teknologisen, pedagogisen ja sisältöosaamisen tietämyksen osa-alueet muodostaen keskiöönä digipedagogisen tavoitetilan (KUVA 13 ja 14). (Osaava Tredu 2022.)

Teknologis-pedagoginen sisältötietämys - TPACK



KUVA 13. TPACK-malli (Osaava Tredu 2022)

Alkuperäinen käsite ja lyhenne	Suomennos	Lyhenne	Määritelmä
Technological knowledge, TK	Teknologinen osaami- nen/tietämys	TK-osaaminen/ tietämys	Yleinen digiteknologinen osaaminen/tietämys
Pedagogical knowledge, PK	Pedagoginen osaami- nen/tietämys	PK-osaaminen/ tietämys	Yleinen pedagoginen osaa- minen/tietämys
Content knowledge, CK	Sisällöllinen osaami- nen/tietämys	CK-osaaminen/ tietämys	Sisällöllinen osaami- nen/tietämys tietyn oppiaineen/ilmion alueella
Technological- pedagogical knowledge, TPK	Teknologis-pedagogi- nen osaaminen/tietä- mys	TPK-osaaminen/ tietämys	Yleinen digiteknologis- pedagoginen osaaminen/ tietämys
Technological content know- ledge, TCK	Teknologis-sisällöllin- nen osaaminen/tietä- mys	TCK-osaaminen/ tietämys	Digiteknologinen osaami- nen/tietämys tietyn oppiaineen/ilmion alueella
Pedagogical content know- ledge, PCK	Pedagogis-sisällöllinen osaaminen/tietämys	PCK-osaaminen/ tietämys	Pedagoginen osaami- nen/tietämys tietyn oppiaineen/ilmion alueella
Technological- pedagogical- content knowledge, TPACK	Teknologis-pedagogis- sisällöllinen osaami- nen/tietämys	TPACK-osaami- nen/tietämys	Digipedagoginen osaami- nen/tietämys tietyn oppiaineen/ilmion alueella

KUVA 14. TPACK-mallin alkuperäiset käsitteet, suomennot, lyhenteet ja määritelmät (Kyllönen 2020, 31)

TPACK-malli mahdollistaa tavan miettiä lähiopetuksessa sekä etä- ja hybridiympäristöissä tapahtuvan opettamisen yhteydessä käytettävien digitaalisten työvälineiden ja osaamisen merkitystä auttamalla pohtimaan, miten erilaisten teknologioiden mahdollistamat uudet opetusmenetelmät vaikuttavat omaan ajatteluun ja käytännön opetukseen. TPACK-malli ei ehdota tapoja integroida teknologiaa opetukseen, vaan esittää, että uusi tieto väistämättä muokkaa jo olemassa olevaa – uusien opetusteknisten laitteiden käytöllä opetustapahtumissa on oma vaikutuksensa pedagogisen ajattelun ja opetussisältöjen uudistamisessa. (Kojo & Kaitera n.d.)

Opetusympäristöjen kehittyessä on ääniteknikalla yhä tärkeämpi rooli. Korkeakoulutuksen lähiopetuksen, etäopetuksen sekä hybridioppimisympäristöiden kehittyessä on uuden teknologian käyttöönotto ollut keskeistä perinteisen luokahuoneympäristön nopean muutoksen lisätessä tarvetta teknologialle yhdistäen opettajat ja opiskelijat uusiin opetus- ja

oppimistapoihin. Opetustilojen teknologisten järjestelyiden ja opetusmenetelmien kehittyessä tarjoaa uudet äänijärjestelmät opetustapahtumiin monia etuja. Kyky kommunikoida selkeästi käyttäen opetuksen tarpeisiin oikein mitoitettua äänitekniikkaa, on olennaista laadukkaan oppimiskokemuksen saavuttamiseksi. Opettajan äänitekniinen osaaminen auttaa parantamaan viestintää ja tukemaan mukaansatempaavia oppimiskokemuksia niin lähiopetuksessa, kuin digitaalisissa etäopetustapahtumissakin. Luotettava ja laadukas äänitekniikka ei ole ratkaisevaa ainoastaan opetuksen ymmärtämisen kannalta, vaan se antaa kouluille mahdollisuuden omaksua sekä tarjota opiskelijoille edistyneempiä, innovatiivisia oppimiskokemuksia. Monipuolinen, varmatoiminen, opetustapahtumaan oikeinmitoitettu laadukas äänitekniikka auttaa tasa-arvoisemman oppimisympäristön luomisessa. Kolmansien osapuolten ohjausjärjestelmiin helposti integroitavissa oleva äänijärjestelmä mahdollistaa opetustiloihin kattavamman ja intuitiivisemman ekosysteemin rakentamisen. Investoiminen oikeisiin ääniteknologiaratkaisuihin on menestyksen kannalta oleellista. (Hunter 2020.)

Opetusteknologian painottuessa yhä vahvemmin työvälineisiin ja työnkulkuihin, vähentää se samalla aikaan ja paikkaan sidonnaisia tekijöitä. Yhteiskäyttötilojen etälaitteiston ylläpito on yleensä ulkoistettu AV-, sekä IT-osastoille. Opetustilojen vaihdellessa usein luokkahuoneen ja kotitoimiston välillä, rakennetaan etäyhteydellä muodostetun vuorovaikutukseen perustuvan opetustapahtuman tekniikka yleensä opettajan henkilökohtaisen tietokoneen yhteyteen, jolloin hyvää äänenlaatua edesautetaan tietokoneeseen yhdistetyillä lisälaitteilla kuten äänikortilla, mikrofoneilla ja kaiuttimilla. Vaikka laitteistokokonaisuuden rakentaminen saattaa tuntua työläältä, mahdollistaa hyvin suunniteltu ja toteutettu etäopetuslaitteisto uusien opetusmenetelmien ja työnkulkujen joustavan käyttöönoton opetusmateriaalin ja -tekniikan ollessa opettajan omissa käsissä. (Slip, Lumikari & Salminen n.d.a.)

Monet korkeakoulut sijaitsevat suurilla kampuksilla, mitkä ovat usein hajautettu eri toimipisteille. Suoratoistaminen ja luentojen tallentaminen opiskelijoiden katseltavaksi omana aikana mahdollistaa joustavan oppimistapahtuman ja paremman saavutettavuuden. Monet oppilaitokset täydentävät talouttaan isännöimällä ulkoisia tapahtumia. Tavoittaakseen yleisönsä, tarvitsevat eri

tapahtumat vankan pohjan luotettavalle korkealaatuiselle äänitekniikalle. (Ellis 2018.)

3.1 Äänen digitaalinen ja analoginen muunnos

Analogisen äänen ollessa luonteeltaan jatkuvasti muuttuvaa signaalia, edustaa digitoitu signaali analogisesta äänestä hetkellisesti otettuja lähimpään arvoon pyöristettyjä näytteitä. Vaikka muunnos ammattimaisilla laitteilla on mahdollista toteuttaa korkeatasoisesti, ei digitoitu signaali kuitenkaan koskaan ole täysin alkuperäisen kaltainen. Nykyajan ääniteknisillä laitteilla digitoidun signaalin tason voidaan kuitenkin katsoa olevan tarpeeksi laadukas alkuperäiseen analogiseen ääneen nähden. (Granqvist 2022a.)

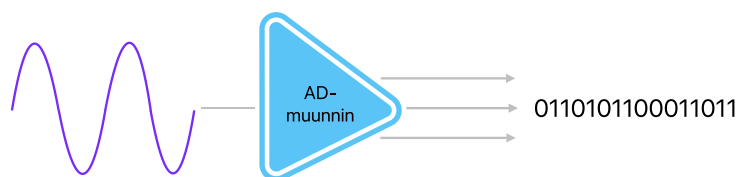
Harry Nyquistin vuonna 1928 esittämän teoreeman mukaan tulee digitoinnissa käytettävän näytteenottotaajuuden olla alkuperäisen äänen suurimpaan taajuuteen nähden kaksinkertainen. Käytännössä teoreema toteutuessaan varmistaa digitoitavan analogisen äänen positiivisen ja negatiivisen huippuarvon taltioitumisen. Tämä on välttämätöntä, jotta digitaalisen signaaliketjun loppupäässä analogimuunnoksesta syntyneen äänen sisältö vastaa alkuperäistä ääntä mahdollisimman tarkasti. Nyquistin taajuudeksi kutsutaan taajuutta, mikä on tarkalleen puolet digitoinnissa käytettävästä näytteenottotaajuudesta. Mikäli näytteenottotaajuus on liian pieni näytteistettävän signaalin taajuuteen nähden, muodostuu digitoituun signaaliin häiriöääneksiä. Ilmiöstä käytetään nimitystä laskostuminen, mistä aiheutuneen häiriösignaalin, eli aliaksen taajuus on näytteistettävän signaalin ja näytteenottotaajuuden erotus. Laskostumisen estämiseksi on huolehdittava, ettei digitoitavassa äänessä esiinny koskaan Nyquistin taajuuden, eli näytteenottotaajuuden puolikkaan ylittäviä taajuuksia. Jotta varmistutaan signaalin säilymisellä alkuperäisen kaltaisena ja laskostumisesta aiheutuvien digitaalisen äänisignaalin hyötykaistaan kuulumattomien haittaäänesten syntymiseltä, leikataan alipäästösuotimella alkuperäisestä analogisesta signaalista ennen digitointia pois näytteenottotaajuuden puolikasta korkeammat taajuudet. Prosessista käytetään nimitystä alias-suodatus. Myös digitaalisignaalia toistettaessa tehdään analogimuunnoksen yhteydessä lähtösuodatus, millä varmistetaan äänenlaadun säilyminen alkuperäisen kaltaisena. (Laaksonen 2013, 67–69.)

AD-muunnin (*Analog To Digital Converter, ADC*) on yksi tärkein tietolaitteiden ääniteknisistä ominaisuuksista sen vaikuttaessa oleellisesti signaaliketjun äänenlaatuun. AD-muunnoksella tarkoitetaan tapahtumaa, missä akustisesta ilmastuksesta syntyvien ilmanpaineen muutoksista aiheutuvien mikrofoniin kalvon liikkeiden sekä sähköisten äänilähteiden tuottamat jännitearvojen vaihtelut muunnetaan säännöllisin väliajoin digitaalseksi tietolaitteille sopiviksi numeerisiksi binaarilukumuodoiksi tietyllä tarkkuudella. Näytteenottotaajuudeksi kutsutaan nopeutta, millä muunnin tallentaa analogisten signaalien jännitearvot ja bittisyvyydeksi jokaisen näytteen tallennusarvon tarkkuutta. (Eronen 2018.)

Näytteistykseen perusolettama on, ettei alkuperäiselle analogiselle signaalille tapahdu näytteiden välisinä aikoina merkittävää muutosta. Signaalin kvantisoinnilla tarkoitetaan analogisten jatkuvasti muuttuvien portaattomien jännitetasojen pyöristämistä käytössä olevasta näytteenottotaajuudesta ja bittisyvyydestä muodostuvan portaittaisen digitaalisen asteikon lähimpään lukuarvoon. Muunnoksesta syntyvää poikkeamaa, eli alkuperäisen aaltomuodon ja kvantisoitujen näytearvojen välille syntyvää eroa kutsutaan kvantisointivirheeksi, jonka suuruus voi olla korkeintaan puolet yksittäisestä kvantisointiaskeleesta. Audiossa tämä poikkeama havaitaan kvantisointisärönä, mikä on sitä hiljaisempaa, mitä suuremmalla tarkkuudella kvantisointi tehdään. (Laaksonen 2013, 71.)

Yhden hertsin näytteenottotaajuuden vastatessa yhtä jännitenäytteen taltiointia sekunnissa, kuvastaa digitaalinen signaali alkuperäistä ääntä sitä paremmin, mitä suurempi näytteenottotaajuus on. Jotta muunnoksessa saavutetaan alkuperäisen signaalin koko taajuusalueen kattava regenerointi, käytetään digitoitavan äänen suurimpaan taajuuteen nähden Nyquistin teoreema huomioiden vähintään kaksinkertaista näytteenottotaajuutta. Ihmisen kuuloalueen yltäessä noin 20 000 hertsiin, kattaa audio CD-levylläkin käytetty 44 100 hertsin näytteenottotaajuus ihmisen havaitsemat taajuudet – ja vähän enemmänkin. Audio CD:n näytteistykseen tarkkuutena käytetään 16-bittistä resoluutiota. 16-bittinen signaali voi esittää 65 536 eri numeroarvoa. Tiedon kulkiessa digitaalisesti ykkösinä ja nollina, vastaa satunnaista yhdellä hetkellä otettua näytettä 0110 1011 0001 1011 desimaaliluku 27 419. 16-bittisessä järjestelmässä toimittaessa on huippuarvo 1111 1111 1111 1111, mitä kutsutaan

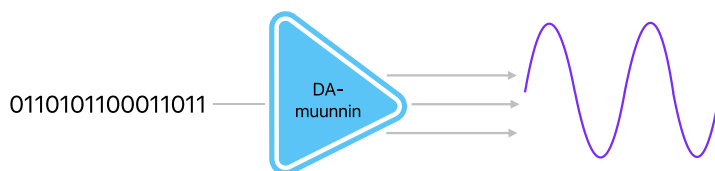
myös 0 dBFS -tasoksi (FS = Full Scale). Kyseinen arvo on myös 16-bittisessä ympäristössä muuntimen yliohtautumistaso. Yliohtautumistapauksissa syntyy kuulokuvaan äänenlaatua heikentävää digitaalista säröä. (Eronen 2018.)



KUVIO 1. Havainnekuva AD-muuntimen toiminnasta

DA-muunnokseksi kutsutaan tapahtumaa, jossa digitaalinen biteiksi tallennettu informaatio muunnetaan analogiseksi jännitteiden vaihteluksi. DA-muuntimen (*Digital to Analog Converter, DAC*) binaarilukujonoista muuntama analogisten jännitteiden vaihtelu on syötettävissä edelleen erilaisille äänilaitteille äänen taiteellisteknistä jatkokäsittelyä varten. Mikäli analoginen signaali halutaan toistaa akustisena ilmaäänä, on signaali vahvistettava ensin kaiuttimille sopivalle tasolle. Vahvistettu sähkövirran vaihtelu liikuttaa kaiuttimelementtien kartioita ja ne puolestaan ilmaa, jonka havaitsemme akustisena äänenä. DA-muunnos tapahtuu useasti käyttäjän sitä tiedostomatta aina, kun äänilähteenä on mikä tahansa digitaalinen media kuten CD-levy, DVD- tai Blu-ray-tallenne, tietokone, kännykkä tai tabletti. (Eronen 2018.)

Korkeatasoisella DA-muuntimella on suuri merkitys digitaalista ääntä toistettaessa laadultaan heikompien muuntimien piirilevyjen aiheuttaessa mahdollisesti kohinaa sekä jitteriksi kutsuttua digitaalista ajoitusvirhettä, mikä äänikuvassa ilmenee särönä havaittavana häiriöäänä. (Hifitalo 2023.)



KUVIO 2. Havainnekuva DA-muuntimen toiminnasta

3.1.1 Digitaalisen äänen laatu, tiedostokoko ja kaistanleveys

Arkielämässä käytössä olevan numerojärjestelmän perustuessa kymmeneen eri numeroon (0–9), on tietolaitteiden binaarimaailmassa käytössä vain kaksi arvoa, 1 tai 0. Jotta arkielämässä saadaan aikaiseksi kilo, pitää luku 10 kertoa itsellään kaksi kertaa, esimerkiksi $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$. Binaarimaailmassa lukua kaksi pitää kertoa 10 kertaa, jotta päästään tietolaitemaailman kiloon, eli tarkalleen ottaen lukuun 1024. Binaarijärjestelmän kertoimet ovat virallisesti nimeltään kibi, mebi ja gibi, mutta arkikielen käyttöön ne eivät ole vakiintuneet. (Juuti 2009.)

Taulukko 1. Binaarijärjestelmän yksiköitä

SUOMEKSI	LYHENNE	ENGLANNIKSI	SELITE
bitti	b	bit (b)	tiedon pienin yksikkö arvo joko 1 tai 0
tavu	t	byte (B)	8 bittiä, esim. 10010101
kilo (kibi)	k	kilo (k)	tuhat, $1 \text{ kt} = 1\,024 \text{ t}$
mega (mebi)	M	mega (M)	miljoona, $1 \text{ Mt} = 1\,024 \text{ kt} = 1\,048\,576 \text{ t}$
giga (gibi)	G	giga (G)	miljardi, $1 \text{ Gt} = 1\,024 \text{ Mt} = 1\,046\,576 \text{ kt} = 1\,073\,741\,824 \text{ t}$
bittiä sekunnissa	bps, bit/s	bps, bit/s	yleisin tietoliikenteen nopeudesta käytetty yksikkö $1 \text{ Mbit/s} = \text{miljoona bittiä sekunnissa}$

Tiedostojen vaatimaa kaistanleveyttä mitataan tietyssä aikayksikössä prosessoitujen bittien määrällä. Mitä enemmän aikayksikössä on bittejä, sitä tarkemmin tiedostoformaatti äänimateriaalia kuvaa edellyttäen, että tiedoston digitoinnin näytteenottotaajuus ja bittisyvyys ovat olleet korkeatasoiset. (Toh 2023a.)

Tallennustilaa mitattaessa käytetään tavuja. Tavut ovat bitteihin nähden kahdeksan kertaa isompia. Kahden megatavun kokoisen tiedoston siirtäminen 1 Mbps yhteydellä kestää näin ollen 16 sekuntia. Toisin sanoen, kooltaan kahden megatavun tiedoston siirtämiseen kahdessa sekunnissa tarvitaan kahdeksan Mbps yhteyttä. (Juuti 2009.)

Äänen digitoinnissa näytteenottotaajuuden määrittäessä digitaalisen signaalin sisältämät korkeimmat taajuudet, lisää bittisyvyyden nostaminen yhdellä bitillä aina kuudella desibelillä äänen dynaamisen alueen laajuutta, 16-bittisen resoluution mahdollistaessa digitaalisen äänen 96 desibelin dynamiikan ja 24-bittisen 144 desibelin dynaamisen vaihtelun. Mitä isompi näytteenottotaajuus ja bittisyvyys valitaan käytettäväksi, sitä laajempi liikkumavara sekä laadukkaampi äänen taiteellistekninen jälkikäsitteily mahdollistuu. Parametrit määrittävät digitaalisen signaalin vaatiman siirtotien kaistanleveyden ja tallennettavan äänen tallennetilan. Yksikanavaisen 44,1 kilohertsin ja 16-bittisen äänen vaatima siirtonopeus ilmenee yhtälöstä $44\,100 \text{ näytettä} / \text{sekunti} \times 16 \text{ bittiä} / \text{näyte} = 705$

600 bittiä / sekunti. Saman laatuksen digitaalisen stereoäänen vaatima kaistanleveys 1 411 200 bittiä sekunnissa, eli noin 1,35 megabittiä sekunnissa on monoääneen verrattuna kaksikertainen. Minuutissa vastaava tallennustilan tarve näin ollen on noin 10,09 megatavua. 24-bittisen ja 48 kilohertsisen digitaalisen stereoäänen tarvitseva kaistanleveys on noin 2,20 megabittiä sekunnissa ja tallennetila 16,48 megatavua minuutissa. (Granqvist 2022b.)

Aiempaan kuvattuun tapaan digitoitujen PCM-koodattujen (*Pulse Code Modulation*) laadukkaiden häviöttömien ja pakkaamattomien lineaaristen ääniformaattien, kuten Waveform Audio (.wav) ja Audio Interchange File Format (.aif tai .aiff) ollessa nopean verkkoviestinnän tarpeisiin nähden raskaita ja hitaita, mahdollistavat erilaiset psykoakustiikkaan perustuvat häviölliset pakkausalgoritmit, kuten MPEG2 layer 3 (.mp3), AAC (.m4a) ja Ogg Vorbis (.ogg) digitaalisen äänen tiedostokoon pienentämisen 15 % alkuperäisen PCM-koodatun äänen koosta. Häviöllisesti pakattujen äänitiedostojen palauttaminen takaisin täyden ääni-informaation sisältämään PCM-muotoon ei kuitenkaan ole mahdollista äänenlaatua heikentävien pakkausalgoritmien poistamien tietojen puuttuessa. Häviöttömiä äänen pakkausmenetelmiä, kuten Meridian Lossless (.mlp) ja Flawless Audio Codec (.flac) käytettäessä päästään vain noin 35–50 % tiedostokokoon alkuperäisestä, mutta tällöin ääni on palautettavissa takaisin alkuperäiseen muotoonsa. (Granqvist 2022c.)

Häviöllisesti pakattujen äänitiedostojen, kuten mp3-formaatin bittinopeus asetetaan yleensä 96 kbps ja 320 kbps välille (kilobittiä sekunnissa). Alle 90 kbps äänitiedostojen toistossa on huomattavissa merkittävä äänenlaadun heikkeneminen. Ääniteknisissä ympäristöissä bittinopeustermiä käytetään useammin suoratoisto-, kuin tallennuskontekstissa. Termi ei kuitenkaan koske yksinomaan äänitekniikkaa, vaan sitä käytetään mm. myös multimedia- ja verkkoteknologiassa. (Toh 2023a.)

Vaikka tallennetilaa on nykyään saatavilla suhteellisen edullisesti, on verkon välityksellä muodostettavissa yhteyksissä äänenlaadun ja kaistannopeuden suhde otettava huomioon. Keskeistä verkkotapahtuman ominaispiirteet huomioiden on informaation välittäminen tarpeeksi nopeasti paikasta toiseen, sekä viestinnän tarpeet kattavien elementtien säilyttäminen signaalissa.

Etäneuvottelupalavereissa puheen välittämisen ollessa keskiössä, täyden taajuuskaistan ja äänen laajan dynaamisen vaihtelun lähettämisen sijaan oleellisempaa on riittävän informaation siirtäminen, äänellisiltä ominaispiirteiltään rikkaamman musisointiin pohjautuvan laadukkaan etäyhteyden asettaessa puheen etäviestintää korkeammat vaatimukset ääniteknisille laitteille sekä verkkoyhteydelle. (Granqvist 2022b.)

3.2 Tieto liikkuu internetissä

Internet on erilaisten teknisten laitteistojen ja teknologioiden avulla yhdistetty maailmanlaajuinen järjestelmä, mikä muodostuu toisiinsa kytketyistä eri kokoisista yksityisistä ja julkisista tietoverkoista sekä niihin liitetyistä tietolaitteista. Internet mahdollistaa erilaisten palveluiden, kuten mm. verkkoneuvottelu- ja pikaviestintäalustojen, sähköpostin, tiedostojen siirron sekä erilaisten sosiaalisten medioiden käytön. Yleisimmin käytetty ja tunnetuin internetin palvelu on verkkosivu, mitä arkikielessä kutsutaan myös nettisivuksi. Sillä tarkoitetaan internetissä jaettua hypertekstidokumenttia, mikä voi sisältää monenlaisia elementtejä, kuten tekstiä, kuvia ja videoita. Verkkosivujen selaamiseen tarvitaan tietolaitteelle asennettava verkkoselainohjelma, joita on saatavilla monilta eri valmistajilta. (Perälä, Torvikoski, Sormunen & Ekonoja 2019.)

Loppukäyttäjän internetyhteyden suorituskykyyn vaikuttaa operaattoreiden tarjoaman liittymälaadun, käytetyn tiedonsiirtotekniikan ja käytössä olevien laitteiden ja ohjelmistojen lisäksi sijainti, yhteyden muiden käyttäjien määrä sekä ympäristötekijät. Vaikka internetyhteydet nojaavat nykyään usein langattomiin verkkoihin, saavutetaan kiinteillä langallisilla laajakaistayhteyksillä varmempi yhteyslaatu. Yhteydet voivat olla joko symmetrisiä, jolloin tiedonsiirtokapasiteetti on yhtä suuri ladattaessa sekä lähetettäessä tietoa, tai asymmetrinen, jolloin lataus- ja lähetykskapasiteetit ovat erisuuruisia. (Nopeustesti.eu 2023.)

Kaistanleveydellä tarkoitetaan langallisen tai langattoman verkon tiedonsiirtokapasiteettia, eli tietoliikenneyhteyden kykyä siirtää enimmäismäärä dataa yhdestä pisteestä toiseen sisäverkon tai internet-yhteyden välityksellä tietyssä aikayksikössä, jota mitataan yleensä megabittinä sekunnissa (lyh. Mbps) määreellä. (V500 Systems 2020.)

Verkkoyhteyksien yhteysviiveellä kuvataan lähettäjän ja vastaanottajan välillä tiedon kulkemiseen kulunutta millisekunneissa mitattavaa aikaa. Verkon latenssin mittaamiseen käytetään ping-sovellusta, jonka avulla lähetetään ICMP echo request -paketteja (*Internet Control Message Protocol* kaikyypyyntö) halutulle verkkoon kytketylle etälaitteelle, joka puolestaan vastaa automaattisesti lähettämällä ICMP echo reply -paketteja takaisin. Ohjelmisto arvioi pakettien edestakaisen viiveajan millisekunneina sekä ilmoittaa lähetettyjen ja vastaanotettujen pakettien määrän. (IPSHU n.d.)

3.3 DANTE – Digital Audio Network Through Ethernet

AoIP on lyhenne englanninkielisistä sanoista Audio over Internet Protocol. Protokollaa käytetään digitaalisen äänen lähettämiseen ja vastaanottamiseen IP verkkoteknologioiden välityksellä. Varsinkin toimistorakennuksissa ja oppilaitoksissa, joihin jo ennalta on rakennettu nopea verkkoinfrastruktuuri, on AoIP-teknologiaan pohjautuva ääniteknikka usein taloudellisin ratkaisu. Myös Audinaten kehittämä Dante-järjestelmä hyödyntää AoIP-teknologiaa. (Monacor n.d.)

Perinteisten analogisen ääniteknikan vaatiessa laitteiden välisiin kytkentöihin useita erilaisia kaapeleita, yksinkertaistaa Dante-järjestelmä yhteensopivien laitteiden liittäminen CAT5e-kategorian rj-45 liittimillä varustetuilla verkkokaapeleilla. Verkkoon liitettyjen laitteiden digitaalisten häviöttömien yhteyksien reititys, äänenlaadun valinta 44,1–192 kHz väliltä joko 24- tai 32-bittisenä signaalina sekä muiden ääniteknisten asetusten määrittäminen tehdään perinteisten analogisten järjestelmien ylläpitoa tehokkaammin kaapelointia muuttamatta samaan verkkoon yhdistetyiltä tietolaitteilta myös langattomasti käyttötarkoitukseen optimoidulla Dante Controller -etäohjelmistolla. Asetukset tallennetaan verkon laitteisiin, jolloin tieto pysyy järjestelmän muistissa myös uudelleenkäynnistyksen tai järjestelmän siirron jälkeenkin. Dante Audio -laitteistot ja -ohjelmistot paketoivat ja segmentoivat digitaalisen signaalin ajoitustietoineen, sekä lähde- ja kohdeverkko-osoitteineen IP-paketteihin (*Internet Protocol*). Paketit siirretään tavallisen IP-tietoliikenneverkon välityksellä vastaanottaville Dante-laitteille, jotka käsittelevät äänipaketit ja rekonstruoivat ne takaisin jatkuvaksi äänivirraksi tapahtuman vaatimaa taiteellisteknistä

jatkokäsittelyä varten, Dante AV -laitteiden mahdollistaessa samat toiminnot videosignaaleiden käsittelyyn. (Audinate n.d.a.)

Dante-järjestelmän latenssi vaihtelee 0.15–10 millisekunnin välillä. Latenssin pituuteen vaikuttaa oleellisesti järjestelmään kytkettyjen laitteiden ja ohjelmistojen ominaisuudet PCIe-väylään asennettavien Dante-korttien pystyessä suorittamaan äänen siirtoon vaadittavan prosessoinnin nopeasti, tietokoneelle asennettavan Dante Via -ohjelmiston viiveen ollessa 10 millisekuntia. (Audinate n.d.b.)

3.4 Bluetooth-tekniikka äänensiirrossa

Langattoman tiedonsiirron perustuessa erilaisiin radiotaajusaaltoja hyödyntäviin tekniikkoihin, käytetään langattomassa äänensiirrossa äänilähteen ja langattomien kaiuttimien tai kuulokkeiden välillä yleisimpänä tiedonsiirtomuotona Bluetooth-tekniikkaa. Langattomassa äänensiirrossa esiintyy aina viivettä eli latenssia, jolla Bluetooth-tekniikalla toteutetun äänen siirron yhteydessä tarkoitetaan digitaalisen äänen siirtymiseen äänilähteestä kuulokkeisiin tai kaiuttimiin kuluvaa aikaa. Bluetooth-yhteyden latenssiin vaikuttaa Bluetoothin versio, käytössä oleva koodekki, äänilähteen etäisyys kaiuttimiin tai kuulokkeihin sekä erilaiset häiriötekijät, kuten muiden langattomien laitteiden aiheuttamat häiriösignaalit. Bluetooth-tekniikkaa käytettäessä latenssi vaihtelee 34 ja 300 millisekunnin välillä. (Toh 2023b.)

Bluetooth-versio 5.0 tuo mukanaan huomattavia parannuksia edellisen 4.2 version kaistanleveyteen (1 Mbps) ja signaalin kantoalueeseen (60 metriä) nähden tarjoten optimaalisissa olosuhteissa kahden Mbps kaistaleveyden lisäksi signaalin kantavuuden 240 metriin asti sekä laitteiden pienemmän virrankulutuksen. Versio viiden mukana tulee myös Dual Audio -ominaisuus, jonka myötä äänilähteeseen kuten kannettavaan tietokoneeseen, kännykään tai tablettiin on mahdollista yhdistää samanaikaisesti kahdet kuulokkeet tai kaiuttimet. Bluetooth-teknologia on edellisten versioidensa kanssa yhteensopivaa, mutta uudempien versioiden ominaisuudet eivät aiempia versioita hyödyntäviin laitteisiin yhdistettäessä ole käytössä. (Jabra 2020.)

Auracast on Bluetooth-tekniikalla (vähintään versio 5.2) ja LC3-äänikoodekilla toteutettu useat samanaikaiset äänilähetykset mahdollistava tekniikka. Lähetyksien kuuntelemiseen tarvitaan yhteensopivat Bluetooth-kuulokkeet tai -kaiuttimet sekä henkilökohtainen tietolaite. Langattomien verkkojen tapaan voidaan yhteys suojata salasanalla tai jättää kaikille avoimeksi. Auracast mahdollistaa mm. eri kielillä toteutettujen äänilähteiden, kuten televisioiden tai infonäyttöjen yksityisen kuuntelemisen sekä ääni-informaation välittämisen yleisien äänentoistojärjestelmien välityksellä myös yhteensopiviin kuulolaitteisiin parantaen erilaisista kuulovaurioista kärsivien henkilöiden kuuntelukokemusta. (Scarrott 2023.)

Vaikka Bluetooth EDR-tekniologia (*Enhanced Data Rate*) mahdollistaa kahden Mbps kaistaleveyden, ei sen yhtäjaksoinen ylläpitäminen kuitenkaan reaaliaikaisessa tiedonsiirrossa ole mahdollista, keskimääräisen vaihtelun tapahtuessa reilun yhden Mbps tietämillä. Useat Bluetooth tekniologiassa käytössä olevat sirut ja äänikoodekit tarjoavat langattomaan äänensiirtoon häviöllisesti pakattua ääntä, eri koodekien bittivirran vaihdellessa 88–1200 kbps välillä. Qualcomm AptX Lossless -koodekki pakkaa ääntä häviöttömästi mahdollistaen CD-tasoisien äänen langattomalle siirrolle noin yhden Mbps kaistanleveyden. Tällöin niin lähettävän, kuin vastaanottavan laitteen pitää olla varustettu yhteensopivilla Qualcomm Snapdragon Sound -siruilla sekä tukea Bluetooth-versiota 5.3. (Triggs 2023.)

3.5 Äänikortit ja -mikserit

Digitaalista ääntä käsiteltäessä käytetään siihen tietolaitteiden prosessoritehoa. Digitaalisella signaalinprosessoinnilla tarkoitetaan digitaalisessa muodossa esitettyjen signaalien käsittelyä numeerisen laskennan menetelmin käyttötarkoitukseen erityisesti suunnitelluilla mikroprosessoreilla. Näitä ääniteknisissäkin laitteissa käytössä olevia siruja kutsutaan digitaalisiksi signaaliprosessoreiksi, joista käytetään lyhennettä DSP (*Digital Signal Processor*). Valmistajakohtaisesti eri äänikorteissa DSP-tehoa on valjastettu lähes reaaliaikaisen, matalan vasteajan äänenmuokkaukseen tarkoitettujen liitännäisohjelmistojen kuten mm. erilaisten taajuuskorjainten,

dynamiikkaprosessoreiden, kaikulaitteiden ja kohinanvaimentimien käyttöön. (McNiece 2023.)

Äänikortit ovat olennaisia välineitä erilaisten äänituotantojen yhteydessä työskenteleville, laitteiden muuntaessa digitaalisen äänimateriaalin analogiseksi aaltomuodoksi ja päinvastoin. Äänikortteja siis käytetään digitaalisen signaalin lähettämiseen tietolaitteilta kaiuttimille, kuulokkeisiin tai muille ääniteknisille laitteille, sekä akustisen tai sähköisillä instrumenteilla tuotetun analogisen äänen muuntamiseen digitaalseksi tietolaitteilla tapahtuvaa jatkokäsittelyä kuten taltiointia, editointia, suoratoistamista tai muuta taiteellisteknistä toimenpidettä varten (AD- ja DA-muunnokset). Laajemmilla laitekohtaisilla ominaisuuksilla varustetuissa äänikorteissa on erilaisia toimintoja äänilähteiden yhdistämistä, reitittämistä ja muokkaamista varten. (Sound on sound 2023.)

Äänikortteja jaotellaan lähtökohtaisesti kahteen eri ryhmään, sisäisiin ja ulkoisiin äänikortteihin. Vaikka kummatkin laitteet ovat tehty suorittamaan samoja äänitekniisiä prosesseja, on ulkoisissa äänikorteissa sisäisiin verrattuna useita etuja. Sisäisten kuluttajatasoisten äänikorttien suppeampi äänenlaatu sekä laitteiden liitännöiden rajallisuus usein linjatasoiseen stereosisäätuloon, kuulokelähtöön sekä linjatasoiseen stereoäänilähtöön eivät mahdollista useiden ääniteknisten laitteiden sekä äänilähteiden, kuten mikrofoniin tai sähköisten soittimien samanaikaista kytkentää. Myös tietolaitteesta sisäiseen äänikorttiin helpommin indusoituvat sähkömagneettiset häiriöt syntyessään heikentävät äänenlaatua. Ammattitasoiset sisäiset äänikortit ovat usein laajennettavissa ulkoisilla lisälaitteilla, jolloin edellä mainitun kaltaisten häiriöiden välittymiseltä äänisignaaliin vältytään. Sisäiset kuluttajatasoisen äänikortit sopivat erinomaisesti pakatun äänen toistamiseen kaiuttimilla tai kuulokkeilla, ulkoisten ammattimaiseen käyttöön tarkoitettujen äänikorttien mahdollistaessa luotettavan ja laadukkaan äänenkäsittelyn. (Sweetwater 2023a.)

Erilaisilla datakaapeleilla tietolaitteisiin liitettävät ulkoiset äänikortit kattavat laajan valikoiman muutaman kanavan mukana kannettavista laitteista satojen kanavien äänijärjestelmiin. Ulkoisten äänikorttien ominaisuuksien vaihdellessa laaja-alaisesti, ovat tapahtuman äänitekniisiin tarpeisiin nähden oikein sovitettut

laitteet oleellisia niissä tapahtuvan äänenkäsittelyn vaikuttaessa merkittävästi signaaliketjun äänenlaatuun. Ulkoisten äänikorttien laitekohtaiset liittimet sekä erilaiset digitaaliset ja optiset väylät mahdollistivat useiden mikrofoniin ja soittimien sekä kolmansien osapuolten äänitekniisten laitteiden samanaikaisen kytkemisen äänijärjestelmään laajentaen laitteiden välistä yhteensopivuutta. (Sweetwater 2023a.)

Useimmat ulkoiset äänikortit ovat varustettu laitekohtaisilla fyysisillä säätimillä mahdollistaen mm. phantom-syötön kytkemisen, ylipäästösuotimen aktivoinnin, sekä tulovahvistuksen ja lähtötason voimakkuuden sovittamisen tapahtuman tarpeita vastaaviksi. Valmistajakohtaiset laitteiden etupaneelissa sijaitsevat erilaiset mittarit helpottavat ääniasetusten optimaalisten tasojen määrittämistä mahdollistaen äänikorteissa tapahtuvien signaaleiden tasomuutosten visuaalisen seuraamisen. Kaksikanavaisten ulkoisten äänikorttien saadessa käyttövirtansa datakaapelilla yhdistetyltä tietolaitteelta, tarvitsevat ominaisuuksiltaan laajemmat äänikortit ja -järjestelmät ulkoisen virtalähteen. Valmistajakohtaisesti myös omalla akulla tai paristoilla toimivat digitaalitallentimet sekä äänikortit ovat yhdistettävissä yhteensopiviin kännyköihin sekä tabletteihin mahdollistaen äänenkäsittelyn myös kenttäolosuhteissa. (Sweetwater 2023b.)

Datan välittymiseen tietolaitteen ja äänikortin välillä tarvitaan laiteajureiksi kutsuttu ohjainohjelmisto sen sisältäessä yksityiskohtaiset tiedot käytettävästä oheislaitteesta. Mikäli tietolaitteen käyttöjärjestelmän ajuritietokanta ei vaadittavaa laiteajuria sisällä, on se yleisimpiä tietolaitteita varten ladattavissa oheislaitteen valmistajan internetsivustolta. Useimpien äänikorttien ominaisuuksia on mahdollista ohjata käyttöjärjestelmäkohtaisesti yhteensopivalla tietolaitteelle asennettavalla merkki- ja mallikohtaisella kontrolliohjelmistolla. Ohjelmisto tarjoaa äänikortin käyttämiseen lisäominaisuuksia, kuten erilaisia mittareita ja säätimiä äänen tulo- ja lähtökanavien hallintaan sekä reitityskonfiguraatioiden ja käytettävän äänenladun määrittämiseen. Kontrolliohjelmistoa käytetään myös äänikorttien perustoimintoja ohjaavan laiteohjelmiston (*firmware*) sekä laiteajurin päivittämiseen, joilla mahdollistetaan äänikortin mahdollisimman laaja yhteensopivuus myös uusien tietolaitteiden kanssa. (Sweetwater 2023b.)

Äänikortin ominaisuuksilla sekä laiteajurilla on oleellinen vaikutus millisekunneissa mitattavaan viiveeseen, mikä syntyy signaalin kulkiessa äänikortin ja tietolaitteen analogisten sekä digitaalisten komponenttien läpi. Tärkein valmistajakohtaisesti eritasoisen suorituskyvyn omaavien laiteajurien tehtävistä on mahdollistaa äänisignaalin pienin mahdollinen latenssi tinkimättä äänikortin toimintavarmuudesta. Jotta tietolaitte pystyy keskeytyksettä prosessoimaan äänisignaaleita, taltioidaan audio väliaikaisesti puskurimuistiin, jota ilman äänisignaali katkeaa tietolaitteen suorittaessa oheistehtäviään tai käyttäjän valinnoista aiheutuvia muita prosesseja. Puskurimuistin koon (*buffer size*) määrittäminen on ensisijainen työkalu äänijärjestelmän latenssin hallintaan. Puskurin kokoluokka on valittavissa yleensä 32–1024 näytteen (*sample*) väliltä. Suuren puskurimuistin arvon aiheuttaessa pidemmän latenssin, mahdollistaa vastaavasti pienemmän näytemäärän valitseminen puskurimuistin kooksi matalamman viiveen. Latenssin pituus selviää laskukaavasta puskurimuistin arvo jaettuna näytteenottotaajuudella. Mikäli näytteenottotaajuutena käytetään 44,1 kilohertsiä ja puskurin kokona 512 näytettä, syntyy signaaliketjuun noin 11,6 millisekunnin viive. 48 kilohertsin näytteenottotaajuus ja 64 näytteen puskurikoko tuottaa 1,3 millisekunnin latenssin. Kokonaislatenssin muodostuessa sisäänmeno- ja ulostuloviiveen yhteenlasketusta määrästä, on teoreettinen kokonaisviive kaksinkertainen edellä mainitun laskukaavan tulokseen nähden. Pienen puskurikoon sekä suuren näytteenottotaajuuden käyttö mahdollistaa matalan latenssin sekä paremman äänenlaadun tarjoamien etujen hyödyntämisen. Se edellyttää kuitenkin signaaleiden käsittelyyn enemmän resursseja tietolaitteen prosessorilta, mikä ylikuormittuessaan aiheuttaa ääneen selkeästi havaittavia häiriöääniä. Hyvän laiteajurin lisäksi vaikuttaa latenssiin myös valmistajakohtaisesti vaihtelevat äänikorteissa tapahtuvat AD- ja DA-muunnoksista syntyvät viiveet, tietolaitteessa käytettävän liitäntäväylän puskurin nopeus sekä äänenkäsittelyyn valitun ohjelmiston aiheuttama viive. Eri valmistajien laitekohtaisten äänikorttien DSP-sirut toimivat rinnakkain tietolaitteen prosessoreiden kanssa jakaen digitaalisen äänen signaalinkäsittelyn vaatimaa laskentatehoa vapauttaen tietolaitteen resursseja muuhun käyttöön. (Mathias 2023.)

TAULUKKO 2. Laskennalliset, teoreettiset latenssit eri puskurimuistin arvoille 44,1 kHz sekä 48 kHz näytteenottotaajuuksilla.

	@44,1 kHz	
PUSKURIN KOKO		LATENSSI
32 näytettä		0,73 millisekuntia
64 näytettä		1,45 millisekuntia
128 näytettä		2,9 millisekuntia
256 näytettä		5,8 millisekuntia
512 näytettä		11,6 millisekuntia
1024 näytettä		23,2 millisekuntia
	@48 kHz	
PUSKURIN KOKO		LATENSSI
32 näytettä		0,67 millisekuntia
64 näytettä		1,3 millisekuntia
128 näytettä		2,7 millisekuntia
256 näytettä		5,3 millisekuntia
512 näytettä		10,67 millisekuntia
1024 näytettä		21,3 millisekuntia

Vaikka ääntä on mahdollista käsitellä pelkästään tietolaitteella ja siihen yhdistetyllä äänikortilla, käytetään useimmissa äänijärjestelmissä muitakin ulkoisia laitteita. Tapahtumaan nähden oikeinsovitettujen ulkoisten äänitekniisten laiteiden ominaisuudet laajentavat äänisignaaleiden muokkaus- ja reititysmahdollisuuksia lisäten joustavuutta tarpeeseen parhaiten soveltuvan äänityöympäristön saavuttamiseksi. (White 2002.)

Miksereitä on saatavilla pienistä muutaman kanavan analogisista malleista aina isoihin digitaalisiin 100 kanavaa ylittäviin erilaisilla liittimillä ja ominaisuuksilla varustettuihin laitteisiin. Laajasta valikoimasta huolimatta on kaikilla miksereillä yhteistä signaalitien yleispiirteet. Laitteet ovat tarkoitettu suorittamaan samoja perustoimintoja yksityiskohtien kuitenkin vaihdellessa käyttötarkoituksen sekä laitteen merkin ja mallin mukaan. Miksereiden päätehtävä on yhdistää signaalit useista äänilähteistä, asettaa äänilähteet haluttuun balanssiin ja jakaa ääntä erilaisia taiteellisteknisiä jatkokäsittelyjä varten mm. tallentimelle, suoratoistoon tai kaiuttimiin, kuten esiintyjien monitoreihin sekä yleisölle suunnattuun kaiutinjärjestelmään, mistä yleisesti käytetään nimitystä PA (*Public Address*). Laitekohtaisten ominaisuuksien avulla voidaan miksereillä muokata äänisignaaleiden taajuusalueita, efektoida ja käsitellä ääntä mm. kaiku- ja viivelaiteilla sekä erilaisilla dynamiikkaan liittyvillä prosessoreilla. (Robjohns 1997.)

Äänitekniisten laitteiden siirrettävyyden ollessa avainasemassa nykypäivän nopeatempoisessa maailmassa, sopivat helposti mukana kuljetettavat muutaman kanavan analogiset mikserit hyvin pienimuotoisien äänitekniisten tapahtumien toteuttamiseen. Useampikanaavaiset kooltaan suuremmat laitteet kattavat massiivisempien tilaisuuksien laajamuotoisempaa äänitekniikka vaativat tarpeet. Valmistajakohtaisesti USB-liitännällä varustetut analogimikserit ovat yhdistettävissä suoraan yhteensopiviin tietolaitteisiin mahdollistaen suoratoiston äänitekniisen toteuttamisen ilman äänikorttia. Analogiset USB-mikserit soveltuvat käytettäväksi myös pienimuotoisten tallennusta vaativien tapahtumien äänikorttina. (Sweetwater 2023c.)

Analogimiksereiden tarjotessa laitteen kaikkien ominaisuuksien yhdenaikaisen näkymän, soveltuvat ne hyvin nopeaa reagoitua vaativien tapahtumien äänenkäsittelyyn. Analogisten miksereiden signaalitien ollessa useissa laitteissa suoraviivainen, on se kuitenkin suhteellisen joustamaton. Analogimikserit vaativat lisäksi tapahtuman äänitekniisiä tarpeita vastaavien tilaa vievien ulkoisten laitteiden, kuten kompressoreiden, graafisten taajuuskorjainten sekä kaiku- ja viivelaitteiden kytkentään useita erilaisia kaapeleita. Analogiset mikserit ovat herkkiä ympäristötekijöille kuten sähkönlaadun vaihtelusta aiheutuville häiriöille sekä pölylle ja lialle, mitkä laitteiden säätimiin kertyessään aiheuttavat signaaliin häiriöääniä. Digitaalimikserit ovat analogisiin miksereihin verrattuna kanavamääräänsä nähden kokoluokaltaan kompaktimpia ja joustavampia. Digitaalitekniikka mahdollistaa useiden liukusäädin kerroksien, monitasoisen laitteiden sisäisen signaalireitityksen, monipuolisten laitekohtaisten efektiprosessoreiden käytön sekä tapahtuman äänitekniisiä tarpeita vastaavien asetusten taltioinnin. Digitaalimiksereiden etäohjaaminen tapahtuu valmistajakohtaisesti langattoman verkon välityksellä mobiililaitteilta, mahdollistaen myös esiintyjien omatoimisen monitoritasojen muuttamisen henkilökohtaiselta kännykältä tai tablettilta. Digitaalimiksereiden ominaisuudet ovat laajennettavissa erilaisilla laitekohtaisilla lisäkorkeilla sekä yhteensopivien verkkoprotokollien välityksellä kolmansien osapuolten äänitekniisten laitteiden kanssa. Vaikka nykyaikaiset digitaalimikserit tarjoavat innovatiivisia tapoja toteuttaa erilaisten tapahtumien äänitekniikkaa, ei digitaalimiksereiden käyttöliittymä kuitenkaan ole yhtä suoraviivainen, kuin analogisissa miksereissä. (Sweetwater 2022.)

3.6 Erilaiset mikrofonityypit

Etäopetuksessa äänen välittäminen on kuvan siirtämistä tärkeämpää. Äänenlaadun ollessa huono, heikkenee kuulijoiden keskittyminen eikä viestistä saa selvää. Tietolaitteisiin integroidut mikrofonit eivät yleensä ole kovin laadukkaita niiden tuottaessa useasti ohuen äänen sekä poimiessa myös ympäristön hälyääniä. Varsinkin kannettavan tietokoneen näppäimistön naksutus välittyy laitteen sisäistä mikrofonia käytettäessä vastaanottajille ikävänä haittaääninä. (Slip, Lumikari & Salminen n.d.b)

Etäopetusta järjestetään erilaisissa tiloissa ja tilanteissa. Opetuksen tapahtuessa toisinaan pöydän äärellä istuen, vaativat erilaiset opetustilanteet kuitenkin yleensä opettajan liikkumista. Ryhmätunneilla opettajia saattaa olla myös useampi. Vaikka liikkuvalla puhujalle langaton mikrofoni on useasti paras ratkaisu, saattaa joissain tapauksissa johdollinen luotettavampi sekä edullisempi mikrofoni toimia käyttötarkoitukseen nähden yhtä hyvin. Väärin sijoitettaessa kuulostaa kalliskin mikrofoni huonolta edullisemman mikrofonin tuottaessa oikein käytettynä laadukasta ääntä. (Slip, Lumikari & Salminen n.d.b)

Mikrofoni on akustis-sähköinen muunnin, jolla akustinen korvin kuultava ilmaääni muutetaan sähköiseksi energiaksi. Mikrofonien kehityskaaren myötä on syntynyt erilaisia mikrofonityyppejä, joista useat ovat ääniteknisellä kentällä jokapäiväisessä käytössä. Mikrofonin toimintaperiaate vaikuttaa oleellisesti muunnoksen tarkkuuteen. Mikään yksittäinen mikrofonin ominaisuus ei hallitse, vaan laitteen soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin määräytyy kaikkien toimintojen mukaan. On siis tärkeää ymmärtää, mitä ominaisuuksia mikrofoneilla on ja mihin käyttötarkoitukseen laitteet parhaiten soveltuvat. (Davis & Jones 1990, 113, 121.)

Mikrofoni on useimmiten signaalitien alkupiste. Perusedellytys hyvän akustisen äänenlaadun jälkikäsitteilylle oikean mikrofonin valinnan lisäksi on laitteen sijoittelu ja asetusten säätö. Ne eivät ole korvattavissa myöhemmällä prosessoinnilla. (Laaksonen 2013, 230.)

Mikrofonin sijoittelussa pistemäisen äänilähteen yhteydessä on hyvä huomioida kolme perusperiaatetta. Selkeä ja erotteleva äänivaikutelman saadaan aikaiseksi

sijoittamalla mikrofoni lähelle kohdeääntä. Epäedullisen äänitysakustiikan vaikutus on tällöin myös vähäisempi. Mikrofonin suuntakuviolla varmistetaan tilasta kantautuvien häiriöäänten välittyminen mahdollisimman vaimeina suuntaamalla mikrofoni suuntakuvion herkkä osa kohti äänilähdettä ja epäherkkä, haittaääntä kohti. Varsinkin, äänilähteen sijaitessa pidemmällä etäisyydellä mikrofonista, on huolehdittava, ettei äänilähteen takaa samasta suunnasta ilmene hälyääniä. (Laaksonen 2013, 264–265.)

Mikrofonit voidaan luokitella päätyyppeihin toimintaperiaatteen, suuntakuvion, mekaanisen rakenteen ja teknisten suoritusarvojen perusteella. (Laaksonen 2013, 231.)

3.6.1 Mikrofonien jaottelu toimintaperiaatteen mukaan

Mikrofonien jaottelu sähköisen toimintaperiaatteen mukaan tehdään dynaamisiin, kapasitiivisiin eli kondensaattori- ja elektreettimikrofoneihin, sekä kide- ja kalvomekaanisiin ryhmiin. Kide- ja kalvomekaanisia mikrofoneja käytetään mm. kielisoitinten tallamikrofoneissa, sekä sähköisten rumpukalvojen antureissa. (Laaksonen 2013, 236–237.)

Kaksi yleisintä mikrofonityyppiä ovat dynaaminen- ja kondensaattorimikrofoni. Epäherkemmän dynaamisen mikrofoni (KUVA 15) kestäessä kovaa käsittelyä ja suuria äänenpaineita, on 9–48 voltin käyttövirran, eli phantom-jännitteen toimiakseen tarvitseva kondensaattorimikrofoni äänenpaineen vaihtelulle herkempi, sen poimiessa myös suurimmat ja pienimmät taajuudet dynaamista mikrofonia laadukkaammin. Dynaamista mikrofonia käytetään pääsääntöisesti lähiaänien taltiointiin, kondensaattorimikrofoni poimiessa paremmin hiljaisia ja kaukaisiakin äänilähteitä. (Davis & Jones 1990, 113–114.)

Kondensaattorimikrofonien (KUVA 16) rakenteeseen on laitekohtaisesti suuntakuvion valitsimen lisäksi yleisimmin integroitu kaksi muuta säädintä. Vaimennussäätimellä (*pad*) saadaan mikrofoni herkkyyttä tiputettua voimakkaita ääniä taltioidessa. Bassoleikkurisäätimen rajataajuus on yleensä valittavissa 50–100 hertsin väliltä ja se mahdollistaa muun muassa ilmastoinnin

hurinasta tai liikenteen melusta aiheutuvien matalien häiritsevien äänten vaimentamisen. (Laaksonen 2013, 260–261.)



KUVA 15. Dynaaminen Shure SM 58 -mikrofoni (St. Paul's Sound n.d.)



KUVA 16. Kondensaattorimikrofoni Neumann U89i (Georg Neumann GmbH 2023a)

Kondensaattorimikrofonin erikoistyyppiä elektreettimikrofonia käytetään kuluttajille suunnattujen kannettavien laitteiden yhteydessä. Elektreettimikrofonin kapseliin on ladattu kalvojen tarvitsema pysyvä sähkövaraus. Elektreettimikrofonit vaativat kuitenkin laitteen sisään asennettavan 1,5–9 voltin pariston signaalin vahvistamista varten. Korkealaatuisia elektreettimikrofoneja (KUVA 17) valmistetaan myös ammattikäyttöön. (Davis & Jones 1990, 114.)



KUVA 17. Ammattikäyttöön tarkoitettu elektreettimikrofoni Neumann MCM KK 14 (Georg Neumann GmbH 2023b)

1950-luvulta peräisin olevat putkivahvistintekniikkaan perustuvat mikrofonit ovat edelleen käytössä niiden lämpimän ominaissävyn ja musikaalisen särökäyttäytymisen tuottaessa useille äänilähteille halutun lähtösaundin hyvää taiteellisteknistä jatkokäsittelyä varten. Putkimikrofonit tarvitsevat toimiakseen ulkoisen virtalähteen, mihin laite kytketään valmistajakohtaisella moninapajohdolla (KUVA 18). Vanhojen putkimikrofonien kunnostuksen lisäksi tuovat eri valmistajat perinteiseen putkitekniikkaan perustuvia uusia mikrofoneja markkinoille. (Laaksonen 2013, 246.)



KUVA 18. Putkimikrofoni Telefunken ELA M 251 E (Audio Gate 2023)

Laaksosen (2013) mukaan jaotellaan mikrofoneja akustisen toimintaperiaatteen perusteella kahteen yleiseen kategoriaan, paine- ja paine-eromikrofoneihin. Painemikrofonit (KUVA 19) toimivat ainoastaan ilmanpaineen vaihtelun perusteella. Niiden suuntakuvio on pallo, mikä mahdollistaa äänen poimimisen yhtä hyvin kaikista suunnista. Laitteet ovat rakenteeltaan umpinaisia lukuun ottamatta pientä ilmantausaukkoa, jonka tehtävänä on mukauttaa laite vallitsevan ilmanpaineen pitkäaikaisiin muutoksiin. Kahdeksikkosuuntakuvioisen paine-eromikrofonin (KUVA 20) kapseli on edestä ja takaa avoin, jolloin laitteen tärykalvon liikkeeseen vaikuttaa molemminpuolinen ilmanpainetasojen välinen ero. Mikrofonista välittyvä äänen sointi on kummaltakin suunnalta samanlainen mahdollistaen hyvin kahden äänilähteen, kuten mm. puhujien väliin asetettaessa keskustelun taltioinnin. Nauhamikrofonit kuuluvat akustisen toimintaperiaatteensa takia paine-eromikrofoneihin. (Laaksonen 2013, 238–239, 267.)



KUVA 19. Dynaaminen painemikrofoni Electro-Voice RE50B
(Bosch Security & Safety Systems 2023)



KUVA 20. Royer Labs:n nauhamikrofoni R-121
(Royer Labs 2023)

PZM-mikrofonissa (*Pressure Zone Microphone*) eli painevyöhykemikrofonissa on pieni kondensaattorikapseli, mikä sijaitsee hyvin lähellä heijastavaa pintalevyä (KUVA 21). Mikrofonin havaitsee muutokset näiden väliin muodostuvasta painevyöhykkeestä tavanomaisen ympäristön ilmanpaineen muutosten havaitsemismenetelmän sijaan. Laite ei tarvitse telinettä, vaan toimii parhaiten asetettaessa tasaiselle pinnalle. Mikrofonin litteän ulkomuodon vuoksi käytetään sitä mm. neuvottelutilanteissa, jolloin se on sijoitettavissa huomaamattomasti keskelle pöytää. PZM-mikrofoneissa on hyvä taajuusvaste ja vahvat lähtötasot. (MediaCollege.com n.d.)



KUVA 21. PZM-mikrofoni (Harman International Industries, Incorporated 2023)

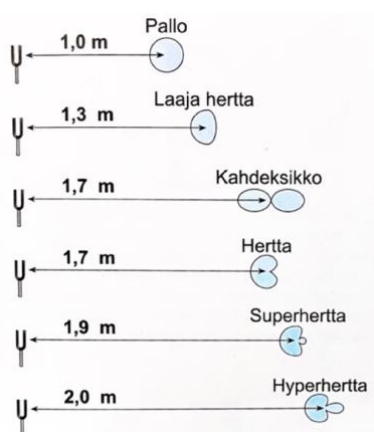
Suuntaputkimikrofonin (KUVA 22) toiminta perustuu vaihe-eroihin. Laitteet ovat nimensä mukaan erittäin suuntaavia ja poimivat äänilähteen tuottaman äänen pidemmänkin etäisyyden päästä. Ulkomuotonsa takia haulikkomikrofoniksi kutsuttu laite soveltuu mm. haastatteluiden tai paikallaanpysyvien äänilähteiden taltiointiin. (Koschak 2023.)



KUVA 22. Sennheiser MKE 600 suuntaputkimikrofoni
(Sennheiser electronic GmbH & Co. 2023)

3.6.2 Mikrofonien jaottelu suuntakuvion ja kalvon koon mukaan

Mikrofonin suuntakuviio määrittää, miltä suunnalta laite parhaiten poimii siihen saapuvan äänen. Koska suuntakuviio on laitteen oikean suuntaamisen sekä laadukkaan lopputuloksen kannalta oleellista, jaetaan mikrofoneja eri kategorioihin myös suuntakuvioidensa perusteella. Erilaisia suuntakuvioita ovat mm. pallo-, laaja hertta-, kahdeksikko-, hertta-, superhertta-, hyperherttakuvio (KUVA 23). Mikrofonin suuntakuviio ilmaistaan piirrossymboleilla. Valmistajan logo on yleensä sijoitettu mikrofonin kuoreen nolla-akselin puolelle, mikä suuntaavaa suuntakuvioita käytettäessä on mikrofonin herkempi puoli. (Laaksonen 2013, 232–235, 261.)



KUVA 23. Mikrofonien suuntakuviot ja niiden antama etäisyysvaikutelma
(Laaksonen 2013, 235)

Yksikalvoisten mikrofonien suuntakuvio määräytyy laitteen mekaanisen rakenteen ominaisuuksista. Mallikohtaisesti suuntakuvio voidaan vaihtaa kiinnittämällä mikrofoniin mekaanisakustisia lisälaitteita. Useampikalvoisissa kondensaattorimikrofoneissa suuntakuvioden muutokset tehdään sähköisesti joko mikrofonin kytkimestä tai kauko-ohjauksella. Kauko-ohjaussignaalin käyttö on useimmiten mahdollista vain valmistajakohtaisissa erikoiskapselein varustetuissa mikrofoneissa. Lähtökanavien määrä on yleensä suoraan verrannollinen stereo- ja monikanavamikrofonien kapseleiden lukumäärään nähden. (Laaksonen 2013, 240–241.)

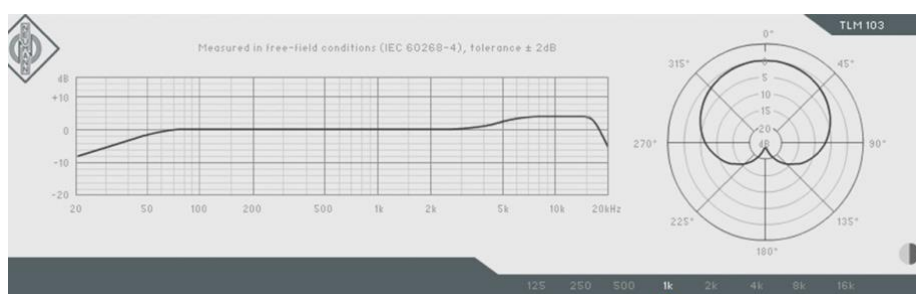
Mikrofonien jaottelussa kalvon koon mukaan ovat alle 15 millimetrin halkaisijan omaavat mikrofonit pienikalvoisia. Mikrofonit, joiden kalvo on halkaisijaltaan vähintään 25 millimetriä, ovat suurikalvoisia. Kalvon koko määrittää osaltaan mikrofonin äänellisiä ominaisuuksia isokalvoisten ollessa pohjakohinaltaan pienempiä ja herkkyydeltään suurempia. Pienikalvoiset mikrofonit toistavat suoraviivaisemmin korkeita taajuuksia ja kestävät suurempia äänenpaineita omaten laajemman dynamiikka-alueen. (Laaksonen 2013, 231.)

3.6.3 Mikrofonien jaottelu teknisten suoritusarvojen perusteella

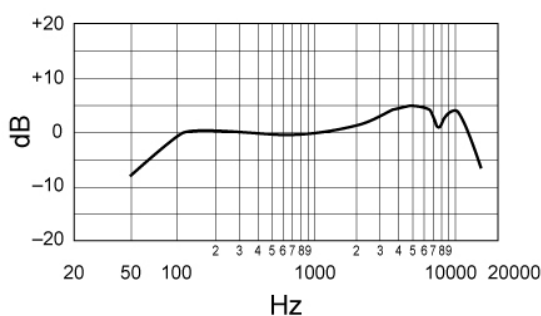
Mikrofonien teknisissä suoritusarvoissa määrittävinä tekijöinä ovat herkkyys, äänenpaineen sietokyky, taajuusvaste ja itseiskohina. Mikrofonin herkkyys on arvo, joka määrittää laitteen kykyä muuttaa akustinen paine sähköjännitteeksi. Mikrofonin herkkyyttä mitataan käyttäen IEC 268-4 mittausnormia vertaamalla laitteen lähtöjännitettä kiinteään 94 dB SPL akustiseen vertailutasoon yhden kilohertsin taajuudella. Herkkä mikrofoni tuottaa äänenpainearvolle korkean jännitteen, epäherkemmän kyetessä matalamman jännitearvon tuottamiseen. (Laaksonen 2013, 241–243.)

Mikrofonin äänenpaineensiedolla tarkoitetaan laitteen ominaisuutta välittää voimakkaita ääniä signaalin säröytymättä. Tältä ominaisuudeltaan laadukkaimpien mikrofonien äänenpaineensietoarvot (SPL) ovat 140–160 desibeliä. Mikrofoni kestää sitä suurempia äänenpaineita, mitä pienempi ja jäykempi laitteen kalvo on. (Laaksonen 2013, 243.)

Mikrofonin taajuusvaste (KUVA 24 ja 25) ilmoittaa, minkä suuruisilla taajuuksien välisillä heikentymillä ja korostumilla laite kykenee välittämään signaalia 20 Hz – 20 kHz audiokaistalla, eli kuuloalueella. Taajuusvaste mitataan mikrofonin nolla-akselin suunnasta ja sen tasaisuudella on suora vaikutus äänilähteen soinnin välittymiseen mikrofonista eteenpäin. Suuntaavien mikrofonien taajuuskäyttäytymisessä ilmenee matalien äänien korostumista äänilähteen sijaitessa lähellä mikrofonia. Ilmiöstä käytetään nimitystä lähiäänivaikutus (*proximity effect*). Hyvän käsimikrofonitekniikan omaavat solistit käyttävät kyseistä ominaisuutta tehokeinona tietoisesti hyödykseen. (Laaksonen 2013, 242–243.)



KUVA 24. Kondensaattorimikroni Neumann TLM 103 taajuusvaste (Georg Neumann GmbH 2023c)



KUVA 25. Dynaamisen Shure SM 58 mikrofonin taajuusvaste (Shure n.d.)

Mikrofonin itseiskohinalla tarkoitetaan elektroniikan komponenttien sekä ilmamolekyylien lämpöliikkeestä aiheutuvaa pohjakohinaa, mitä mitataan kahdella eri normilla. Kuulokäyrien mukaisen dB(A) -asteikon vertailutasona käytetään 20 mikropascalin äänenpainetta. Pienen itseiskohinan omaavan mikrofonin mittaustulos on tällöin 15 dB(A) tai vähemmän. Tällä mittaustavalla matalataajuiset häiriöt jäävät vähemmälle huomiolle. Matalia taajuuksia enemmän painottavalla CCIR 468-1 asteikolla hyvätasoisien mikrofonin antama arvo on 25–30 dB tai vähemmän. (Laaksonen 2013, 243.)

	Pieni kalvo	Suuri kalvo
Oma kohina	korkea	matala
Herkkyyys	pieni	suuri
Äänenpaineen sieto	suuri	matalampi
Taajuuskaista	laaja	kapeampi
Dynamiikka-alue	suurempi	pienempi
Transienttitoisto	parempi	hyvä

KUVA 26. Pieni- ja suurikalvoisten kondensaattorimikrofonien ominaisuudet (Aro 2013)

3.6.4 USB- ja kaiutinmikrofonit

USB-mikrofonien (KUVA 27) ominaisuuksia hyvän äänenlaadun lisäksi ovat erilaiset laitekohtaiset toiminnot, kuten säädettävä kuulokelähtö ja myös joistain malleista löytyvä mikrofonisignaalin vahvistuksen säätömahdollisuus, erilaiset stereovaihtoehdot, erillinen liitäntä instrumentille, sekä mykistyspainike. Ominaisuuksiensa ansiosta soveltuvat laitteet hyvin erilaisiin suoratoisto- sekä etäopetustapahtumiin helpottaen ja nopeuttaen käyttöä perinteisiin mikrofoneihin nähden. Joidenkin laitteiden mukana tulee myös lisäohjelmisto, mikä laajentaa merkittävästi mikrofoniin käyttömahdollisuuksia erilaisine reititysvaihtoehtoineen ja efekteineen. USB-mikrofonit yhdistetään ilman lisälaitteita suoraan yhteensopivan tietolaitteen dataliitántään, mistä ne saavat tarvitsemansa käyttövirran toimien samalla myös äänikorttina. (Ruippo, Suonikko & Vartiainen 2021.)

USB-mikrofoneja voi liittää tietolaitteeseen vain yhden kerrallaan. Kun käyttöön valitaan tarpeeseen sopiva suuntakuvio, riittää mikrofoni parille puhujalle tai pienelle ryhmälle henkilöiden asettuessa sopivalla etäisyydellä mikrofoniin ja toisiinsa nähden. (Slip, Lumikari & Salminen n.d.b.)



KUVA 27. AKG Lyra USB-mikrofoni (Soundtools Oy. n.d.)

Valmistajakohtaisesti akkukäyttöiset USB-liittimellä tai langattomasti Bluetooth-yhteydellä tietolaitteeseen liitettävät taskukokoiset kaiutinmikrofonit (KUVA 28) parantavat varsinkin mobiililaitteiden suppeaa äänenlaatua laadukkaan etäneuvottelutapahtuman toteuttamisessa. Kaiutinmikrofonit ovat lähtökohtaisesti tarkoitettu puheäänen suoratoistamista varten erilaisine laitekohtaisine ominaisuuksineen, kuten kaiunkumous- ja kohinanpoistoalgoritmeineen. Merkki- ja mallikohtaisesti laitteiden kaiuttimien äänitekniinen taso mahdollistaa musiikintoistamisen myös stereofonisesti kytkemällä järjestelmään kaksi laitetta. (Sawchuk 2021.)



KUVA 28. Jabra Speak2 75 MS (Verkkokauppa n.d.)

3.6.5 Rakenteisiin kiinteästi asennettavat mikrofonit

Pöytätilaa säästävillä kiinteästi kattoon tai seiniin asennettavilla mikrofoneilla saavutetaan keskikokoisen tilan eri osissa sijaitsevien useiden äänilähteiden samanaikainen taltiointi ääniteknistä jatkokäsittelyä, kuten hybridineuvottelutapahtumien suoratoistamista varten (KUVA 29). Tyypillisesti useita kapseleita sisältävät mikrofonit ovat yhdistettävissä suuremmaksi järjestelmäksi tilan tapahtumia vastaavien tarpeiden mukaan. Mikrofonien kapselit ovat valmistajakohtaisesti kohdistettavissa kontrolliohjelmistolla

oletettujen äänilähteiden sijainteihin. Lisäksi mikrofoniin mallikohtaiset algoritmit mahdollistavat tilan häiriöäänten vaimentamisen, haluttujen vyöhykkeiden priorisoinnin ja poissulkemisen sekä automaattisen dynaamisen suuntakuvionmuodostuksen äänisignaalin tarkempaa paikallistamista varten. Ominaisuudet antavat puhujalle vapauden liikkua tilassa välittämättä etäisyydestä mikrofoniin. (Catchbox 2023a.)



KUVA 29. Sennheiser TeamConnect Ceiling 2 White ja Sennheiser TeamConnect Ceiling Medium (Sennheiser electronic GmbH & Co. 2023)

3.6.6 Langattomat mikrofonit

Langattomat mikrofonit ovat olleet koko kehityskaarensa ajan monipuolisina työvälineinä keskeisessä asemassa ammatillista taiteellisteknistä työtä vaativissa erilaisissa tapahtumatuotannoissa. Langattomat mikrofonit mahdollistavat esiintyjien liikkumisvapauden, sekä vähentävät AV-tekniikkojen työmäärää tapahtumakohtaisten äänitekniisten rakennusaikojen osalta. Käyttökohteita ovat mm. elokuvatuotannot, journalistiikka, liike-elämä sekä erilaiset julkiset tapahtumat kuten teatteriesitykset. Koulutusympäristössä langattomia mikrofoneja hyödynnetään äänen vahvistuksen lisäksi mm. etäopetuksessa sekä koulutusvideoiden taltioinneissa. Langattomat mikrofonit jaetaan lähtökohtaisesti kolmeen eri tyyppiin, kädessä pidettäviin kapulamikrofoneihin, pääpantamikrofoneihin ja lavalier-mikrofoneihin. Kädessä pidettävät mikrofonit ovat yleensä joko dynaamisia- tai kondensaattorimikrofoneja ja niissä on sisäänrakennettu lähetin, jonka vuoksi niiden käyttö on suoraviivaista. Langattomat kapulamikrofonit soveltuvat muun muassa etäopetustilanteisiin, jossa opettaja liikkuu tilassa pyytäen opiskelijoilta kommentteja ja vastauksia (Slip, Lumikari & Salminen n.d.b). Langatonta pääpantamikrofonia ja lavalier-

mikrofonia käytetään tyypillisesti tilanteissa, joissa näkyvä mikrofoni ei sovi kontekstiin tai tapahtumissa, joissa esiintyjä tarvitsee kätensä vapaina. Pääpantamikrofoni yhdistetään ohuella kaapelilla esiintyjän vaatteisiin kiinnitettävään lähetimeen, jonka paristosta mikrofoni myös saa käyttövirtansa. Pääpantamikrofonit ovat suunniteltu niin, että mikrofonin kapseli on mahdollista sijoittaa mahdollisimman lähelle suuta. Lavalier-mikrofonit ovat huomaamattomia ja ne on suunniteltu kiinnitettäväksi esiintyjän vaatteisiin. Mikrofonin etäisyys suuhun antaa laitteelle hyvän signaali-kohinasuhteen poistaen mm. monet suuntaputkimikrofonin käyttöön liittyvät ongelmat. Myös lavalier-mikrofonit kytketään ohuella kaapelilla pääpantamikrofonien tapaan esiintyjän vaatteisiin kiinnitettävään lähetimeen. Digitaalisen järjestelmän lähetin muuntaa mikrofonin syöttämän signaalin digitaalseksi, jonka se lähettää ykkösten ja nollien sarjana vastaanottimille radiolinkin kautta. Vastaanotin muuntaa digitaalisen signaalin takaisin analogiseksi äänisignaalksi jatkokäsittelyä varten. Vastaanottimet voivat olla yksi- tai monikanavaisia järjestelmiä ja niiden ominaisuuksien mukaan ovat ne joko suurempia työpöytäyksiköitä tai pienempiä kameraan tai vyölle kiinnikkeellä asennettavia kannettavia laitteita. (Røde 2022.) Valmistajakohtaiset adapterikaapelit sekä käyttötarkoitukseen valmistetut mallikohtaisesti phantom-jännitteen tarjoavat lähettimet mahdollistavat myös linjatasoisten äänilähteiden, sähkökitaroiden ja -bassojen sekä perinteisten langallisten mikrofonien liittämisen langattomiin järjestelmiin (St. Paul's Sound n.d.).

Radioasemien lähetyksen tapaan tarvitsevat langattomien mikrofonien lähetin- ja vastaanotinparit yhteisen radiotaajuuden, jonka pitää sijaita riittävän etäisyyden päässä muista radiosignaaleilla toimivien laitteiden taajuuksista. Häiriöiden välttämiseksi on rakennuksen eri tiloissa tai läheisellä alueella käytössä olevien langattomien laitteiden heikostikin havaittavissa olevat taajuudet syytä huomioida. Teknisesti laadukkaat digitaaliset langattomat järjestelmät voidaan asettaa toimimaan kapealle taajuusalueelle, joka mahdollistaa useiden laitteiden samanaikaisen häiriöttömän käytön pienellä taajuuskaistalla. (Lyons 2020.)

Luvasta vapaat taajuudet radiomikrofonien käyttöön ovat maakohtaiset. Suomessa langattomien mikrofonien käyttöön on osoitettu taajuusalueet 174–195 Mhz, 470–694 Mhz, 823–832 Mhz, 836–865 Mhz ja 1785–1804,8 Mhz. Taajuusalue 470–694 Mhz on ensisijaisesti tarkoitettu televisiotoiminnalle, eikä

radiomikrofonien käyttö taajuusalueella saa aiheuttaa häiriötä televisiovastaanotolle. Kyseisen taajuusalueen vapaat taajuudet ovat paikkakuntakohtaisia, mitkä selviävät Traficomin internetsivuilta löytyvästä karttapohjaisesta hakupalvelusta. (Traficom 2023.)

3.6.7 Catchbox Plus

Kotimainen innovaatio Catchbox Plus (KUVA 30) on digitaalinen luvasta vapailla taajuuksilla toimiva langaton mikrofonijärjestelmä, jonka kantavuus on noin 100 metriä (Suomen koulupalvelu Oy n.d.). Järjestelmään on mahdollista liittää samanaikaisesti kaksi langatonta mikrofonia. Yleisömikrofonia ympäröi pehmeä kuutio, jonka ansiosta laitteen siirtäminen puhujalta toiselle on mahdollista heittämällä, langattoman klippimikrofonin antaessa esittäjälle vapauden liikkua tilassa. Vastaanotin on kytkettävissä käyttötarpeen mukaan tietolaitteeseen USB-kaapelilla tai suoraan äänijärjestelmään niin balansoiduilla kuin balansoimattomillakin kaapeleilla sekä myös digitaalisesti DANTE-protokollan välityksellä. Järjestelmän lähettimien akkujen lataaminen tapahtuu vaivattomasti latausasemilla. (Catchbox 2023b.)



KUVA 30. Catchbox Plus -mikrofonijärjestelmä (Catchbox 2023)

3.7 Kaiuttimet

Digitaalinen musiikki ja musiikkivideot sekä elokuvat ovat nostaneet hyväksi koetun äänenlaadun standardejamme. Etäopetustalaitteistoja käytettäessä selkeä äänentoisto helpottaa esitettävän materiaalin ymmärtämistä sekä parantaa etäopetustilanteiden vuorovaikutusta. Laadukkaalla äänentoistolla on myös positiivinen vaikutus opiskelumotivaatioon. (Shure 2021.)

Kaiuttimet ovat sähköakustisia muuntimia, mitkä muuntavat sähköisen energian akustiseksi energiaksi, eli korvinkuultavaksi ilmaääneksi. Digitaalistenkin kaiuttimien sekä kuulokkeiden (ja mikrofoniin) digitaalisuuden yltäessä vain värähtelevään tärykalvoon asti, ovat ne ainoita äänitekniisiä laitteita, mitkä ovat aina toimintaperiaatteeltaan analogisia niiden sähkötekniikan yhdistyessä mekaanisesti akustisiin ilmiöihin. Laadukkailla kaiuttimilla ja kuulokkeilla on äänityössä ratkaiseva merkitys niiden antaessa käyttäjälle välittömän aistikokemuksen äänen sisällöstä. (Laaksonen 2013, 230.)

Lyhenne hifi tai Hi-Fi juontuu englanninkielisistä sanoista high fidelity ja sillä tarkoitetaan korkealaatuista äänentoistoa. Hifi-laitteiston tärkeimpänä komponenttina äänilähteen, välijohtimien ja erilaisten äänitekniisten laitteiden lisäksi ovat kaiuttimet. Vaikka kaiuttimia valitessa tärkein mittari on oma korva, on äänentoiston laadun arviointiin olemassa erilaisia mittausmenetelmiä. Laitteiston laadukkuus ei siis ole ainoastaan mielipidekysymys. Valmiiden äänilaittepakettien sekä laitteisiin integroitujen pienien kaiuttimien tarjotessa usein vaatimattoman äänenlaadun, saavutetaan laadukkaampi kuuntelukokemus käyttötarkoitukseen sovitetuilla erillisillä kaiuttimilla. Oleellista on huomioida kaiuttimen kokoluokka ja ominaisuudet käyttötilaan ja -tarkoitukseen nähden. Kokoluokaltaan pienten, tilaan nähden alimitoitettujen kaiuttimien käyttäminen suuressa tilassa aiheuttaa usein miten matalien taajuuksien voimattomuutta. Kaiuttimien yhteyteen on tällöin liitettävissä subwoofer lisäämään bassotaajuuksia. Vastaavasti liian järeät kaiuttimet tuottavat pieneen tilaan usein päälleikäyvän äänimaailman, mikä ei johda tarkoituksenmukaisen kuuntelukokemuksen mahdollistamiseen. (Audiocenter-fi n.d.)

Kaiuttimien etäisyyden ollessa luonnollisesti kuulokekuunteluun nähden kuulijaa kauempana, soveltuvat ne hyvin pitkäaikaisiin etä tapahtumiin tarjoten kuulokekuuntelua luonnollisemman äänikuvan sekä mahdollisuuden havainnoida ja reagoida samanaikaisesti tilan muihin tapahtumiin, kuten ovikellon tai puhelimen soimiseen. (BenQ 2023.)

Kaiuttimet mahdollistavat yhteisen, jaetun kuuntelutilanteen. Kaiuttimia käytettäessä on äänisisällön koko dynamiikka-alue hyödynnettävissä ainoastaan hiljaisissa ja akustoiduissa ympäristöissä, kuten kuuntelusaleissa ja

elokuvateattereissa. Erilaisten kuunteluympäristöjen, kuten ulko- ja sisätilojen sekä kulkuneuvojen akustisilla ominaisuuksilla on selkeä vaikutus kuuntelukokemukseen, tilan kaiunta-ajan vaikuttaessa äänen selkeyteen sekä huoneheijastuksien ja -moodien värittäessä ääntä. Vahvistetun äänen käyttäytymiseen erilaisissa kuuntelutiloissa voidaan vaikuttaa kaiutinsijoittelulla, kaiuttimien säteilykuviolla ja muulla signaalinkäsittelyllä, mutta yleensä optimoituina vain tiettyyn kuuntelupaikkaan, jolloin kuulokuva vaihtelee kuuntelijan sijainnin mukaan. (Linjama 2021, 291–292.)

Hyvän äänentoiston yleisperiaatteena on saada kaiuttimen tuottama ääni mahdollisimman esteettömästi kuuntelijan korviin. Ihanteellinen asettelu stereokaiutinparille on sijoittaa kaiuttimet tasakylkisen kolmion mittasuhteilla niin, että kaiuttimet sijaitsevat yhtä kaukana toisistaan kuunteluetaisyteen nähden. Kaiuttimien ja kuuntelijan väliin jäävien esineiden, kuten pöytien tai tuolien aiheuttamilta heijasteilta vältytään suuntaamalla kaiuttimet kuuntelijaa kohden sekä sijoittamalla kaiuttimet kuuntelijan pään korkeudelle seinäkiinnikkeillä tai kaiutinjalustoilla. Kovien pintojen kuten katon, ikkunoiden, paljaiden seinien ja lasipintojen heijastaessa ääntä, on heijasteita mahdollista vaimentaa ääntä absorboivilla pehmeillä materiaaleilla, kuten paksuilla matoilla ja verhoilla sekä akustiikkaelementeillä. Myös kuunteluetaisyyden lyhentäminen vähentää heijasteiden vaikutusta. (Genelc n.d.)

Kaiuttimet voidaan jaotella eri luokkiin sähköisen tai akustisen toimintaperiaatteen, säteilykuvion ja soivien kalvojen lukumäärän mukaan. Sähköisen toimintatapansa perusteella jaetaan kaiuttimet perinteisesti kahteen perustyyppiin, dynaamisiin ja elektrostaattisiin kaiuttimiin. (Laaksonen 2013, 250.)

3.7.1 Kaiuttimien jaottelu sähköisen toimintaperiaatteen mukaan

Helposti sijoitettavien, kestävien ja hyvän äänenpaineen tarjoavien ammattikäytössä yleisimmin käytössä olevien dynaamisten kaiuttimien (KUVA 31) toiminta perustuu vahvistetun kaiutintasoisen audiosignaalin ajamiseen kestopäällyksen ympärillä olevaan puhekelaan, mikä aiheuttaa kelaan yhdistetyn

kaiutinkartion tai -kalvon mekaanisen liikkeen synnyttäen ilmanpaineen vaihtelua, jonka aistimme akustisena ilmaäänenä. (Laaksonen 2013, 250, 255.)



KUVA 31. Genelec 8040 BWM -kaiutin (Thomann GmbH. 2023)

Elektrostaattisen kaiuttimen toimintaperiaate perustuu sähköisesti varattuun metalloituun kalvoon, mikä sijaitsee kahden reikälevyn, eli staattorin välissä. Kun kalvon molemmin puolin sijaitseviin reikälevyihin kytketään vastakkaisvaiheinen jännite, aiheuttaa vuorotteleva sähkökenttä staattoreiden välissä sijaitsevan kalvon liikkeen. Kalvon pinta-alaa ohjaava sähkökenttä mahdollistaa kalvon erinomaisesti kontrolloidut värähtelyliikkeet sekä hyvin pienen kaiutinsärön, impulssivasteen ollessa erittäin nopea. Lisäksi kaiuttimet tarjoavat vahvan ja tarkan tilatoiston. Elektrostaattikaiuttimien toimintaperiaate mahdollistaa kaiuttimen valmistamisen ilman kaiutinkoteloä, tosin elektrostaattisten kalvojen liikepoikkeaman ollessa melko vaatimaton, ei kaiuttimella saavuteta uskottavaa bassotoistoa. Matalia taajuuksia tukemaan tarvitaan dynaaminen elementti. (AVPlus-verkkotoimitus 2022.)

Elektrostaattikaiuttimet (KUVA 32) ovat usein säteilykuvioltaan kahdeksikkoja, eli dipolikuviolisia (*figure-of-eight, bidirectional*) säteillein ääntä yhtä paljon eteen- ja taaksepäin, mutta ei juurikaan sivuille. Suurikokoisten, levymäisten kotikäyttöön valmistettujen elektrostaattikaiuttimien leveä pinta suunnataan kuulijaa kohden. Perinteisiä elektrostaattikaiuttimia ei juurikaan käytetä ammattikentällä. (Laaksonen 2013, 254–255.)



KUVA 32. Martin Logan ElectroMotion ESL X -kaiutinpari (AVPlus-verkkotoimitus 2022)

3.7.2 Kaiuttimien jaottelu akustisen toimintaperiaatteen mukaan

Toisin kuin elektrostaattikaiuttimissa, jää kattamattomassa dynaamisessa kaiutinelementissä sointi hyvin ohueksi ääniaaltojen päästessä kiertämään elementin ympäri, jolloin aallot kuolettavat bassotaajuuksilla toisensa pois. Tämän takia dynaamiseen kaiutintyyppiin liittyy aina kaiutinkotelo joko ulkoisine tai sisäisine jakosuotimineen. Paljon tilaa vaativa, mutta akustisesti tehokas ratkaisu on nimeltään ääretön seinä (*infinite baffle*). Tällöin kaiutinelementti asennetaan kahden huoneen väliseinään tehtävään reikään, jolloin kaiuttimen taka-aalto eristyy täydellisesti etuaallosta. Pienempikokoisempia koteloitujen kaiuttimien akustismekaanisia ratkaisuja ovat suljettu kotelo, bassorefleksikotelo, transmissiolinja, torvikaiutin, kaistanpäästökotelo ja painekammiodiskantti. (Laaksonen 2013, 252–253.)

Suljetussa kaiutinkotelossa (*sealed enclosure, acoustic suspension loudspeaker*) kaiutinelementti on kiinnitetty umpinaiseen kaiutinkoteloon, jolloin elementin ainoa ulkoilmaa koskettava osa on liikkuva kaiutinkalvo. Muun muassa useat kotihifi- ja studiokaiuttimet kuuluvat tähän kaiutintyyppiin. Täysin suljetun kotelontyyppin lisänä käytetään myös ahdettua, eli bassorefleksikoteloaa (*bass reflex enclosure*). Bassorefleksiaukolla saadaan aikaiseksi alemmaksi ulottuva

bassotoisto hyödyntämällä myös bassoelementin sisäänpäin suuntautuvasta liike-energiasta syntyvät matalat taajuudet, mitkä yhdistyessään myötävaiheessa eteenpäin lähtevään ääneen, vahvistavat kotelon ja resonanssiputken yhteisresonanssin ansiosta kuultavaa ääntä. (Laaksonen 2013, 253.)

Subwooferkaiuttimissa käytettävällä kaistanpäästökotelolla (*bandpass enclosure*) pyritään saavuttamaan mahdollisimman paljon bassoa pienellä teholla. Kaistanpäästökotelon rakenne sisältää umpikotelon isomman kotelon sisällä, eli kaksi erillistä kammiota. Bassoelementti on asennettu koteloiden väliseen tiiviiseen seinään. Vahvistuksen osuessa kapealle taajuusalueelle, suunnitellaan kaistapäästökotelot tiettyä kotelotilavuutta ja kaiutinelementtiä varten.

(Laaksonen 2013, 254.)

Refleksiputken tapaan toimiva bassoalueen elementeissä käytettävä transmissiolinja (*transmission line*) vahvistaa elementin toistoalueen alapuolelle jääviä taajuuksia kaiutinelementin takaa avautuvan pitkän kanavan avulla. Transmissiolinja on rakenteeltaan suuri tehden kaiuttimesta varsin kookkaan. (Laaksonen 2013, 253.)

Käsi­käyt­­töi­nen kuulutus­­laite, megafoni on alkeellinen versio torvimallisesta kaiutinrakenteesta. Torvikaiuttimen (*horn loaded loudspeaker*) ulkoisella torvimaisella lisäkkeellä saadaan voimakkaampi ääni sovittamalla pienen elementin liikkeestä aiheutuva energia tehokkaammin ympäröivään ilmaan. Torvikaiuttimia on käytetty tehostamaan suuntaavuutta myös isojen äänentoistojärjestelmien diskanttielementeissä. Torvikaiutintyyppin variantteja on sovellettu myös bassoalueen kaiuttimissa. Ratkaisua, missä torven pituutta lisätään kiertämällä sitä kaiuttimen kotelon sisällä, kutsutaan laskostetuksi torveksi (*folded horn*). Suurempi teho ja pienempi äänen värittyminen saadaan aikaiseksi yläbassotaajuuksien vahvistamiseen käytetyllä edestä kytketyllä suoralla torvella (*front-loaded straight horn*), jonka haittana kuitenkin on suuri koko.

(Laaksonen 2013, 253.)

Umpikoteloidut suuntaavalla kielekeosalla varustetut painekammiodiskanttikaiuttimet (*tweeter compression driver*) mahdollistavat käytössä olevaan sähköiseen tehoon nähden suuren äänenpaineen. Ne myös kestävät koteloimattomia diskanttikaiuttimia enemmän voimakasta soittoa. Paineekammiodiskanttikaiuttimien haittapuolena mainitaan usein painekammion liikettä vääristävästä kuormituksesta aiheutuva suurehko särö. (Laaksonen 2013, 254.)

3.7.3 Kaiuttimien jaottelu säteilykuvion mukaan

Kaiuttimen säteilykuvion ollessa aina erilainen pienillä ja suurilla taajuuksilla, esitetään se usein piirroksena, mistä säteilyominaisuudet ovat nähtävissä eri taajuuksilla. Äärettömän seinärakenteen antaessa kaiuttimelle puolipallon muotoisen säteilykuvion, on suljetun kaiutinkotelon säteilykuvio pienillä taajuuksilla suuntaava ja matalilla taajuuksilla pallomainen. Kahdeksikkosäteilykuvioisella, eli dipolikuvioisella kaiuttimella (*dipole loudspeaker*) on kaksi keskenään vastakkaisvaiheista suuntakuvioakselia. Säteilykuvion etuna on hyvä suuntaavuus, jonka ansiosta kuunneltava ääni ei juurikaan heijastu seinän, katon tai lattian kautta tilan akustisten ominaisuuksien värittäessä ääntä tällöin vain vähäisesti (Audiocenter-fi n.d.b). Kotikäyttöön valmistettujen elektrostaattikaiuttimien lisäksi muun muassa takaa avonaisissa kitaravahvistimissa ja eräissä kotiteatterijärjestelmien takakaiuttimissa on dipolisäteilykuvio. (Laaksonen 2013, 254–255.)

3.7.4 Kaiuttimien jaottelu elementtien lukumäärän mukaan

Koska kaiuttimilta vaaditaan suurta äänenpainetta, tulee kaiuttimien pystyä liikuttamaan suuria ilmamääriä. Toistettava taajuusalue jaetaan tällöin lähes poikkeuksetta useammalle kalvolle. Kaiuttimia jaotellaan niihin rakennettujen elementtien lukumäärän mukaan kaksi- ja kolmetiekaiuttimiin. Useita elementtejä sisältävän kaiuttimen korkeita taajuuksia toistava diskanttielementti (*tweeter*) voi olla joko pyöreänmuotoinen kupolidiskantti (*dome tweeter*) tai porrasmainen nauhadiskantti (*ribbon tweeter*). Bassokaiuttimella tai bassoelementillä (*woofer*) tarkoitetaan matalia taajuuksia toistavaa kaiutinta. Hieman epäloogisesti sanalla kaiutin (*speaker*) tarkoitetaan diskantti- ja bassoelementtien samaan koteloon

rakennettua yhdistelmää. Yhden tai kaksi alinta oktaavia toistavia erikseen koteloituja alabassokaiuttimia, eli subbareita (*subwoofer*) käytetään bassoalueen lisävahvistukseen. Joko kaiutinkotelon sisälle rakennettua tai ulkopuolista jakosuodinlaitetta käytetään ohjaamaan audioalueen eri taajuuskaistat kaiuttimen oikeille elementeille. Ulkoiseen vahvistimeen kytkettäviä kaiuttimia kutsutaan passiivikaiuttimiksi ja sisäisen vahvistimen omaavia kaiuttimia aktiivikaiuttimiksi. Valmistajakohtaisesti aktiivikaiuttimiin signaali on mahdollista tuoda linjatasoisen analogiaudion lisäksi myös digitaalista väylää pitkin. Kaksoisvahvistetulla (*bi-amplified*) kaiuttimella tarkoitetaan kaiutinta, jonka diskantti- ja bassoelementeille on omat vahvistimet. (Laaksonen 2013, 255–256.)

3.7.5 Kaiuttimien muut tekniset ominaisuudet

Kaiuttimien äänentoistolliseen laatuun vaikuttavia ominaisuuksia säteilykuvioden lisäksi ovat herkkyys, taajuusvaste ja vaihevaste. Kaiuttimen herkkyydellä kuvataan sähköistä tehomäärää, mikä tarvitaan halutun kuunteluvoimakkuuden aikaansaamiseksi. Kaiuttimen herkkyyden määrittäminen tapahtuu ajamalla kaiuttimeen 1 watin (8 ohmilla 2,83 voltia) mittasignaali ja mittaamalla äänenvoimakkuus kaiuttimen edestä metrin etäisyydeltä. Herkkyytensä mukaan antaa eri kaiuttimet tietynsuuruisen akustisen äänenpaineen (dB SPL), jonka tulos ilmoitetaan dB @ 1W/1m -muodossa. (Laaksonen 2013, 256.)

Kaiuttimien taajuusvasteiden mittaamisen tapahtuessa yleisesti kaiuttomassa huoneessa, antaa se hyvän lähtökohdan eri kaiuttimien keskinäiseen vertailemiseen. Kaiuttimen ja kuunteluhuoneen muodostaessa aina kokonaisuuden, ei tuloksesta kuitenkaan selviä, miten kaiutin käyttäytyy sijoitettaessa normaaliin akustiseen tilaan. Tällöin on huomioitava kaiuttimen ympärisäteilevä, tilan värittämä taajuustoisto, eli tehovaste (*power response*) kaiuttimen suoran taajuusvasteen, eli vapaakenttävasteen (*free-field response*) lisäksi. (Laaksonen 2013, 256.)

Kaiuttimen vaihevasteella, eli iskuäänivasteella (*phase response, transient response*) tarkoitetaan, kuinka yhdenaikaisesti kaiuttimen toistamat eri taajuudet (basso, keskialue, diskantti) saapuvat kuulijan korviin. Tarkkuuteen vaikuttaa

jakosuotimen aiheuttamien sähköisten viiveiden lisäksi elementtien sijoittelu sekä kaiutinkotelon muotoilu. (Laaksonen 2013, 256.)

3.8 Kuulokkeet

Kuulokkeiden rakenne sekä muotoilu mahdollistaa yksityisen kuuntelukokemuksen lisäksi keskittymisen etätapahtumaan pienelläkin äänenvoimakkuudella ilman tilan muusta toiminnasta aiheutuvia häiriöääniä. Kuulokkeiden pitkäaikaisella käytöllä voi kuitenkin olla kuuloa rasittavia sekä alentavia vaikutuksia. Kuulokkeiden kaiutinelementtien sijaitessa lähellä korvaa, voivat voimakkaat yhtäkkiset äänet esiintyessään huonoimmassa tapauksessa johtaa kuulovaurioon. Kuulokekuuntelusta ei aiheudu kaiutinkuuntelun tapaan häiriöitä lähistöllä oleville, jolloin etätapahtumaa voi tarvittaessa jatkaa myös julkisissa tiloissa, kuten toimistoissa, kirjastoissa tai yleisessä joukkoliikenteessä. (BenQ 2023.)

Kuulokkeiden tekniset tiedot kertovat kuulokkeiden ominaisuuksista. (Learning about Electronics 2018.)

1. Kuuloketyyppi

Eri kuuloketyyppejä ovat over-ear kuulokkeet, on-ear kuulokkeet ja korvanappikuulokkeet.

2. Kaiutinelementtien koko (mm.)

Kuulokkeiden kaiutinelementin koko ilmaistaan millimetreinä. Suurempi elementti tarjoaa laadukkaamman matalien taajuuksien toiston.

3. Taajuusvaste (Hz.)

Taajuusvaste ilmoittaa hertseinä taajuusalueen, jonka kuulokkeet pystyvät toistamaan.

4. Herkkyys (dB/mW)

Kuulokkeet toistavat ääntä sitä suuremmalla voimakkuudella, mitä suurempi herkkyys on.

5. Suurin mahdollinen ottoteho (mW.)

Suurilla äänenvoimakkuuksilla kuunneltaessa häiriötä esiintyy sitä vähemmän, mitä suurempi ottoteho on. 300 mW:n ottoteholla häiriötä esiintyy vähäisesti tai ei lainkaan.

6. Impedanssi (Ohm.)

Tavallista kuulokeliitintä käytettäessä pienemmällä impedanssilla saadaan helpommin suurempi äänenvoimakkuus.

7. Liitântätyyppi

Kertoo kuulokkeiden liitântätavan.

3.8.1 Kuppikuulokkeet

Useat perinteiset kuulokemallit edustavat suurikokoisia korvat kokonaan peittävää kuppikuuloketyyppiä (*over-ear headphone* tai *circumaural headphone*), jonka pään koon mukaan säädettävä sanko pitää kuulokkeet paikoillaan. Kuuloketyyppiä valmistetaan sekä suljettuna, että avoimena versiona. Rakenteeltaan suljettu kuuloke eristää aina jonkin verran ympäristön ääniä, mahdollistaen rauhallisemman kuuntelukokemuksen syntymisen. Suljetut kuulokkeet toistavat myös avoimia kuulokkeita paremmin matalia taajuuksia. Avoimeen rakenteeseen perustuvissa kuulokkeissa ympäristön ääni on kuultavissa. Ne vuotavat myös kuunneltavaa ääntä kuulokkeiden ulkopuolelle, mutta tarjoavat suljettua kuulokemallia luonnollisemman kuuntelukokemuksen.

Avoin kuulokerakenne mahdollistaa myös korvakuppien ilman vaihtumisen, mikä vähentää ihon hikoilua lisäten käyttömukavuutta. (Ferjan 2023a.)

3.8.2 Korvanpäälliskuulokkeet

Kuppikuulokkeisiin nähden rakenteeltaan pienempien korvanpäälliskuulokkeiden (*on-ear headphones* tai *supra-aural headphones*) korvakupit asettuvat korvalehden päälle. Korvat kokonaan peittäviin kuppikuulokkeihin nähden pysyvät korvanpäälliskuulokkeet kevyemmän kokonsa ja sangan suuremman puristusvoiman ansiosta päässä vakaammin, helpottaen käyttöä myös liikuttaessa. Korvakuppien asettuessa korvalehden päälle, voi pidempi yhtäjaksoinen käyttöaika ärsyttää ihoa. Kuulokkeiden äänenlaatu ei ole korvat kokonaan peittäviin kuppikuulokkeisiin nähden yhtä avoin kaiutinelementtien sijaitessa lähempänä korvaa. Korvalehtien muodon vaihdellessa käyttäjäkohtaisesti, eivät korvanpäälliskuulokkeet eristä ympäröivää ääntä kuten suljetut kuppikuulokkeet, vuotaen ääntä myös ympäristöön. (Ferjan 2023a.)

3.8.3 Elektrostaattiset kuulokkeet

Rakenteeltaan avoimet korvat kokonaan peittävät elektrostaattiset kuulokkeet tarvitsevat toimiakseen suurehkon tasajännitteen, mikä syötetään kuulokkeille erilliseltä valmistajakohtaiselta kuulokevahvistimelta. Kuulokkeiden toimintaperiaate mahdollistaa korkealaatuisen, neutraalin, tasapainoisen, ilmavan äänentoiston. Elektrostaattiset kuulokkeet ovat muihin kuulotyyppeihin nähden huomattavasti kalliimmat. (HeadAmp 2023.)

3.8.4 Kuulokemikrofonit

Kuulokemikrofonit ovat nimensä mukaan kuulokkeiden ja korvakuppiin kiinteästi asennetun puomilla varustetun mikrofonin yhdistelmälaitteita. Kuulokemikrofoneja on saatavilla usein miten suljettuna mallina joko korvanpäällis- tai kuppikuuloketyyppisenä sekä myös yhden korvakupin versiona. Kuulokemikrofonit ovat suunniteltu pitkäaikaiseen yhtäjaksoiseen käyttöön, mutta niiden äänenlaatu ei ole perinteisten kuulokkeiden tasoinen laitteen

pääasiallisten käyttökohteen ollessa erilaiset kommunikointia vaativat tilanteet. (Ferjan 2023a.)

3.8.5 Vastamelu- ja ympäristöäänikuulokkeet

Taustääniä poistavia vastamelukuulokkeita on tarjolla sekä aktiivista, että passiivista tyyppiä. Passiivisen taustamelunpoiston perustuessa pelkästään kuulokkeiden rakenteeseen, estää aktiivisella taustamelunpoisto-ominaisuudella (*Active Noise Cancellation = ANC*) varustetut kuulokkeet ympäröivän hälyäänen välittymisen kuulijalle tallentamalla taustamelun pienillä kuulokkeisiin integroiduilla mikrofoneilla, mihin liitetty elektroniikka syöttää tallennetun äänimateriaalin kuulokkeisiin vastakkaisvaiheisena vaimentaen ympäristön ääniä. Tehokkaasti taustamelua poistavat ANC-toiminnolla varustetut vastamelukuulokkeet helpottavat keskittymistä sekä mahdollistavat äänimateriaalin kuuntelun perinteisiä kuulokkeita hiljaisemmalla voimakkuudella. Vastamelukuulokkeiden vastakohtana voidaan pitää ympäristöäänikuulokkeita (*Ambient Sound Headphones*), joiden mikrofonit vahvistavat taustääniä mahdollistaen mm. keskustelun kuulokkeisiin syötetyn äänimateriaalin kuuntelemisen aikana. Kuten vastamelukuulokkeiden ANC-toiminto, on ympäristöäänikuulokkeiden läpikuuluvuustila (*Ambient Sound Mode* tai *HearThrough Mode*) käyttäjän ohjattavissa. (Ferjan 2023a.)

3.8.6 Korvanappikuulokkeet

Pienekokoiset, kevyet ja helposti mukana kuljetettavat korvanappikuulokkeet asetetaan joko korvakäytävän eteen tai sisään, jolloin ne vaimentavat rakenteensa mukaan joko osittain tai kokonaan pois ympäröivän äänen. Kuluttajatasoiset universaaleiden eri kokoisten sovitekappaleiden avulla korvakäytävän sisään asetettavat kuulokkeet toistavat paremmin matalia taajuuksia, mutta saattavat tuntua epämukavammilta korvakäytävän edessä pidettäviin kuulokkeihin verrattuna. Ammattikäyttöön valmistetuissa tasokkaan äänenlaadun tarjoavissa in-ear korvanappikuulokkeissa (*In-Ear Monitoring* =

IEM) on silikoninen sovite eri kokoisia korvakäytäviä varten. Sovite eristää tehokkaasti ympäröivää taustaaäntä mahdollistaen samalla tarkemman äänentoiston saavuttamisen. (Hu 2019.)

3.8.7 Luujohdekuulokkeet

Kevyistä ja ergonomisista sekä yleensä korkean IP-luokituksen omaavista langattomista luujohdekuulokkeista ääni välittyy poskiluun kautta suoraan sisäkorvaan kulkematta ulko- ja välikorvan kautta. Korvien jäädessä kokonaan avoimiksi, ei kuulokkeiden käytöstä aiheudu korvien hikoilua, tosin kuulokkeiden värinä voi ärsyttää ihoa. Myös tietoisuus ympäröivistä äänistä säilyy luujohdekuulokkeita käytettäessä ennallaan. Äänenlaatu ei kuitenkaan yllä perinteisellä tekniikalla toteutettujen kuulokkeiden tasolle, jättäen toivomisenvaraa mm. äänen selkeydelle sekä matalien taajuuksien toistolle. Luujohdekuulokkeet voivat parantaa ulko- ja välikorvan vaurioista kärsivien ihmisten kuuntelukokemusta. (Ferjan 2023b.)

3.8.8 Langattomat kuulokkeet

Perinteiset langattomat kuulokkeet ovat erimuotoisia ja -kokoisia korvaan asetettavia tai sangassa käytettäviä laitteita, jotka mahdollistavat vaivattomasti musiikin kuuntelun käyttäen usein miten langatonta Bluetooth-tekniikkaa äänilähteen ja kuulokkeiden välillä. Täysin langattomissa TWS-kuulokkeissa (*True Wireless Stereo*) tieto siirtyy langattomasti myös kaiuttimelementtien välillä, lisäten käyttömukavuutta sekä poistaen mahdollisesta kaapelin vaurioitumisesta aiheutuvat laiterikot. (Panasonic 2023.)

Valmistajakohtaisesti langattomat kuulokkeet ovat varustettu erilaisilla ominaisuuksilla, kuten sisäisillä mikrofoneilla, säädettävällä aktiivisella vastamelu- ja läpikuuluvuustila-toiminoilla sekä myös Voice Pick Up -antureilla (lyh. VPU), mitkä aktivoituessaan automaattisesti mm. tuulisella säällä hyödyntävät luujohdeteknologiaa puheen välittämiseen. Mallikohtaisesti käytössä on myös taajuuskorjain äänentoiston hienosäätöön sekä sisäänrakennettu ääniavustin, mikä mahdollistaa kuulokkeiden eri toimintojen

ohjaamisen kännykälle asennettavan applikaation lisäksi puheäänellä. Akkujen lataus tapahtuu kätevästi langattomasti latauskoteloon integroidun varavirtalähteen avulla. Laitekohtaisesti TWS-kuulokkeita voi käyttää myös monotilassa. Tällöin toistettava äänimateriaali summataan pelkästään toiseen kuulokkeeseen mahdollistaen avoimeksi jäävällä korvalla ympäristöäänien kuuntelemisen. (Verkkokauppa 2023.)

Mallikohtaisesti eri valmistajien langattomat kuulokkeet ovat varustettu ohjelmoitavilla hipaisukytkeillä, mitkä mahdollistavat mm. musiikin toiston aloittamisen ja pysäyttämisen sekä puheluihin vastaamisen ja päättämisen ilman kännykän esille ottamista. Valmistajakohtaisesti kuulokkeet voi myös kalibroida vastaamaan henkilökohtaista kuuloprofiilia. (Nuheara 2021.)

Myös perinteisistä langattomista kuulokkeista löytyy merkin ja mallin mukaan samoja sekä myös pienempiin täysin langattomiin kuulokkeisiin nähden parempia ominaisuuksia, kuten kooltaan isompien sangallisten kuulokkeiden pidempi akun kesto sekä tasokkaampi äänenlaatu. Valmistajakohtaisesti kuulokkeet on myös mahdollista yhdistää äänilähteeseen kaapelilla. Langattomien sankakuulokkeiden IP-luokitus yleensä on TWS-kuulokkeita heikompia. (Mesiä 2023.)

3.9 Mikä online-tapahtuma?

Online-tapahtumista käytetään useita eri nimityksiä, mm. etätapahtuma, verkkotapahtuma, webinaari, virtuaalikokous ja verkkokoulutus. Lista ei kuitenkaan lopu tähän tapahtumien ollessa luonteeltaan erilaisia. Online-tapahtumat voivat olla joko yksisuuntaista tai kaksisuuntaista vuorovaikutteista monenvälistä audiovisuaalista viestintää ja ne voidaan toteuttaa joko etä- tai hybriditapahtumina. Etätapahtumassa osallistujat muodostavat yhteyden verkon välityksellä kukin omasta sijainnistaan. Hybriditapahtumassa osa henkilöistä on läsnä samassa tilassa ja osa liittyy etänä olinpaikastaan. Tällöin osallistujamäärän maksimointi on helpompaa. Online-tapahtumat mahdollistavat maantieteelliseltä sijainniltaan hajanaisten yksilöiden ja yhteisöjen välisen viestinnän ja tarjoavat kanavan kohderyhmille, joiden osallistuminen tapahtumiin fyysisesti on hankalaa. Online-tapahtumaan liittyminen on helpompaa

siirtymäaikojen ja muiden logististen järjestelyiden jäädessä pois ennakkovalmisteluista. Tapahtumat myös edistävät uusien kontaktien syntyä ja lisäävät yhteenkuuluvuuden tunnetta. (Salminen 2020.)

Etäkulttuurin muuttuminen on johtanut ajan arvostamisen korostumiseen. Ajankäyttö ja osallistuminen eri tapahtumiin voi taten olla entistä valikoivampaa. Ennalta hyvin suunnitellut verkkokokoukset lisäävät resursseja säästämällä aikaa, pienentämällä kokouskustannuksia, sekä parantamalla tuottavuutta. Ammattimaisilla verkkokokouksen tarpeisiin oikeinsovitetuilla järjestelmillä tapahtuman tuottaminen on teknisesti laadukasta ja kokouksen tavoitteet mahdollista saavuttaa tehokkaasti. Verkkokokoukset mahdollistavat mm. palaverien, verkkoseminaarien, konsultoinnin, projekti- ja myyntikokouksien, markkinoinnin, henkilökohtaisen opastuksen sekä opetus- ja koulutustoiminnan järjestämisen etänä joko henkilökohtaiselta työasemalta tai hybridisti useamman läsnäolijan liittyessä tapahtumaan samasta tilasta. Verkkokokoukseen liittyminen itsenäisesti tapahtuu useasti henkilökohtaisella laitteella, jonka omatoiminen käyttö on luonnollista. Kokoustilat ovat tyypillisesti varusteltu teknisiltä ominaisuuksiltaan monipuolisemmilla välineillä, jolloin laitteiden ominaisuuksiin on hyvä tutustua ennalta. (Ilona IT 2017.)

Verkkokokouksella tarkoitetaan verkon välityksellä tapahtuvaa kaksisuuntaista etäviestintää, missä audiovisuaalista materiaalia lähetetään ja vastaanotetaan vähintään kahden osallistujan välillä. Yhteyttä varten tarvitaan verkkokokouksen äänen ja kuvan teknisen laadun kattava verkkoyhteys. Kokouksen muodostaminen on mahdollista käyttäen ohjelmistoja, jotka valmistajakohtaisesti voidaan asentaa tietokoneiden lisäksi tableteille ja älypuhelimille. Verkkokokouksen voi ohjelmistokohtaisesti järjestää myös selainpohjaisella käyttöliittymällä, jolloin ohjelmistojen lataukselta, asentamiselta ja käyttöjärjestelmien välisiltä yhteensopimattomuusongelmilta vältytään. Useimmissa laitteissa vakiovarustukseen kuuluva mikrofoni ja kamera soveltuvat neuvottelupohjaiseen audiovisuaaliseen etäviestintään. Verkkokokous on mahdollista muodostaa myös käyttötarkoitukseen suunnitelluilla erillisillä laitteistoilla. Useimpien verkkokokousohjelmistojen lisäominaisuuksien avulla on mahdollista jakaa tiedostoja, sekä välittää ennalta taltioitua video- ja äänimateriaalia. Myös muiden sisältöjen, kuten PowerPoint-esityksien, Excel-

tiedostojen ja verkkosivustojen esittäminen on valmistajakohtaisesti eri ohjelmistoilla mahdollista. Useimmissa ohjelmistoissa on käytössä chat-kenttä kirjalliseen viestimiseen. Kokouksen tallentaminen on myös mahdollista myöhempää katselua varten. (Microsoft 2023.)

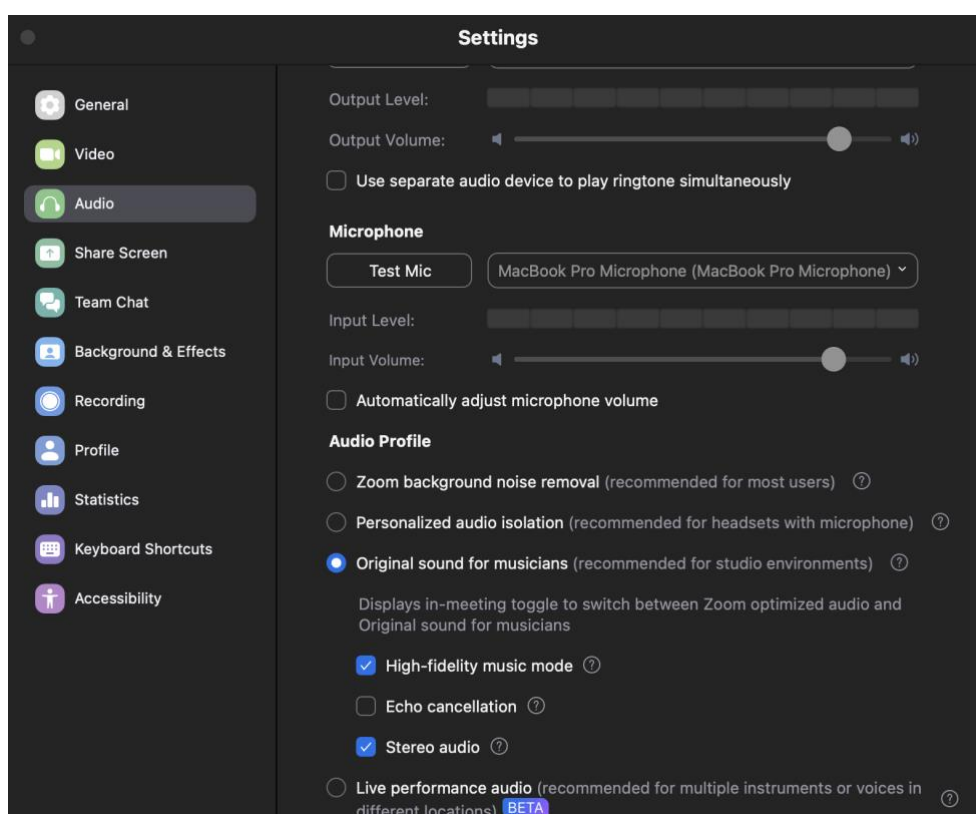
3.10 Zoom- ja Teams-verkkokokousohjelmien ääniominaisuudet

Koska etäohjelman valintaan vaikuttaa oleellisesti etä tapahtuman tarpeet sekä ohjelmien erilaisten ääniominaisuuksien säätömahdollisuudet, on näiden seikkojen huomioiminen tärkeää ääniteknisesti laadukkaan kaksisuuntaisen musiikin etäopetustapahtuman toteuttamisessa. Ominaisuudet vaihtelevat etäohjelmien käyttöalustojen (eri tietolaitteet, sovellus-, selainkäyttö) ja tilausvaihtoehtojen välillä. Ohjelmat kehittyvät uusien päivitysten muodossa usein. Tätä kirjoittaessa Zoom:n versio on 5.16.2 ja Teams:n 1.6.00.27656.

Zoom Video Communications -yrityksen valmistaman Zoom-verkkokokousohjelman äänitekniset oletusasetukset, kuten taustahälyn vaimennus ja kaiunkumoustoiminto on optimoitu puheäänelle. Asetukset eivät sovellu musiikkia sisältäviin etä tapahtumiin, matalien taajuuksien toistuessa tällöin heikosti sekä algoritmien tulkitessa hiljaiset äänet taustahälyksi. Zoom tarjoaa saapuvan ja lähetettävän äänenvoimakkuuden säädön sekä tilannekohtaisesti valittavissa olevan automaattisen mikrofoniin tasosäädön lisäksi kattavasti ääniasetuksia, kuten Original sound for musicians -ääniasetusvalikoiman, mistä asetuksia on mahdollista muuttaa etä tapahtuman tarpeita vastaaviksi (KUVA 33). Valinta High fidelity music mode poistaa äänen jälkikäsitteilyn käytöstä. Lisäksi Zoom ottaa tällöin käyttöön äänikoodekin, mikä mahdollistaa 48 kilohertsisen äänen käytön 192 kpbs lähetysnopeudella. Myös Echo cancellation, eli kaiunkumoustoiminto on käyttäjän ohjattavissa. Stereo audio -valinta nostaa äänenlaadun yksikanavaisesta monoäänestä kaksikanavaiseksi stereofoniseksi audioksi. Ominaisuuksia hyödynnettäessä on käytössä oltava ulkoinen äänikortti, erilliset mikrofonit (vaihtoehtoisesti käyttötarkoitukseen soveltuva USB-mikrofoni) sekä kuulokkeet tai erilliset kaiuttimet. Original sound for musicians -ääniasetuskokonaisuus on etä tapahtuman aikana tarpeen mukaan aktivoitavissa sekä kytkettävissä pois päältä kokousruudun vasemmasta yläkulmasta. Live performance audio -

toiminnon avulla Zoom pyrkii tiputtamaan osallistujien välisen viiveen noin 30–50 millisekunnin välille. Ominaisuuksia käytettäessä on etätapahtuman hyvän äänenlaadun varmistamiseksi verkkoyhteys muodostettava langallisesti. (Zoom Support 2023a.)

Zoom:n näytönjako-ominaisuus (*Share Screen*) mahdollistaa työpöydän tai sen osan, avoimen ikkunan, sovellusten, videon, Zoom:n oman valkotaulun, tietokoneeseen yhdistettyjen ulkoisten kameroiden kuvan lisäksi myös tietokoneäänen jaon etätapahtuman osallistujille. Äänen jaon yhteydessä on jaettavan äänen kanavamäärä valittavissa mono ja stereoäänen välillä. Lisäksi iPhone:n sekä iPad:n kuvan ja äänen jakaminen tapahtuu kätevästi joko langallisesti datakaapelin välityksellä tai langattomasti näytönpeilaustoiminnon (*Screen Mirroring*) avulla. (Zoom Support 2023b.)



KUVA 33. Zoom ääniasetukset (Vartiainen 2023a)

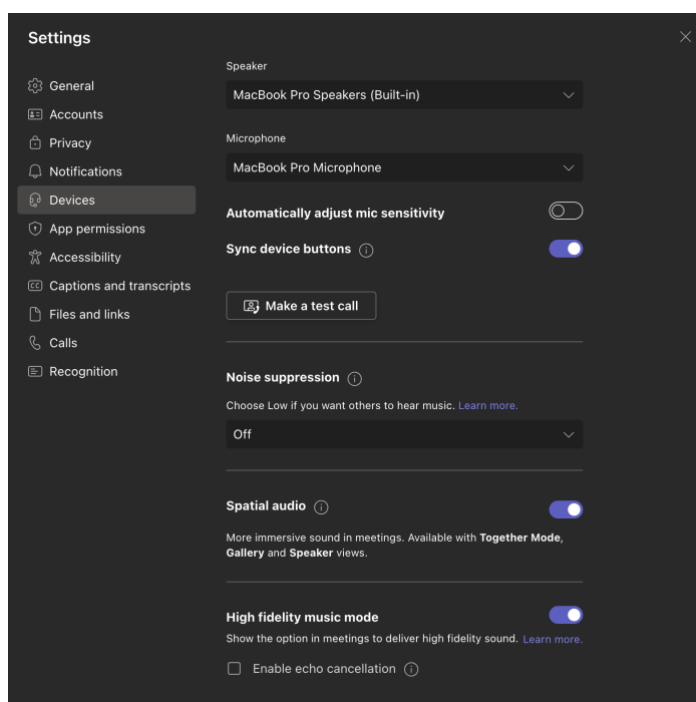
Myös Microsoftin valmistama Teams-verkkokokousohjelma tarjoaa mahdollisuuden säätää ääniasetuksia (KUVA 34) käyttämällä High fidelity music -tilaa, jolloin ohjelma ottaa etätapahtuman äänenlaaduksi käyttöön 32 kilohertsisen näytteenottotaajuuden sekä 128 kbps lähetysnopeuden. Asetus on aktivoitavissa sekä kytkettävissä pois päältä etätapahtuman aikana. Mikäli

verkkoyhteys ruuhkautuu tiputtaen kaistanleveyden alhaiseksi, madaltaa Teams automaattisesti äänen bittivirran 48 kbps. Teams-etäohjelmassa on mahdollista kytkeä automaattinen mikrofonin voimakkuuden säätö, taustahälyn vaimennus sekä kaiunkumoustoiminto pois päältä. Zoom-etäohjelmiston tapaan tulee tällöin käyttää ulkoisia ääniteknisiä laitteita kuten kuulokkeita tai kaiuttimia ja erillisiä mikrofoneja äänenlaadun varmistamiseksi. (Microsoft Support 2023a.)

Teams-etäohjelman Share Content -ominaisuus mahdollistaa erilaisten tietolaitteen sisältöjen sekä Teams valkotaulun jakamisen lisäksi myös tietolaitteen äänen jaon. Tällöin on otettava huomioon, että kaikki tietolaitteen äänet mukaan lukien sähköpostin saapumisesta kertovat ilmoitukset välittyvät suoratoistoon. (Microsoft Support 2023b.)

Spatial audio -asetuksen ollessa aktiivinen, paikallistuu etätapahtumassa mukana olevien puhe äänikuvassa kokousruudun suhteellisten sijaintien mukaisesti.

(Microsoft Support 2023c.)



KUVA 34. Microsoft Teams ääniasetukset (Vartiainen 2023)

3.11 LoLa – Low Latency AV Streaming System

LoLa on lyhenne englanninkielisistä sanoista Low Latency. LoLa-vuorovaikutusjärjestelmä syntyi italialaisen, Triestessä sijaitseva Conservatorio di Musica "Giuseppe Tartini":n ja Italian akateemisen tutkimusverkoston, GARR:n yhteistyön tuloksena. Motivaatio Lola-järjestelmän kehittämiseen tuli suoraan muusikoiden maantieteellisesti hajautuneesta toiminnasta aiheutuneen matkustamisen seurauksena syntyneen ajankäytön vähentämisen tarpeesta konserttien harjoituksien, äänityssessioiden, mestarikurssien sekä muun opetustoiminnan järjestämisessä. LoLa-järjestelmä mahdollistaa korkealaatuisen ja matalaviiveisen, eli lähes reaaliaikaisen audiovisuaalisen verkkovälitteisen yhteysoiton, musiikkiesitykset sekä muun laadukasta pakkaamatonta kuvan- ja äänenlaatua vaativan etäviestinnän. LoLa-järjestelmän ensimmäinen demonstraatio järjestettiin vuonna 2010 Triesten konservatorio Tartinin ja IRCAM:n (Pariisi, Ranska) välillä järjestetyssä pianoduokonsertissa. Nykyisin LoLa on käytössä ympäri maailman useissa kansallisissa ja kansainvälisissä tietoverkkoihin kytkeytyneissä oppilaitoksissa. (LoLa n.d.a.)

Kaikissa suomalaisissa musiikin koulutusta tarjoavissa ammattikorkeakoulusta käytössä oleva LoLa-tietokoneohjelmisto on ilmainen ei-kaupallisessa oppilaitoskäytössä, mutta vaatii toimiakseen Windows-pohjaisen (suositus Windows 10, 64-bit) käyttöjärjestelmän ja tarkkaan määritellyn laitteiskokoonpanon, mikä varmistaa osien ja laitteiden yhteensopivuuden lisäksi mahdollisimman matalan latenssin tuottamisen. LoLa 2.0 -etäohjelmisto tukee kahden samanaikaisen verkkokortin käyttöä. Pakkaamatonta kuvaa ja ääntä varten tarvitaan vähintään 1 Gbps symmetrinen verkkoyhteys, jonka yhtenä edellytyksenä on tietokoneesta runkoverkkoon asti rakennettu vähintään Cat 6 -tasoinen tai optinen kaapelointi. LoLa 2.0 -versiolla on mahdollista muodostaa kolmenväliset yhteydet. Järjestelmä toimii ainoastaan Ximean USB3 vision -yhteensopivien kameroiden kanssa. Kameroita on mahdollista kytkeä samanaikaisesti yhteen LoLa-laitteistoon neljä kappaletta. (Sallinen 2021.)

LoLa-järjestelmän yhteydessä suositellaan käyttämään mahdollisemman pienen vasteajan omaavia pelinäyttöjä (vähemmän kuin 1 millisekunti). Äänikortiksi suositellaan niin ikään nopeilla ja laadukkailla ASIO-ajureilla toimivia RME-

valmistajan laitteita. LoLa versio 2.0:lla on mahdollista lähettää ja vastaanottaa samanaikaisesti 10 äänikanavaa joko 44.1 kHz tai 48 kHz näytteenottotaajuudella. Tietokone tulee priorisoida ja optimoida ainoastaan LoLa-käyttöön pitämällä Windows-asennus mahdollisimman puhtaana, poistamalla automaattiset päivitykset, palomuuuri ja energiansäästötoiminnot pois käytöstä sekä poistamalla virustutkaohjelmat ja muut automaattisesti internetyhteyden muodostavat sekä tietokoneen resursseja taustalla käyttävät ohjelmistot kuten erilaiset sääpalvelut, muut pikaviesti- ja suoratoisto-ohjelmistot. Työpöydän taustakuvan vaihtaminen mustaksi sekä tehtäväpalkin piilottaminen rauhoittaa näyttöjen käytön LoLa:n lähtevän ja saapuvan videokuvan toistolle. Myös verkkoyhteyden UDP-portit 7000, 19788 ja 19798 tulee priorisoida LoLa-käyttöön. LoLa:n versio 2.0 ei ole yhteensopiva aiempien versioidensa kanssa. (LoLa n.d.b.)

4 KYSELYTUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Kyselytutkimus kytkeytyy TPACK-malliin ja opinnäytetyön äänitekniisiin osuuksiin, mitkä on koottu erilaisten tietolähteiden pohjalta sekä tutkijan alan tuntemuksen perusteella tärkeiksi nousseista seikoista (kts. luku 3). Ääniteknisissä osuuksissa on kuvattu mahdollisimman kattavasti erilaisiin musiikin etäopetustapahtumiin soveltuvia äänitekniisiä laitteita ja selvitetty niiden toimintaperiaatteita sekä vaikutussuhteita kokonaisuuteen. Kyselytutkimus on luotu edellä mainittujen seikkojen sekä tutkijan omakohtaisten kokemusten pohjalta.

Kyselytutkimuksen etuna nähdään laaja tutkimusaineiston kerääminen nopeasti lähettämällä kysely samanaikaisesti usealle vastaanottajalle. Myös kyselyn tuloksien analysointi on mahdollista tehdä tehokkaasti tietokoneen avulla. Tutkimuksen aikataulun sekä kulurakenteen ollessa arvioitavissa melko tarkasti, vaatii hyvän kyselylomakkeen laatiminen kuitenkin aikaa ja taitoa. Kyselytutkimuksen heikkouksina pidetään mahdollisuutta varmistua, miten pinnallisesti tai vakavasti vastaajat ovat suhtautuneet tutkimukseen, ovatko annetut vastausvaihtoehdot onnistuneita vastaajien näkökulmasta sekä kuinka hyvin vastaajat ovat perehtyneet tutkimuskohteeseen. Kyselytutkimuksen vastausprosenttiin vaikuttaa usein se, kuinka tärkeäksi vastaajat kokevat tutkimuksen aiheen. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2014, 195–196.)

Kyselytutkimus tehtiin vuonna 2023 syyskuussa noin kolme vuotta koronaviruksen maailmanlaajuiseksi pandemiaksi julistamisen jälkeen. Aineistonkeruumenetelmänä käytettiin Google Forms -ohjelmistolla laadittua sähköpostitse TAMK Musiikin henkilöstölle toimitettua kyselyä, mihin vastaaminen oli mahdollista joko tietokoneella tai mobiililaitteella kahden viikon ajan (15.–30.9.2023). Kyselyssä oli sekä monivalintakysymyksiä, että avoimia kysymyksiä. Kysely laadittiin kohderyhmän anonymiteettiä kunnioittaen siten, ettei vastausten perusteella voitu yksilöidä henkilöitä. Tällä pyrittiin myös madaltamaan vastauskynnystä. Kerättyä aineistoa säilytettiin salasanalla suojatussa palvelussa, mihin käyttöoikeus oli ainoastaan kyselyn laatijalla. Kyselytutkimusta varten kyselyyn haettiin lupa Tampereen ammattikorkeakoululta. Tutkimuslupahakemus sisälsi lyhyen kuvauksen

tutkimuksesta tavoitteineen ja tutkimusongelmineen sekä tutkimussuunnitelman ja tietosuojailmoituksen. Tutkimuksen luotettavuutta edisti kyselyyn osallistumisen vapaaehtoisuus. Kyselyyn osallistujia informoitiin tutkittavan tiedotteella, jonka yhteydessä vastaajilta pyydettiin myös suostumus tutkimukseen osallistumisesta. Tutkimustulokset raportoitiin avoimesti. Aineisto hävitetään opinnäytetyön arvioinnin ja julkaisun jälkeen. Tutkimusta tehdessäni olen noudattanut tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK) suosituksen mukaista hyvää tieteellistä käytäntöä (HTK).

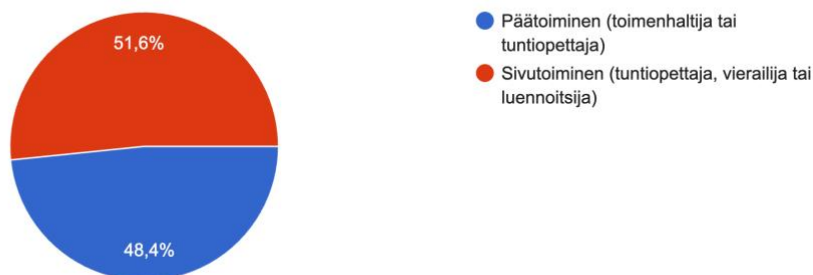
Verkkokyselylomakkeiden kysymysten väärinymmärtämisen mahdollisuus on aina läsnä. Kyselylomakkeen tutkimuskysymykset laadittiin yleiskielisiksi, jotta niiden ymmärtäminen olisi mahdollisimman yksiselitteistä ja niihin vastaaminen yksinkertaista.

4.1 Kyselytutkimuksen tulokset

Kyselytutkimus lähetettiin 64 TAMK Musiikin työntekijälle. Kyselyyn vastanneita oli 32. Kokonaisvastausprosentiksi muodostui näin ollen 50 %. Koska kyselyn jokaiseen kysymykseen vastaaminen oli vapaaehtoista, vaihtelee vastauksien määrä kysymyskohtaisesti. Kyselyssä myös ohjeistettiin siirtymään eteenpäin kyselyn tiettyyn kohtaan, mikäli vastaaja vastasi kysymykseen seuraavat tarkentavat kysymykset poissulkevasti. Kysymyskohtaisesti valittavissa oli myös useampi vaihtoehto, sekä mahdollisuus avoimeen vastaukseen.

Ensimmäiseen kysymykseen vastasi 31 henkilöä, joista noin puolet (15) olivat päätoimisia ja noin puolet (16) sivutoimisia.

1. Oletko TAMK Musiikin tutkinto-ohjelmassa
31 vastausta

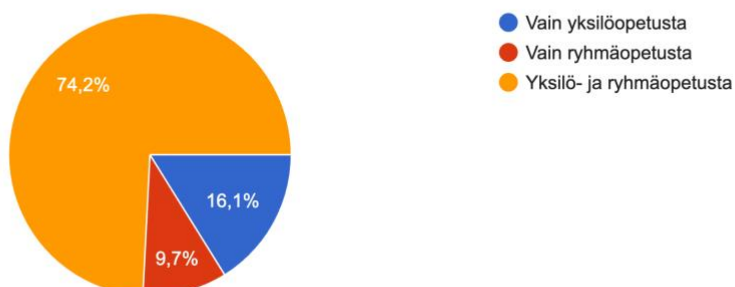


KUVIO 3. Pää- ja sivutoimisen henkilökunnan jakauma

Vastanneista suurin osa (23) opetti niin yksilö- kuin ryhmäopetusta. Ainoastaan yksilöopetusta (5) tai pelkästään ryhmäopetusta (3) opetti yhteensä noin neljäsosa.

2. Opetatko

31 vastausta

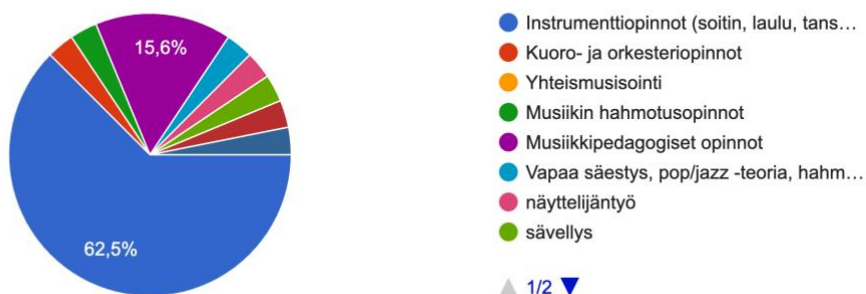


KUVIO 4. Opetusmuodon jakauma

Vastanneista 20 (62,5 %) opetti instrumenttiopintoja ja viisi (15,6 %) musiikkipedagogisia opintoja. Kuoro- ja orkesteriopintoja sekä musiikin hahmotusopintoja kumpaakin opetti yksi (3,1 %). Samoin myös sävellystä ja näyttelijäntyötä opetti kumpaakin yksi (3,1 %). Vastanneista yksi (3,1 %) opetti satunnaisesti teoriakursseja, kuten tapahtumatuotantoa. Opinnäytetöiden ohjauksen lisäksi vastanneista yksi (3,1 %) opetti vapaata säestystä, pop/jazz -teoriaa ja musiikin hahmotusaineita. Vastanneista yksi (3,1 %) opetti pääasiassa instrumenttia, mutta lisäksi myös luennoi pedagogisista aihealueista sekä seurasi opetusharjoitteluita noin 80 prosenttisesti etänä.

3. Mitä seuraavista pääasiassa opetat?

32 vastausta

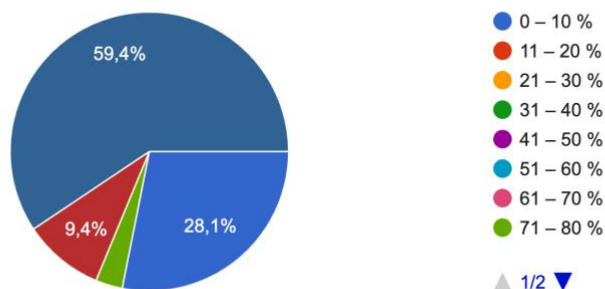


KUVIO 5. Opetusainejakauma

Vastanneista 19:sta (59,4 %) opetus keskittyi klassiseen musiikkiin 91–100 % ja yhdeksällä (28,1 %) 0–10 %. Kolmella (9,4 %) opetus klassiseen musiikkiin painottui 81–90 prosenttisesti ja yhdellä (3,1 %) 71–80 prosenttisesti.

4. Kuinka suuri prosentuaalinen osa opetuksestasi keskittyy klassiseen musiikkiin?

32 vastausta

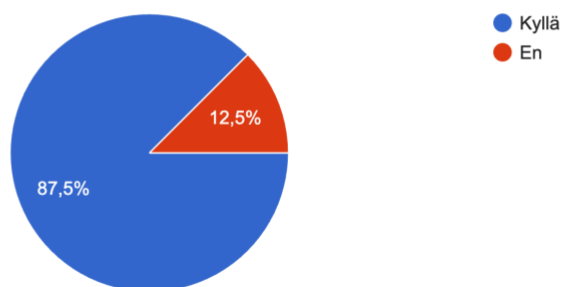


KUVIO 6. Opetuksen prosentuaalinen keskittyminen klassiseen musiikkiin

Vastanneista 28 oli toteuttanut opetustyötään TAMK Musiikissa etäyhteydellä, neljä ei.

5. Oletko toteuttanut opetustyötäsi TAMK Musiikissa etäyhteydellä?

32 vastausta



KUVIO 7. TAMK Musiikissa etäopetusta toteuttaneiden määrä

Viidettä kysymystä seuranneessa jatkokysymyksessä vastanneilla oli mahdollista perustella vastaustaan, mikäli eivät olleet toteuttaneet opetustyötään etäyhteydellä. Avoimia vastauksia neljästä etäopetusta toteuttamattomasta antoi kolme.

Mikäli vastasit edelliseen kysymykseen ”Kyllä”, siirry seuraavaan kysymykseen. Mikäli vastasit edelliseen kysymykseen ”En”, kysely päättyy osaltasi tähän. Voit halutessasi perustella vastaustasi.

3 vastausta

Olen säästäjä, ja säästyksestä linjattiin pandemian aikana, että se pidetään lähiopetuksena huonoinakin aikoina. Siksi en tehnyt mitään etäopetusta.

Korona-aikana

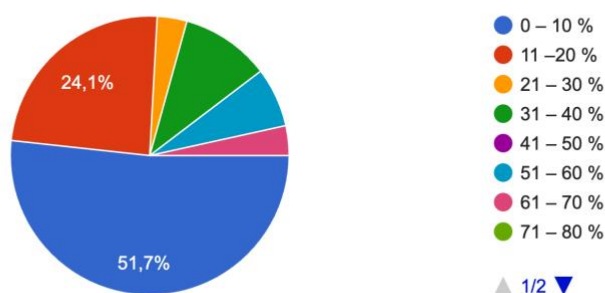
Etäopetus ei sovellu näyttelijäntyön ryhmäopetukseen

KUVIO 8. TAMK Musiikissa etäopetusta toteuttamattomien avoimet vastaukset

15, eli noin puolet (51,7 %) 29:stä vastanneesta arvioi etäopetuksensa osuudeksi 0–10 %, seitsemän (24,1 %) 11–20 %, kolme (10,3 %) 31–40 %, kaksi (6,9 %) 51–60 %, yksi (3,4 %) 61–70 % ja yksi (3,4 %) 21–30 %.

6. Arvioi etäopetuksesi prosentuaalista osuutta pandemian jälkeiseltä ajanjaksolta.

29 vastausta

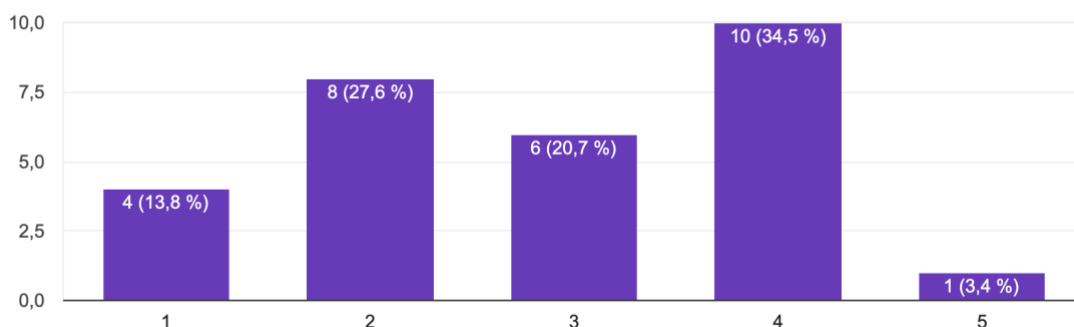


KUVIO 9. Etäopetuksen osuus koronapandemian jälkeisellä ajanjaksolla

Kysymyksessä seitsemän selvitettiin etäopetuksen soveltuvuutta opetustyössä Likertin asteikolla 1 hyvin huonosti – 5 erinomaisesti. Suurin osa arvioi etäopetuksen soveltuvan itselleen lähes erinomaisesti. Kahdeksalle etäopetus soveltui keskimääräistä huonommin. Kuusi vastanneista koki etäopetuksen soveltuvan keskivertaisesti, neljän arvioidessa etäopetuksen soveltuvan omaan opetustyöhön hyvin huonosti. Yhdelle etäopetus soveltui erinomaisesti.

7. Etäopetus soveltuu minulle

29 vastausta

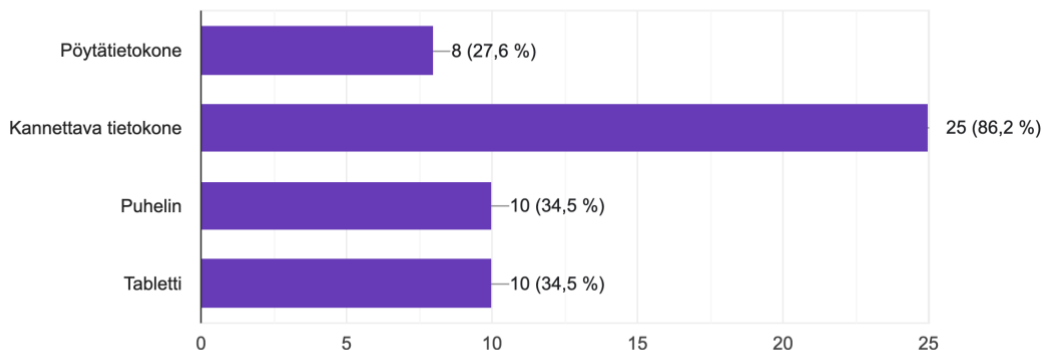


KUVIO 10. Etäopetuksen soveltuvuus

Etäopetuksessa käytettiin useinten kannettavaa tietokonetta. Vastausvaihtoehdot puhelin, tabletti sekä pöytäkone saivat huomattavasti vähemmän mainintoja.

8. Mitä seuraavista laitteista käytät etäopetuksessasi? (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

29 vastausta

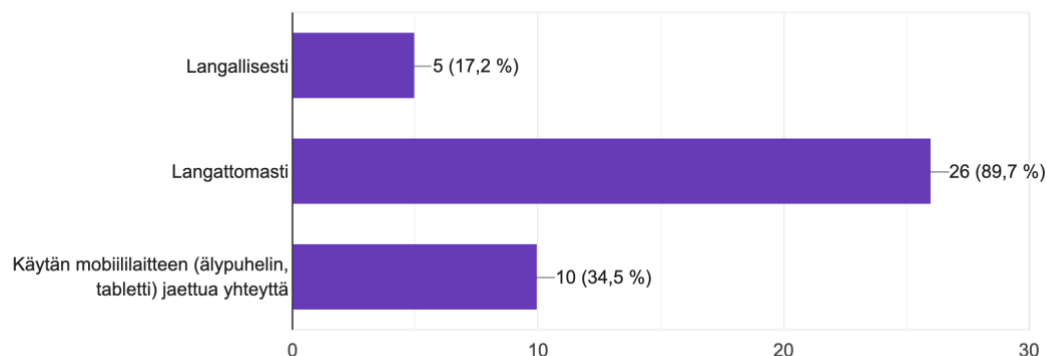


KUVIO 11. Etäopetuksessa käytössä olevat päätelaitteet

Etäopetuksen verkkoyhteys muodostettiin yleisimmin langattomasti. Huomionarvoista on, että verkkoyhteys muodostettiin useammin käyttäen mobiililaitteen jaettua yhteyttä, kuin langallisesti, mikä sai vain 5 mainintaa.

9. Miten muodostat verkkoyhteyden? (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

29 vastausta



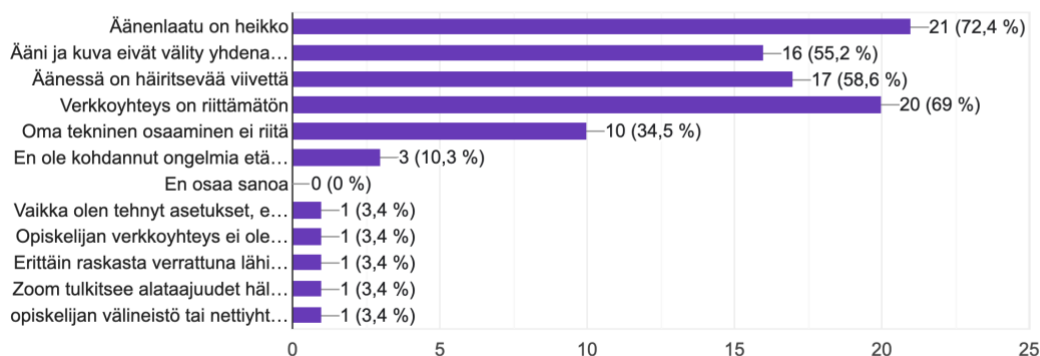
KUVIO 12. Verkkoyhteyden muodostamistapa

Suurimpina etäopetuksen ääniteknisinä ongelmakohtina koettiin äänenlaadun heikkouden lisäksi riittämätön verkkoyhteys, äänen häiritsevä viive sekä äänen ja kuvan eriaikaisuus. Oman teknisen osaamisen riittämättömäksi koki 10 vastaajaa. Ainoastaan kolme vastaajaa ei ollut kohdannut ongelmia etäopetuksen yhteydessä. Avoimia vastauksia kertyi viisi kappaletta:

1. "Vaikka olen tehnyt asetukset, että ääntä ei suodateta, poistaa sovellus voimakkaat äänet"
2. "Opiskelijan verkkoyhteys ei ole riittävä!"
3. "Erittäin raskasta verrattuna lähiopetukseen ja kuormittavaa henkisesti."
4. "Zoom tulkitsee alataajuudet hälyksi ja filteröi ne pois. Basson opetus melko hankalaa muutenkin, jos oppilas on puhelimella yhteydessä."
5. "opiskelijan välineistö tai nettiyhteys ei ole riittävä"

10. Mitä seuraavista ongelmista olet kohdannut etäopetuksessasi? (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

29 vastausta

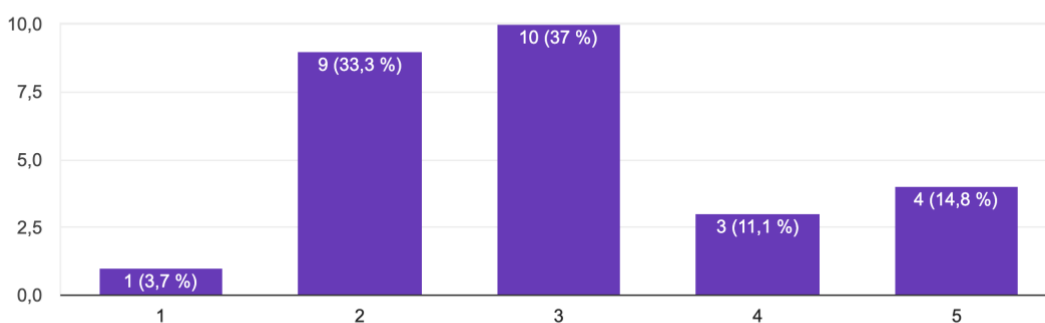


KUVIO 13. Etäopetuksessa ilmenneet ongelmat

Suurin osa vastanneista koki äänitekniisiä häiriöitä omassa etäyhteydessä esiintyneen joko keskimääräisesti tai keskimääräistä vähemmän. Keskimääräistä enemmän häiriötekijöitä oli ilmaantunut kolmelle, neljä vastannutta koki häiriöitä esiintyneen runsaasti. Vastanneista yksi ei ollut kokenut ollenkaan häiriöitä omassa etäyhteydessä.

Häiriöitä omassa etäyhteydessä

27 vastausta

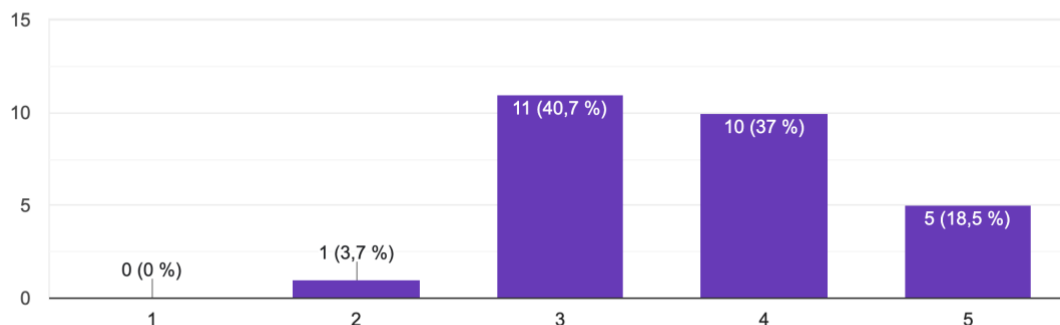


KUVIO 14. Äänitekniisten häiriöiden määrä omassa etäyhteydessä asteikolla 1 ei ollenkaan – 5 paljon

Yhtä vastannutta lukuun ottamatta mainittiin häiriöitä vastaanottajan etäyhteydessä ilmenneen joko keskimääräisesti tai useammin. Huomionarvoista on, ettei yksikään kysymykseen vastannut kokenut häiriöitä esiintyneen lainkaan.

Häiriöitä vastaanottajan etäyhteydessä

27 vastausta

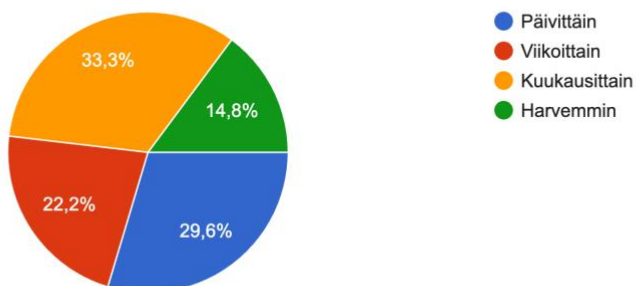


KUVIO 15. Ääniteknisten häiriöiden määrä vastaanottajan etäyhteydessä asteikolla 1 ei ollenkaan – 5 paljon

Ääneen liittyviä ongelmia etäopetuksen yhteydessä oli esiintynyt kuukausittain yhdeksällä, päivittäin kahdeksalla ja viikoittain kuudella. Harvemmin ääniongelmia etäopetuksessa oli esiintynyt neljällä.

12. Kuinka usein etäopetuksessa on ilmennyt ääneen liittyviä ongelmia?

27 vastausta



KUVIO 16. Ääneen liittyvien ongelmien esiintyvyys

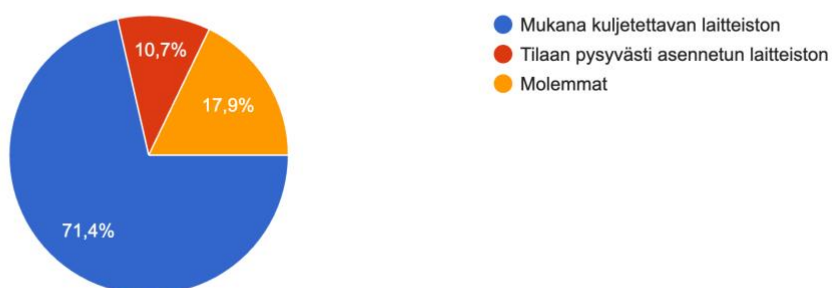
Kysymyksessä 13 vastaajia pyydettiin tarkentamaan häiriöiden esiintymisajankohtaa avoimella vastauksella. Kysymykseen vastasi 17 henkilöä.

1. "Arkisin, iltapäivisin"
2. "En osaa sanoa. Ne liittyvät varmaan omaan nettiin"
3. "Ei voi yleistää. Sen verran ajankohdat toisistaan poikkeaa"
4. "Riippuu enemmän onko opiskelijalla mahdollisuutta laittaa zoomissa asetuksista äänet niin että kaikki kuuluu! Ei niinkään ajankohdasta. k"
5. "En osaa sanoa varmaksi, kenties iltapäivä-ilta"
6. "ei merkitystä"
7. "Ei erityistä ajankohtaa."
8. "-"
9. "10.00-20.00"
10. "Päivällä, vaihtelevina päivinä ja kellonaikoina"
11. "päiväsaikaan"
12. "arkipäivä, aamupäivä"
13. "Eri päivinä ja aikoina."
14. "Etäopetuksen määrä pandemian jälkeen niin pieni, että en pysty tarkentamaan"
15. "vaihdellen, yleensä ns virka-aikaan"
16. "Keskipäivä"
17. "vaihtelee"

Vastanneista 20 kertoi tarvitsevansa mukana kuljetettavan laitteiston, kolme tilaan pysyvästi asennetun laitteiston ja viisi molemmat laitteistot.

14. Tarvitsetko etäopetustasi varten

28 vastausta

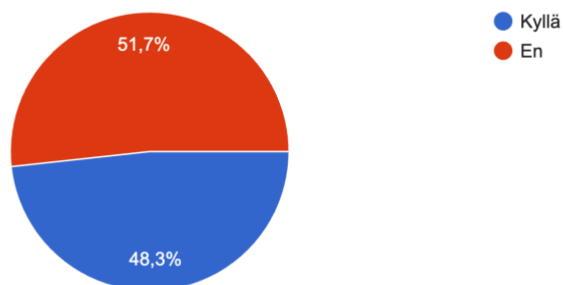


KUVIO 17. Etäopetukseen tarvittava laitteisto

Koulutusta etäopetuslaitteiston käytössä ilmoitti tarvitsevansa 14. Vastanneista 15 ei kokenut tarvetta koulutukselle.

15. Koetko tarvetta koulutukselle etäopetuslaitteiston käytössä?

29 vastausta

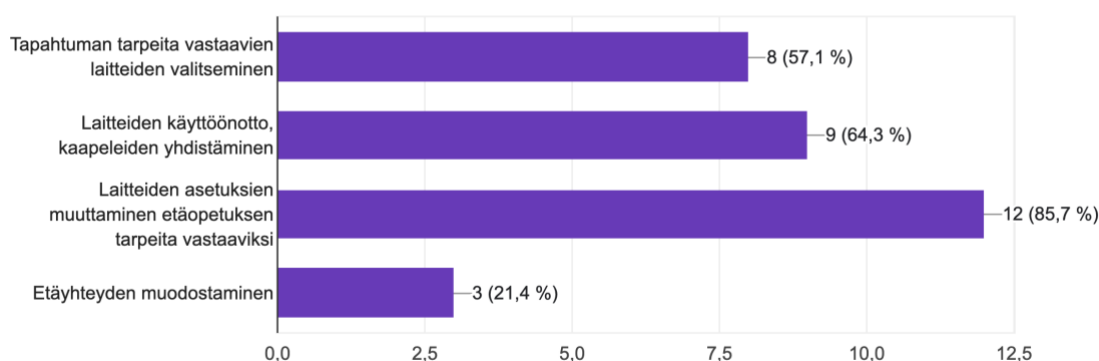


KUVIO 18. Koulutustarve etäopetuslaitteiston käytössä

Kohdan 15 jatkokysymykseen vastasivat ainoastaan koulutusta etäopetuslaitteiston käytön yhteydessä tarvitsevat. Suurin osa mainitsi laitteiden asetuksien muuttamisen etäopetuksen tarpeita vastaavaksi, laitteiden käyttöönoton ja kaapeleiden yhdistämisen sekä tapahtuman tarpeita vastaavien laitteiden valitsemisen tärkeimmiksi koulutustapahtumien aihekokonaisuuksiksi. Etäyhteyden muodostaminen sai vähiten mainintoja.

Jos vastasit edelliseen kysymykseen "En", siirry kysymykseen 17. Jos vastasit edelliseen kysymykseen "Kyllä", valitse seuraavista vaihtoehtoisia kohdat: (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

14 vastausta



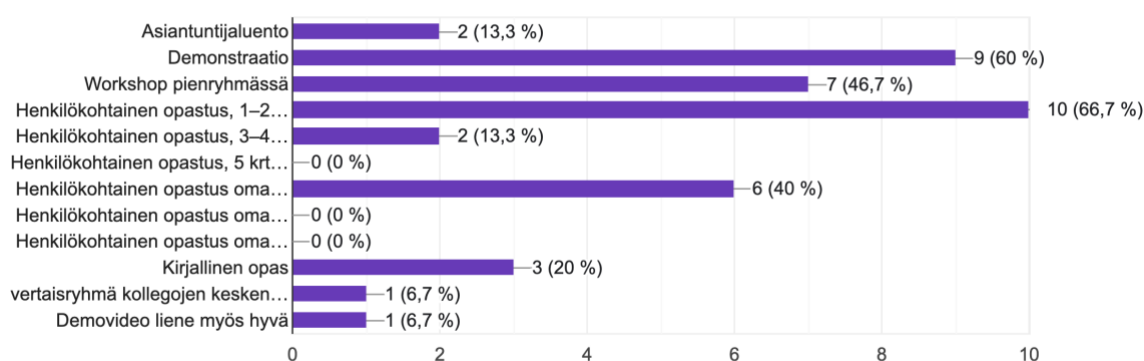
KUVIO 19. Koulutuksen sisällöt

Koulutusmuotoa tiedusteltaessa sai henkilökohtainen opastus 1–2 kertaa 10 mainintaa (66,7 %), demonstraatio 9 mainintaa (60 %), workshop pienryhmässä 7 mainintaa (46,7 %), henkilökohtainen opastus omassa opetustilanteessa 1–2 kertaa 6 mainintaa (40 %) ja kirjallinen opas 3 mainintaa (20 %). Asiantuntijaluento sekä henkilökohtainen opastus 3–4 kertaa saivat kumpikin 2 mainintaa (13,3 %). Vaihtoehdot henkilökohtainen opastus 5 kertaa tai enemmän, henkilökohtainen opastus omassa opetustilanteessa 3–4 kertaa sekä henkilökohtainen opastus omassa opetustilanteessa 5 kertaa tai enemmän eivät saaneet mainintoja. Avoimia vastauksia kertyi kaksi.

1. ”vertaisryhmä kollegojen kesken, sopivin väliajoin”
2. ”Demovideo liene myös hyvä”

16. Minkälaiseen koulutukseen osallistuisit? (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

15 vastausta



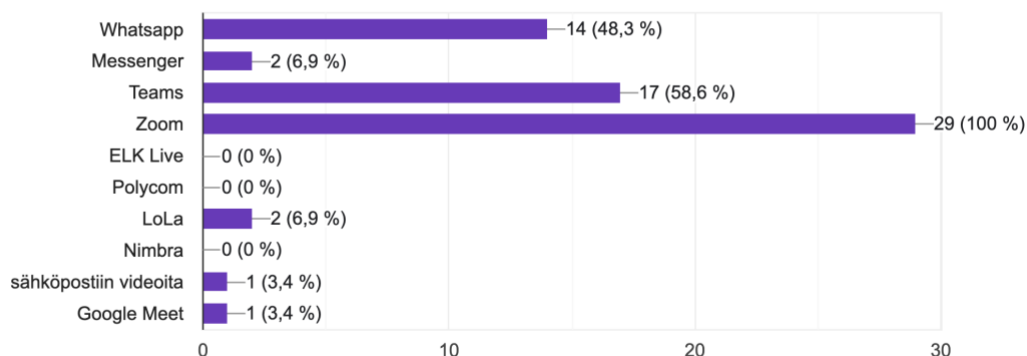
KUVIO 20. Koulutusmuoto

Vastanneista Zoom-ohjelmistoa etäopetuksessaan oli käyttänyt jokainen. Teams- ja Whatsapp-ohjelmia etäopetukseen käytettiin harvemmin. Messenger ja LoLa saivat kumpikin ainoastaan kaksi mainintaa. ELK Live-, Polycom- ja Nimbra-etäyhteyslaitteistot eivät vastanneilla olleet käytössä lainkaan. Avoimia vastauksia kertyi kaksi.

1. ”sähköpostiin videoita” (1 maininta, 3,4 %)
2. ”Google Meet” (1 maininta, 3,4 %)

17. Mitä seuraavista suoratoistolaitteistoista tai -ohjelmistoista olet käyttänyt etäopetuksessasi? (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

29 vastausta



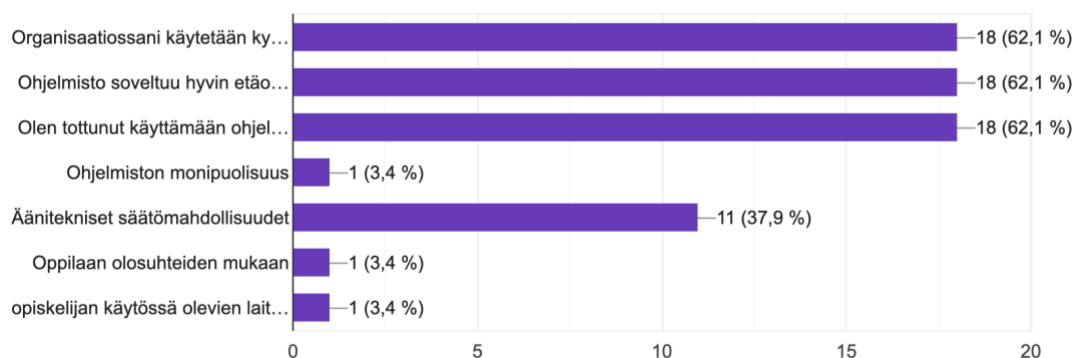
KUVIO 21. Käytössä olleet suoratoistolaitteistot ja -ohjelmistot

Kysymyksellä 18 selvitettiin perusteita etäopetuksessa tällä hetkellä käyttöön valituista ohjelmista. Vaihtoehdot organisaatiossani käytetään kyseistä ohjelmistoa, ohjelmisto soveltuu hyvin etäopetukseni tarpeisiin ja olen tottunut käyttämään ohjelmistoa, saivat kukin 18 mainintaa. Äänitekniset säätömahdollisuudet vaikuttivat myös etäohjelmiston valinnassa. Vaihtoehto ohjelmiston monipuolisuus sai ainoastaan yhden maininnan. Avoimia vastauksia kertyi kaksi.

1. "Oppilaan olosuhteiden mukaan"
2. "opiskelijan käytössä olevien laitteiden vuoksi"

18. Millä perusteella olet valinnut käyttämäsi ohjelmiston etäopetukseen? (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

29 vastausta

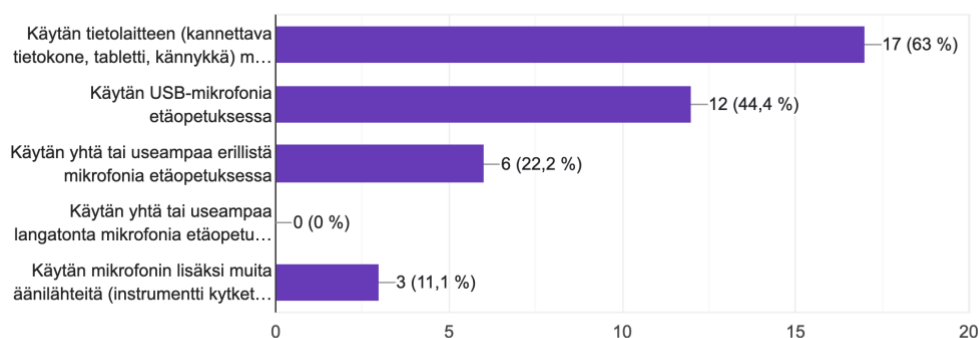


KUVIO 22. Perusteet etäopetukseen valituista ohjelmistoista

Etäopetuksessa yleisimmin käytössä oli tietolaitteen (kannettava tietokone, tabletti, kännykkä) mikrofonin lisäksi USB-mikrofoni. Yksi tai useampi erillinen mikrofoni sekä mikrofonin lisäksi muita äänilähteitä (instrumentti kytkettynä äänikorttiin, tai muu vastaava yhdistelmä) etäopetuksessa käytettiin harvemmin. Yhdelläkään vastanneista ei ollut etäopetuksessa käytössä langattomia mikrofoneja.

19. Valitse seuraavista kohdista tällä hetkellä etäopetustasi koskevat väittämät. (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

27 vastausta



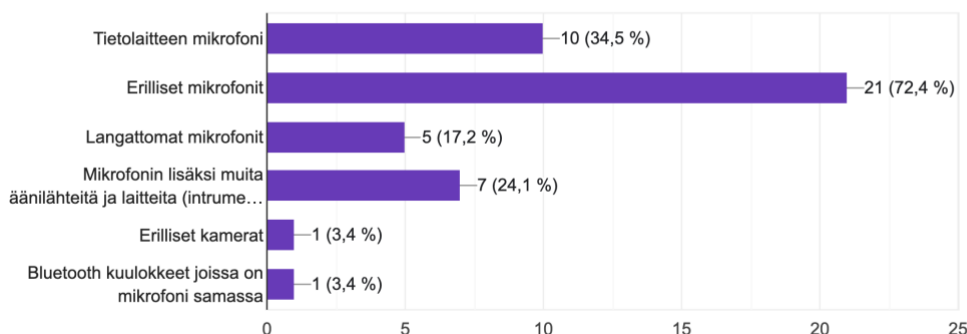
KUVIO 23. Etäopetuksessa tällä hetkellä käytössä olevat äänitekniset laitteet

Suurin osa vastanneista koki erillisten mikrofonien soveltuvan parhaiten etäopetukseen. Muut vaihtoehdot saivat huomattavasti vähemmän mainintoja, langattomien mikrofonien kerätessä viisi mainintaa. Avoimia vastauksia kertyi kaksi kappaletta.

1. "Erilliset kamerat"
2. "Bluetooth kuulokkeet joissa on mikrofoni samassa"

20. Valitse seuraavista vaihtoehtoista etäopetukseesi parhaiten soveltuvat laitteet. (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

29 vastausta

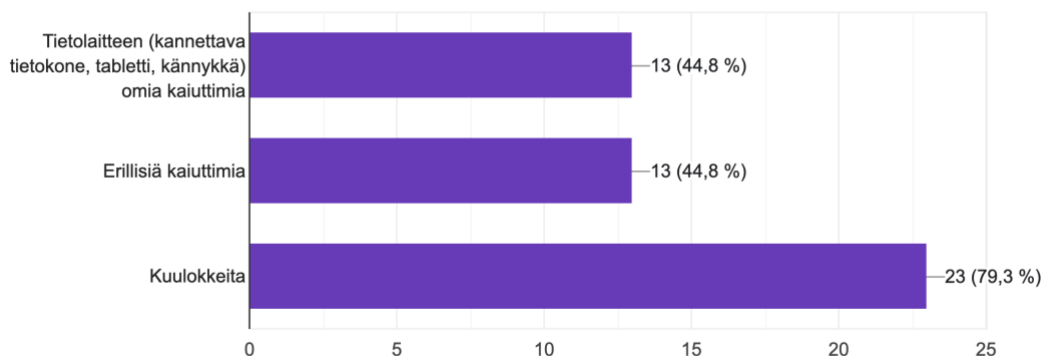


KUVIO 24. Parhaiten etäopetukseen soveltuvat laitteet

Eniten etäopetuksessa kuunteluun käytettiin kuulokkeita. Erillisiä kaiuttimia sekä tietolaitteen omia kaiuttimia käytettiin etäopetuksessa yhtä paljon.

21. Käytätkö etäopetuksessa kuunteluusi (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

29 vastausta



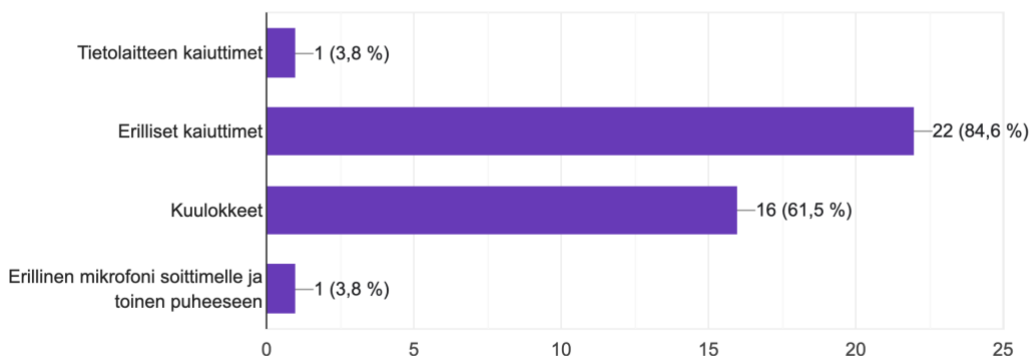
KUVIO 25. Etäopetuksen kuunteluun tällä hetkellä käytössä olevat laitteet

Tiedusteltaessa etäopetuksen kuuntelua parhaiten tukevia laitteita, mikäli laitteet olisivat saatavilla, nousivat erilliset kaiuttimet sekä kuulokkeet kyselyssä suosituimmiksi vaihtoehtoiksi. Huomionarvoista on, että tietolaitteen omia kaiuttimia etäopetukseen käyttäisi ainoastaan yksi vastanneista. Avoimia vastauksia kertyi yksi kappale.

1. "Erillinen mikrofoni soittimelle ja toinen puheeseen"

22. Valitse seuraavista vaihtoehdot, mitkä tukisivat etäopetustasi parhaiten, mikäli laitteet olisivat saatavilla. (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

26 vastausta



KUVIO 26. Parhaiten etäopetuksen kuuntelua tukevat laitteet

Kysymys 23, minkälaisiin musiikin sisältöihin ja tilanteisiin koet etäopetuksen soveltuvan omassa työssäsi, oli avoin kysymys. Kysymykseen vastasi 26 henkilöä.

1. "Instrumentin yksilöopetuksessa etäopetuksen voi saada toimimaan ok, vaikka se ei vastaakaan livetilannetta."
2. "Opiskelijoiden helppo saavutettavuus heidän sijainnistaan riippumatta"
3. "Sellaisten praktikumien toteutus, joissa opiskellaan teoriapohjaa ja näytetään power point-dioja."
4. "Yksityis- ja ryhmätuntia"
5. "Pedagoginen auskultointi"
6. "Mikäli oppilaan kanssa on kerrankin tavattu liveä ennen etäopetuksen alkamista, voidaan tehdä mitä vaan poislukien reaaliaikainen kamarimusisointi"
7. "Yksilöopetuksessa hyvä vaihtoehto!"
8. "Sävellyksen opetukseen on etäopetus sopinut mainiosti, ja huomaan että sellaiset oppilaat, jotka ovat sosiaalisesti herkkiä jännittämään saattavat etätunnilla olla rennompia. Isoimpia ongelmia aiheuttaa oppilaiden ja opiskelijoiden puutteelliset laitteet ja puutteellinen osaaminen. Tässä ehkä nähtävissä jonkinlainen sukupolvien välinen kuilu. Itse äänitekniikan kanssa pelanneena, en alkukankeuden jälkeen ole kohdannut suurempia ongelmia."

9. "Parhaiten on toiminut niin, että oppilas on lähettänyt videon etukäteen ja videopuhelussa käydään asioita läpi. Tällöin olen tietenkin etukäteen katsonut videot ja tehnyt muistiinpanot. Jonkin verran saatetaan soittaa tai saatan esim. näyttää sormituksia, mutta käytännössä videopuhelussa ei saa kunnon käsitystä saundista, dynamiikoista eikä sävyistä."
10. "luentotarkoitukseen, peditunnin ohjaukseen"
11. "Etäopetus soveltuu hyvin musiikkipedagogiikan sisältöihin, erilaisiin opiskelijan ohjaustilanteisiin sekä instrumenttitaitojen opettamiseen. Laulunopetuksessa on joskus tilanteita tai käsiteltäviä asioita, joita on huomattavasti paljon vaikeampi hahmottaa 2-ulotteisen kuvan kautta, erityisesti jos opiskelija käyttää tietolaitteensa mikrofonia. Laulunopetus toisin sanoen vaatii erillisen, riittävän hyvän mikrofoniin etäyhteyden molemmissa päissä. Lisäksi kuuntelu tulee hoitaa joko kuulokkeiden tai erillisten kaiuttimien kautta. Tietolaitteen kaiuttimet eivät tähän riitä. Etäopetuksessa Zoom soveltuu tällä hetkellä parhaiten omiin etäopetustilanteisiin; äänen ja kuvan laatu sekä ohjelman käytettävyys on Teamsia huomattavasti parempi."
12. "Opinnäytetöiden ohjaus, hätätapauksessa myös instrumenttiopetus"
13. "Tämä on hankala kysymys, sillä etäopetukseni on tällä hetkellä sellaista, että opiskelija, joka ei pääse paikalle seuraa tuntia etänä. Opetus on lähtökutaisesti lähiopetusta eikä sisältöjä ole suunniteltu etätoteutuksiksi. Koen, että opetettavat aineeni eivät sovellu etäopetettavaksi."
14. "Äärimmäiseen pakeroon ja opiskelijan videoimiin/tallentamiin lähetettyihin tiedostoihin, ei liveopetukseen."
15. "Pedagogiikan opetus, kontaktit muihin korkeakouluihin, mestarikurssit ulkomaille"
16. "Pedagogiikan luentoihin"
17. "Ei ihanteellisesti mihinkään."
18. "Satunnaisiin erikoistilanteisiin"
19. "Instrumenttiopetukseen, kun lähiopetus ei ole jostain syystä mahdollista."
20. "Sairauden tms lähiopetuksen estyminen, mikäli olisi pakko. En mielelläni muuten."
21. "musiikkianalyysiopetus, opinnäyteohjaus, sävellysopetus"
22. "Opetuksen seuranta ja luennot useammalle seuraajalle"

23. "Opetan laulua. Koen etäopetuksen sopivan työhöni erittäin huonosti. Opetan etänä vain jos on pakko eli jos työnantajani velvoittaa siihen."
24. "Etäopetus on vaihtoehto vain pandemian tms poikkeustilanteen aikana"
25. "Kaikkeen, mutta kohtuullisessa määrin. En esim. siirtäisi koko opetusta pelkästään etäilyksi."
26. "En opeta musiikin sisältöjä, joten etäopetus soveltuu yhtä hyvin kuin lähiopetus. Itse pidän enemmän lähiopetuksesta, joten suosin sitä vaihtoehtoa."

Kysymyksessä 24 vastaajilla oli mahdollista esittää kommentteja vapaan sanan muodossa. Vastauksia tuli 13 kappaletta.

1. "Kiitos kyselystä ja tsemppiä opinnäytetyöhön!"
2. "Olisi tulevaisuudessa loistava järjestää kapubändin kanssa etäopetusta ja kutsua kansainvälisiä vieraita"
3. Yleensä ongelmat kommunikoinnissa johtuvat heikoista mobiiliverkkoyhteyksistä tai huonoista laitteista. Itse olen juuri siirtynyt mobiiliverkkoon kotikoneella, ongelmana on hidas lähetysnopeus. Kotikoneella esim. tiedostojen jako sähköpostiin sekä musiikkiesimerkkien soittaminen toimii paremmin kuin tabletilla tms. Nyt on tärkeää miettiä sitä, missä asioissa etäopetus on hyödyllistä ja sujuvaa, taitoaineissa se on usein hankalampaa kuin luennoivassa teoriaopetuksessa."
4. Kokemukseni mukaan etäopetus toimii parhaiten sellaisten opiskelijoiden kanssa, joita olen tavannut aiemmin myös luokkatilanteessa paikan päällä. Varsinkin vuorovaikutteisen ryhmäopetuksen aloittaminen ennestään tuntemattoman ryhmän kanssa on hankalaa: kontaktin saaminen voi olla työlästä eikä keskustelua tahdo syntyä. Myös luentomuotoisessa opetuksessa on hyötyä, jos ainakin osa osallistujista on entuudestaan tuttuja. Luennointi tyhjälle ruudulle on vaatinut totutteleamista."

5. "Olen iloinen, että nämä toiminnot ovat kehittymässä vauhdilla TAMKissa"
6. "Koulutus olisi periaatteessa ihan hyvä juttu, mutta piakkoin eläköityvänä en koe henkilökohtaisesti sille suurta tarvetta. Etäopetus on liittynyt pandemian jälkeen lähinnä oppareiden ohjaukseen, jossa ongelmia ei juuri ole – mitä nyt satunnaisesti verkkoyhteyksissä tai Zoomin käytössä."
7. "Etäopetuksen onnistumiselle on ehdottoman ensisijaista nettiyhteyden vakaus niin down-kuin uploadissa. Molempin pitää minimissään pysyä 5 megan yläpuolella. Seuraavaa asia on oppilaille, mikäli ovat kotiloissa, painottaa että kotiverkossa priorisoidaan etäopetuksessa käytettävä tietokone, tabletti jne ohitse muiden. Samaa koskee opettajaa, mikäli kotoaan käsin opettaa. Kun nämä asiat on kunnossa voidaan alkaa miettimään/hifistelemään mikrofoneilla ja erilaisilla kuulokkeilla /kaiuttimilla tai mitä sovellutusta käyttä yhteyden muodostukseen."
8. "Instrumenttiopetuksessa äänenlaatu on huono. Etäopetus ei ole sen vuoksi mahdollista."
9. "Etäopetusmahdollisuus lisää opetuksen joustavuutta ja paikkaan sitomattomuutta ja sen myötä omalta osaltaan myös tasa-arvoisuutta ja ekologisuutta"
10. "Toivoisin tähän koulutusta nimenomaa opiskelijoille, tai koululta lainattavia välineitä heille! Monet osallistuvat vain puhelimitaan!"
11. "Toistaiseksi yksikään etäopetukseen käytettävä ohjelmisto tai laitteisto ei ole mahdollistanut niin tarkkaa kuuntelua kuin opetus korkeakoulutasolla vaatii, ja osin tämä on kiinni opiskelijoilla käytössä olevista resursseista."
12. "Klassisen musiikin instrumenttiopetukseen soveltuu parhaiten live, etäopetus vain poikkeustapauksissa"
13. "Musiikkiteatteri(laulu)n oppimistilanteisiin etänä ja varsinkin isojen tutkintojen toteutukseen ja erityisesti myös harjoitteluvaiheeseen tarvittaisiin lajiin paremmin soveltuvaa ja mahdollistavaa tekniikkaa; mm. tarkoituksenmukaisia langattomia mikrofoneja. Tällä hetkellä esim. laulun mestarikurssien (muste) etänä mahdollistamista ei kannata edes harkita, koska äänen laatu (kouluttaja + opiskelija) kuuluvuus ja/tai laatu ei olisi riittävä, ja tällaisia tilanteita ei voi orgaanisesti toteuttaa langallisella kalustolla.

Opettajan mukanaoloa etänä esim. opiskelijan B-resitaaliharjoituksiin (usein ilta-aikoja, koska bändit jne) olisi myös tarkoituksenmukaista järjestää, jos harjoitustilanne yltäisi teknisessä toteutuksessa vastaamaan musiikkiteatterin ilmaisun (laulu yhdistettynä näyttelijäntyöhön ja liikkeeseen, näyttämötilanteet) tarpeita. Kokisin tämän hyödyllisenä ja tarpeellisenä vaiheena olla mukana, mutta ajankäytöllisesti se on monesti täysin mahdotonta."

Viimeisenä, ainoana pakollisena kohtana tutkimuskyselyssä oli suostumus tietojen käsittelyyn opinnäytetyön aineistona: "Vahvistan, että olen saanut sähköpostitse toimitetun tutkimustiedotteen. Lähettämällä vastaukseni suostun antamieni tietojen käsittelyyn opinnäytetyön aineistona."

5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyössä tarkasteltiin ääniteknologian hyödyntämistä suoratoisto-ohjelmistojen ja -laitteistojen yhteydessä, miten sitä on hyödynnetty post-Covid ajan musiikin etäopetuksessa, kerättiin opettajien kokemuksia ja tunnistettiin tukitoimenpiteitä sekä kehittämiskohteita musiikin kaksisuuntaisessa etäopetuksessa. Kysely lähetettiin 64 henkilölle, joista puolet osallistui tutkimukseen. Kyselyyn vastanneiden pää- ja sivutoimisen henkilökunnan hajonnan jakautuessa tasaisesti sekä vastanneiden edustaessa laaja-alaisesti musiikin eri opetettavien aineiden asiantuntijuuksia, voidaan tulosten perusteella esittää kattavasti TAMK Musiikin henkilöstön tarvetta etäopetukseen liittyvien äänitekniisten laitteiden, etäopetusohjelmistojen ja -laitteistojen käytön tukitoimintojen sekä hankintojen resurssoinnissa. Tätä puoltaa myös se, että vastanneista suurin osa oli toteuttanut opetustyötä TAMK Musiikissa etäyhteydellä.

58,6 % vastanneista ilmoitti etäopetuksen soveltuvan omaan opetustoimintaan joko keskivertaisesti tai sitä paremmin. Mukana kuljetettava laitteisto koettiin toimivimmaksi kokonaisuudeksi musiikin etäopetuksen järjestämisessä. Opetusta toteutettiin etänä pääsääntöisesti Zoom-ohjelmistolla. Ohjelmiston valintaan koettiin vaikuttaneen ohjelmiston soveltuvuuden etäopetustapahtumaan, ohjelmiston saatavuuden sekä omien käyttötottumuksien. Myös äänitekniset säätömahdollisuudet mainittiin ohjelmiston valintaan vaikuttavana tekijänä. Suurimmalla osalla vastanneista etäopetuksen yhteydessä käytössä oli tietolaitteen mikrofoni sekä erilliset kuulokkeet. Käyttöön parhaiten koettiin kuitenkin soveltuvan erillisten mikrofoniin sekä ulkoisten kaiuttimien. Päätelaitteena etäopetuksessa yleisimmin oli käytössä langattomasti verkkoon yhdistetty kannettava tietokone, muiden päätelaitteiden ollessa käytössä huomattavasti harvemmin. Suurimpana etäopetuksen ongelmana äänenlaadun heikkouden lisäksi koettiin riittämätön verkkoyhteys. Äänitekniisiä häiriöitä vastaanottajan etäyhteydessä havaittiin lähtökohtaisesti esiintyvän enemmän omaan etäyhteyteen nähden. Häiriöiden ilmenemisajankohdat miellettiin vaihteleviksi. Vastauksissa mainittujen etäopetuksen yhteydessä esiintyneiden ongelmien, häiriöiden esiintymistiheyden sekä päätelaitteen langattomien yhteydenmuodostustapojen välillä on

havaittavissa selkeä korrelaatio. Vastaavasti langallisesti etäyhteyden muodostaneiden sekä ainoastaan harvoin äänen liittyviä ongelmia kohdanneiden tai ongelmitta etäopetusta toteuttaneiden välillä voidaan myös nähdä olevan yhteys.

Noin puolet vastanneista ilmoittivat koulutustarpeesta. Koulutusmuodoksi suurin osa toivoi henkilökohtaista opastusta 1–2 kertaa, jolla voidaan musiikin monimuotoisissa spesifeissä etäopetustapahtumissa nähdä olevan yhteyden tärkeimmäksi nousseen koulutustarpeen, ääniteknisten laitteiden ja ohjelmistojen asetuksien muuttamisen etäopetustapahtumien tarpeita vastaaviksi, kanssa. Vastaavasti demonstraation opetusmuotona voidaan nähdä vastaavan koulutustarvetta laitteiden käyttöönoton kanssa ja workshopin pienryhmissä, opetustapahtuman tarpeita vastaavien laitteiden valitsemisen koulutusmuotona. Lisäksi toivottiin myös teknistä tukea omaan opetustilanteeseen.

Etäopetustapahtumien koettiin onnistuvan paremmin, mikäli opettaja oli tavannut opiskelijat aiemmin henkilökohtaisesti. Etäopetuksen havaittiin vähentäneen jännittyneisyyden tunnetta sitä lähiopetuksen yhteydessä herkästi kokeneiden opiskelijoiden kohdalla. Etäopetuksen etuina mainittiin opiskelijoiden helppo saavutettavuus, opetuksen joustavuus ja tasa-arvoisuus sekä ekologisuuden lisääntyminen. Etä tapahtumien koettiin mahdollistavan hyvin mestarikurssien etätoteuttamisen, yhteydenpidon kansainvälisten vieraiden sekä myös muiden korkeakoulujen kanssa. Tällä voidaan nähdä olevan yhteyden LoLa-laitteiston käyttöön, mikä sai kaksi mainintaa kysyttäessä suoratoistolaitteistojen sekä -ohjelmistojen käyttövalinnoista.

Etäopetuksen koettiin soveltuvan Instrumenttiopetusta paremmin teoria-aineiden opetukseen. Instrumenttien etäopetuksessa suurimpana ongelmana mainittiin äänenlaadun heikkous. Vastauksista nousi esille opetushenkilöstön koulutustarpeen lisäksi opiskelijoiden opetus etäohjelmistojen sekä niihin liittyvien ääniteknisten laitteistojen käytössä. Myös opiskelijoille suunnatun etä tapahtumiin liittyvien laitteiden lainauspalvelua toivottiin.

Varsinkin Zoom- ja Teams-ohjelmistojen kehittyessä ohjelmistopäivityksien muodossa usein, tarvitaan laadukkaan musiikin etäopetuksen

mahdollistamiseksi varmatoimisten etätapahtuman tarpeisiin riittävästi kaistaleveyttä omaavien langallisten verkkoyhteyksien lisäksi myös etäopetukseen soveltuvia laadukkaita äänitekniisiä laitteita kuten mikrofoneja, äänikortteja ja mikseriä sekä kaiuttimia. Musiikkiteatterikoulutuksessa langattomien mikrofoniin koettiin olevan välttämättömiä laadukkaan etäopetuksen mahdollistamisessa.

Vaikka etäopettamisen kokemukset ja valmiudet ovat kasvaneet, on huomioitava, että jokainen opetustapahtuma on erilainen – opettajat joutuvat sopeutumaan erilaisiin tilanteisiin ja vastaamaan opiskelijoiden tarpeisiin myös etäopetustapahtumissa. On tärkeää varmistua, että etäopetustapahtumat ovat inklusiivisia ja kaikkien opiskelijoiden saavutettavissa. Tulevaisuuden varalle on näin ollen suositeltavaa, että oppilaitokset ylläpitävät valmiusohjelmia ja tarjoavat jatkuvaa tukea opettajille sekä myös opiskelijoille, jotta toimiminen missä tahansa opetusympäristössä varmistuu. Innovatiivisena kehityskohteenä varsinkin instrumenttietäopetuksen äänitekniikkaa parantamaan voidaan nähdä investointien etäopetuksen käyttötarkoitukseen priorisoitujen akustoitujen etäopetustilojen rakentamisessa.

Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa sivutuista teemoista, kuten etäopetuksen kuva- ja verkkoteknologisten aihealueiden saralta tutkittavaa tulevaisuuteen löytyy runsaasti lisää. Mielenkiintoista olisi tutkia etäopetusta pedagogisesta lähestymiskulmasta, opiskelijoiden välistä yhdenvertaisuutta etäopetuksessa sekä etäopetuksen vaikutuksia eri soittimien ja musiikin eri oppiaineiden etäopetuksessa. Keskeisiä tulevaisuuden tutkimusalueita ja tutkimuskysymyksiä lisäksi ovat muun muassa:

1. Teknologian kehittymisen vaikutukset musiikin tulevaisuuden etäopetuksessa: Kuinka teknologiset ratkaisut kehittyvät tulevaisuudessa ja miten niillä voidaan parantaa musiikin matalalatasista ja korkealaatuista kaksisuuntaista etäopetusta?
2. Virtuaalitodellisuuden mahdollisuudet musiikin etäopetuksessa: Miten virtuaalitodellisuuden sovelluksia ja alustoja voidaan parhaiten kehittää

tukemaan opiskelijoiden oppimista tulevaisuuden musiikin kaksisuuntaisessa etäopetuksessa?

3. Musiikin etäopetuksen pedagogiset käytännöt: Miten opettajat kehittävät pedagogisia käytäntöjään musiikin kaksisuuntaisissa etäopetusympäristöissä? Millaisia opetusstrategioita ja materiaaleja he käyttävät?
4. Opettajien koulutus ja opiskelijoiden tuki musiikin kehittyvässä etäopetuksessa: Millaisia taitoja ja resursseja opettajat tulevaisuudessa tarvitsevat musiikin kaksisuuntaisessa etäopetuksessa? Miten opettajien ajantasainen etäopetustaitojen koulutus mahdollistetaan? Miten opiskelijoita tuetaan etäopetuslaitteistojen käytön yhteydessä?
5. Oppimistulokset musiikin etäopetuksessa: Millaisia oppimistuloksia ja musiikillisia ansioita opiskelijat saavuttavat musiikin kaksisuuntaisessa etäopetuksessa verrattuna perinteiseen lähiopetukseen?
6. Musiikin etäopetuksen esteettömyys, kommunikointi ja vuorovaikutus: Miten erilaiset kaksisuuntaiset etäopetustilanteet vaikuttavat opettajan ja opiskelijan väliseen kommunikaatioon ja vuorovaikutukseen? Miten etävuorovaikutustaitoja voidaan kehittää? Miten varmistetaan, että musiikin kaksisuuntainen etäopetus on saavutettavaa kaikille opiskelijoille?
7. Kulttuuriset näkökulmat musiikin etäopetuksessa: Miten erilaiset kulttuuriset näkökulmat vaikuttavat musiikin kaksisuuntaiseen etäopetuksen toteuttamiseen?
8. Motivaatio, osallistuminen ja hyvinvointi musiikin etäopetuksessa: Miten opiskelijoiden motivaatio säilytetään erilaisissa musiikin kaksisuuntaisissa etäopetustapahtumissa? Millaiset tekijät vaikuttavat opiskelijoiden osallistumiseen ja sitoutumiseen? Miten musiikin etäopetus vaikuttaa opiskelijoiden ja opettajien hyvinvointiin?

TEKSTILÄHTEET

Aro, E. 2006. Tilaääni. Porvoo: Painoyhtymä

Audinate n.d.a. What is Dante? Verkkosivu. Viitattu 23.3.2023.
<https://www.audinate.com/meet-dante/what-is-dante>

Audinate n.d.b. Dante Via: What is latency? Verkkosivu. Viitattu 29.7.2023.
<https://www.audinate.com/learning/faqs/dante-via-what-is-latency>

Audiocenter-fi n.d.a. HIFI-Opas. Verkkosivu. Viitattu 27.8.2023.
<http://www.audiocenter-fi.com/hifi-opas/>

Audiocenter-fi n.d.b. HIFI-laitteiston perustiedot. Verkkosivu. Viitattu 9.8.2023.
<http://www.audiocenter-fi.com/hifi-laitteiston-perustiedot/>

AVPlus-verkkotoimitus 2022. Elektrostaattista kaiutinesotiikkaa. Verkkosivu.
 Viitattu 2.8.2023. <https://avplus.fi/elektrostaattista-kaiutinesotiikkaa/>

BenQ 2023. Speakers or Headphones, Which are Better for Online Learning at Home? Verkkosivu. Viitattu 16.7.2023. <https://www.benq.com/en-us/knowledge-center/knowledge/speakers-or-headphones-which-are-better-for-online-learning-at-home.html#s1>

Catchbox 2023a. Comparing Microphone Systems. Verkkosivu. Viitattu 15.5.2023. <https://catchbox.com/blog/microphone-systems-comparison>

Catchbox 2023b. plus, Wireless microphone system. Verkkosivu. Viitattu 20.5.2023. <https://catchbox.com/catchbox-plus>

Cheng, L. & Lam, C. Y. 2021. The worst is yet to come: the psychological impact of COVID-19 on Hong Kong music teachers. Verkkosivu. Viitattu 08.10.2023.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14613808.2021.1906215>

Daugvilaite, D. 2021. Exploring perceptions and experiences of students, parents and teachers on their online instrumental lessons. Verkkosivu. Viitattu 08.10.2023. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14613808.2021.1898576>

Davis, G. & Jones, R. 1990. Sound Reinforcement Handbook. Yamaha Corporation of America and Gary Davis & Associates. Julkaisija: Hal Leonard Corporation

Ellis, J. 2018. How Wireless Microphones Transform Higher Education. Shure. Verkkosivu. Viitattu 18.12.2022 <https://www.shure.com/en-US/conferencing-meetings/ignite/how-wireless-microphones-transform-higher-education>

Eronen, M. 2018. Tietoa: Mitä DA-muunnin tekee? Hifimaailma. Verkkosivu. Viitattu 28.1.2023. <https://www.hifimaailma.fi/artikkeli/tietoa-mita-damuunnin-tekee-6.108.22950.cd62fa6a2d>

Ferjan, M. 2023a. All 15 Different Types of Headphones and Earbuds. Headphones Addict. Verkkosivu. Viitattu 18.7.2023. https://headphonesaddict.com/types-of-headphones/#Types_of_Headphones_by_Technology

Ferjan, M. 2023b. Exposing Bone Conduction Headphones: A Buy or Throwaway? Headphones Addict. Verkkosivu. Viitattu 18.7.2023. <https://headphonesaddict.com/bone-conduction-technology-headphones/>

Genelec n.d. Näin parannat kotisi huoneakustiikkaa. Verkkosivu. Viitattu 22.8.2023. <https://www.genelec.fi/paranna-kotisi-huoneakustiikkaa>

Granqvist, K. 2022a. Digitaalinen ääni, osa 2 - Digitaalisen äänisignaalin syntyminen. Opetushallitus. Verkkosivu. Viitattu 22.2.2023. <https://emute.edu.fi/studio-ja-aanitekniikka/digitaalinen-ni-osa-2-digitaalisen-nisignaalin-syntyminen>

Granqvist, K. 2022b. Digitaalinen ääni, Osa 3 - Digitaalisen äänisignaalin laatu. Opetushallitus. Verkkosivu. Viitattu 8.2.2023. <https://emute.edu.fi/studio-ja-aanitekniikka/digitaalinen-aani-osa-3-digitaalisen-nisignaalin-laatu>

Granqvist, K. 2022c. Digitaalinen ääni, Osa 6 - Digitaalisen äänen tiedostomuodot. Verkkosivu. Viitattu 25.2.2023. <https://emute.edu.fi/studio-ja-aanitekniikka/digitaalinen-ni-osa-6-digitaalisen-nen-tiedostomuodot>

HeadAmp 2023. Electrostatic Headphones. Verkkosivu. Viitattu 2.8.2023. <https://www.headamp.com/collections/electrostatic-headphones>

Hifitalo 2023. Mikä on DAC? Verkkosivu. Viitattu 31.7.2023. <https://www.hifitalo.fi/pages/dac>

Hirvikunnas, T., AVPlus-toimitus 2020. Mitä ääni on – ja kuinka sen kuulemme? Verkkosivu. Viitattu 17.4.2023. <https://avplus.fi/mita-aani-on-ja-kuinka-sen-kuulemme/>

Hu, N. 2019. Headphones and Earphones Audiophile 101 | Part 1: Over-Ear vs On-Ear vs In-Ear Headphones. Verkkosivu. Viitattu 19.7.2023. <https://hifigo.com/blogs/guide/headphones-and-earphones-part-1-over-ear-vs-on-ear-vs-in-ear>

Hunter, J. 2020. The Importance of Audio Technology in Higher Education. Panasonic. Verkkosivu. Viitattu 18.12.2022. <https://www.panasonicvisualsystems.com/professional-audio/audio-technology-in-higher-education>

IPSHU n.d. Ping IP. Verkkosivu. Viitattu 20.8.2023. https://en.ipshu.com/ping_ip

Ilona IT 2017. Helpota elämääsi verkkokokouksella! Kauppalehti. Verkkosivu. Viitattu 13.11.2022. <https://www.kauppalehti.fi/kumppanisisaltoa/studiovieras/helpota-elamaasi-verkkokokouksella/1587cd4d-ecea-502f-9b83-a9105ddee7b>

Jabra 2020. Bluetooth 5.0 headsets: Should you get one? Verkkosivu. Viitattu 28.7.2023. [https://www.jabra.com/blog/bluetooth-5-head-sets/#:~:text=Higher%20bandwidth%3A%20While%20Bluetooth%204.2,240%20meters%20\(800%20feet\)](https://www.jabra.com/blog/bluetooth-5-head-sets/#:~:text=Higher%20bandwidth%3A%20While%20Bluetooth%204.2,240%20meters%20(800%20feet))

Joutsenvirta, A. 2009. Akustiikan perusteet, verhoikäyrä. Verkkosivu. Viitattu 13.11.2022. <http://web.uniarts.fi/akustiikka/indexf5a7.html?id=16&la=fi>

Juuti, P. 2009. Tausta: Bitit, bytet, tavut ja pikselit sekoittavat Internetin käyttäjiä. YLE. Verkkosivu. Viitattu 5.9.2023. <https://yle.fi/a/3-5871799#:~:text=Nopeuden%20mittarina%20käytetään%20siis%20bittejä,2%20megatavua%200%2C128%20megatavun%20sekuntinopeudella>

Kojo, J. & Kaitera, S. n.d. Kaksi opettajan teknologisen tiedon mallia: TPACK ja SAMR. Verkkosivu. Viitattu 17.9.2023. <https://www.digipeda.org/teknologian-rooli-opetuksessa.html>

Koschak, M. 2023. Choosing a Shotgun Microphone: The Long and Short of It. Shure. Verkkosivu. Viitattu 7.12.2022. <https://www.shure.com/en-US/performance-production/louder/choosing-a-shotgun-microphone-the-long-and-short-of-it>

Kujanpää, J. 2023. Ilmaiset matalan latenssin sovellukset testissä. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2023. <https://www.oomc.fi/2022/03/ilmaiset-matalan-latenssin-sovellukset-testissa/>

Kujanpää, J. & Sallinen, S. 2023. Työpaketti 1: Matalan latenssin audiovisuaaliset vuorovaikutusteknologiat. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2023. <https://www.oomc.fi/muse-hankkeen-loppujulkaisu/#TP5>

Kyllönen, M. 2020. Teknologian pedagoginen käyttö ja hyväksyminen: Opettajien digipedagoginen osaaminen. Verkkosivu. Viitattu 17.9.2023. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/67585>

Laaksonen, J. 2013. Äänityön kivijalka. 2 uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Learning about Electronics 2018. Headphones Technical Specifications-Explained. Verkkosivu. Viitattu 19.7.2023. <http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Headphone-technical-specifications.php>

Linjama, J. 2021. Lähikenttäkuuntelu: äänentoisto kuulokkeiden ja kaiuttimien välimaastossa. Verkkosivu. Viitattu 4.8.2023. https://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2021/11/akustiikkapaivat_2021_s291.pdf

LoLa n.d.a. LoLa Low Latency AV Streaming System. Verkkosivu. Viitattu 10.9.2023. <https://lola.conts.it/>

LoLa n.d.b. LoLa Low Latency Audio Visual Streaming System Installation & User's Manual. Verkkosivu. Viitattu 11.9.2023.
https://lola.conts.it/downloads/Lola_Manual_2.0.0_rev_001.pdf

Lyons, C. 2020. DIY Wireless, Part 1: Choosing a Frequency for a Wireless Microphone. Shure. Verkkosivu. Viitattu 18.12.2022. <https://www.shure.com/en-US/conferencing-meetings/ignite/diy-wireless-part-1-choosing-a-frequency>

Mathias, K. 2023. How To Fix Audio Interface Latency For Recording. Verkkosivu. Viitattu 10.4.2023. <https://audiouniversityonline.com/latency/>

McNiece, S. 2023. What is DSP? Digital Signal Processing explained. Mixdown. Verkkosivu. Viitattu 27.3.2023. <https://mixdownmag.com.au/features/what-is-dsp-digital-signal-processing-explained/>

MediaCollege.com n.d. PZM Microphones. Verkkosivu. Viitattu 11.12.2022. <https://www.mediacollege.com/audio/microphones/pzm.html>

Mesiä, M. 2023. Parhaat langattomat kuulokkeet 2023: valitsimme markkinoiden parhaat vaihtoehdot. TechRadar. Verkkosivu. Viitattu 29.7.2023. <https://global.techradar.com/fi-fi/news/parhaat-langattomat-kuulokkeet>

Microsoft 2023. Verkkokokoukset. Verkkosivu. Viitattu 13.11.2022. <https://www.microsoft.com/fi-fi/microsoft-teams/online-meetings>

Microsoft Support 2023a. Use high fidelity music mode to play music in Microsoft Teams. Verkkosivu. Viitattu 20.10.2023. <https://support.microsoft.com/en-us/office/use-high-fidelity-music-mode-to-play-music-in-microsoft-teams-c1550582-2f76-4b31-9f72-e98c7167a18e>

Microsoft Support 2023b. Share content in Microsoft Teams meetings. Verkkosivu. Viitattu 23.10.2023. <https://support.microsoft.com/en-us/office/share-content-in-microsoft-teams-meetings-fcc2bf59-aecd-4481-8f99-ce55dd836ce8#ID0EBD=Desktop>

Microsoft Support 2023c. Spatial audio in Microsoft Teams meetings. Verkkosivu. Viitattu 20.10.2023. <https://support.microsoft.com/en-us/office/spatial-audio-in-microsoft-teams-meetings-547b5f81-1825-4ee1-a1cf-f02e12db4fdb>

Monacor n.d. Basic information and the required hardware for AoIP: digital audio transmission via IP network. Verkkosivu. Viitattu 29.7.2023. <https://www.monacor.com/magazine/basics-and-hardware-for-audio-over-ip>

Moore, M. & Thompson, M. 1990. The effects of distance learning: A summary of literature. Research Monograph No. 2., Amerian Centre for the Study of Distance Education. The Pennsylvania State University. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2023. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED330321.pdf>

Nopeustesti.eu 2023. Mikä vaikuttaa netin nopeuteen? Verkot, liittymät ja laitteet. Verkkosivu. Viitattu 9.8.2023. <https://nopeustesti.eu/mika-vaikuttaa-netin-nopeuteen-teknologiat-ja-liittymat/>

Nuheara 2021. Better hearing starts with IQbuds2 MAX. Verkkosivu. Viitattu 1.8.2023. <https://www.nuheara.com/products/iqbuds-max/>

Nummenmaa, M. 2012. Etäopetus tarjoaa monia mahdollisuuksia oppimiseen ja opetukseen. Teoksessa: Kankaanranta M, Mikkonen I, Vähähyyppä K. (toim.). Tutkittua tietoa oppimisympäristöistä. Tieto ja viestintätekniikan käyttö opetuksessa. Opetushallitus ja tekijät. Oppaat ja käsikirjat 2012:13, 20. Verkkosivu. Viitattu 18.10.2023. http://www03.edu.fi/aineistot/oppimisymparistot/tutkittua_tietoa_oppimisymparistoista_VERKKO.pdf

Opetushallitus 2023. Suomen etäopetus täyttää 100 vuotta – osallistu juhlawebinaariin. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2023. <https://www.oph.fi/fi/uutiset/2020/suomen-etaopetus-tayttaa-100-vuotta-osallistu-juhlawebinaariin>

Osaava Tredu 2022. Digipedagogiikka opetuksessa – TPACK-malli. Verkkosivu. Viitattu 17.9.2023. <https://osaava.tredu.fi/2021/09/13/digipedagogiikka-opetuksessa-tpack-malli/>

Panasonic 2023. Mitä ovat aidosti langattomat kuulokkeet ja kuinka ne toimivat? Verkkosivu. Viitattu 26.7.2023. <https://www.panasonic.com/fi/consumer/kuulokkeet/kuulokkeet-learn/kuulokkeet/mita-ovat-aidosti-langattomat-kuulokkeet-ja-kuinka-ne-toimivat.html>

Perälä, P., Torvikoski, J. & Sormunen, K., Ekonoja, A. 2019. Internet ja sosiaalinen media. Jyväskylän yliopisto. Verkkosivu. Viitattu 14.8.2023. https://kirjat.it.jyu.fi/linkki/internet_some/internet.html

Robjohns, H. 1997. Anatomy Of A Mixer. Sound on sound. Verkkosivu. Viitattu 5.3.2023. <https://www.soundonsound.com/sound-advice/anatomy-mixer>

Ruippo, M. 2015. Musiikin verkko-opetus. Yhteenvetoraportti Sibelius-Akatemian aluekehityshankkeesta vuosina 2001–2003 ja sen jälkeisestä verkko-opetuksen kehittämisestä. Lisensiaatintyö. Sibelius-Akatemia, Musiikkikasvatuksen osasto.

Ruippo, M., Suonikko, J. & Vartiainen, A. 2021. Musiikinopetusta etänä – USB-mikrofoni on myös äänikortti. Riffi, Idemco Oy. Verkkosivu. Viitattu 13.11.2022. <https://riffi.fi/artikkelit/laitetestit/musiikinopetusta-et%C3%A4n%C3%A4-usb-mikrofoni-my%C3%B6s-%C3%A4%C3%A4nikortti>

Røde 2022. A Beginner's Guide to Digital Wireless Microphone Systems. Verkkosivu. Viitattu 18.12.2022. <https://rode.com/en/about/news-info/a-beginners-guide-to-digital-wireless-microphone-systems>

Salminen, P. 2020. Verkossa voi tapahtua mitä vain. Verkkosivu. Viitattu 13.11.2022. <https://yrittaja.io/blogi/2020/9/25/verkossa-voi-tapahtua-mit-vain>

Sallinen, S. 2021. Johdanto LoLa-järjestelmään. Verkkosivu. Viitattu 10.9.2023. https://www.oomc.fi/wp-content/uploads/2021/09/Johdanto_LoLa-jarjestelmaan_WEB_210826_SS.pdf

Sawchuk, J. 2021. The best speakerphone for work from home – Jabra VS Poly. Home Werker. Verkkosivu. Viitattu 7.5.2023. <https://homewerker.com/the-best-speakerphone-for-work-from-home-jabra-vs-poly/>

Scarrott, B. 2023. Bluetooth Auracast explained: 3 big reasons to upgrade your wireless headphones. TechRadar. Verkkosivu. Viitattu 29.7.2023. <https://www.techradar.com/features/bluetooth-auracast-explained>

Shure 2021. Audio for Distance Learning. Verkkosivu. Viitattu 16.7.2023. https://service.shure.com/s/article/audio-for-distance-learning?language=en_US

Slip, H., Lumikari, L. & Salminen, T. n.d.a. Sujuvaa perusopetusta verkossa. Verkkosivu. Viitattu 1.8.2023. <https://www.xn--etn-rlab.info/opetus/blog-post-title-one-4mry2>

Slip, H., Lumikari, L. & Salminen, T. n.d.b. Mikrofonit: Ääni on kuvaa tärkeämpi. Verkkosivu. Viitattu 31.7.2023. <https://www.xn--etn-rlab.info/laitteet/blog-post-title-two-jpcn3>

Sound on sound 2023. Audio Interfaces. Verkkosivu. Viitattu 22.1.2023. https://www.soundonsound.com/audio-interfaces?f%5B0%5D=node%253Afield_section%3A6971&f%5B1%5D=node%253Afield_section%3A6970

Stewart, I. 2022. What is the Fletcher Munson Curve? Using Equal Loudness Curves in Mixing and Mastering. Verkkosivu. Viitattu 1.5.2023. <https://www.izotope.com/en/learn/what-is-fletcher-munson-curve-equal-loudness-curves.html>

St. Paul's Sound n.d. Langattomien tarvikkeet. Verkkosivu. Viitattu 20.12.2022. <https://www.stpaulssound.fi/mikrofonit/langattomat-mikrofonit/langattomien-tarvikkeet/c/30611/>

Suomen koulupalvelu Oy n.d. CatchBox Plus -heiteltävä mikrofoni. Verkkosivu. Viitattu 21.5.2023. <https://www.suomenkoulupalvelu.fi/tuote/catchbox-plus-heiteltava-mikrofoni/>

Sweetwater 2023a. Audio Interface Buying Guide. Verkkosivu. Viitattu 12.3.2023. <https://www.sweetwater.com/insync/audio-interface-buying-guide/>

Sweetwater 2023b. How Does an Audio Interface Work? Article #1774284 Verkkosivu. Viitattu 4.4.2023. <https://www.sweetwater.com/sweetcare/articles/how-does-an-audio-interface-work/>

Sweetwater 2023c. USB Analog Mixers. Verkkosivu. Viitattu 23.4.2023. https://www.sweetwater.com/c264--USB_Analog_Mixers

Sweetwater 2022. Live Sound Mixers: Analog vs. Digital – Which Is Right for You? Verkkosivu. Viitattu 16.4.2023.
<https://www.sweetwater.com/insync/analog-vs-digital-live-sound-mixers/>

Thorgersen, Ketil A. & Mars, A. 2021. A pandemic as the mother of invention? Collegial onlinecollaboration to cope with the COVID-19 pandemic. Verkkosivu. Viitattu 08.10.2023. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/14613808.2021.1906216?needAccess=true>

Toh, C. 2023a. Understanding Sample Rate, Bit Depth, and Bit Rate. Headphonesty. Verkkosivu. Viitattu 11.3.2023.
<https://www.headphonesty.com/2019/07/sample-rate-bit-depth-bit-rate/>

Toh, C. 2023b. How to Fix Sound Delay in Bluetooth Headphones. Verkkosivu. Viitattu 28.7.2023. <https://www.headphonesty.com/2020/07/fix-sound-delay-bluetooth-headphones/>

Traficom 2023. Langattomat kamerat, videolinkit ja mikrofonit. Verkkosivu. Viitattu 30.12.2022.
<https://www.traficom.fi/fi/viestinta/viestintaverkot/langattomat-kamerat-videolinkit-ja-mikrofonit>

Triggs, R. 2023. Why you should care about lossless Bluetooth audio (and why you shouldn't). Authority Media. Verkkosivu. Viitattu 27.7.2023
<https://www.androidauthority.com/lossless-bluetooth-audio-2740550/>

Tuneform LLC 2023. Convert BPM to Milliseconds (ms). Verkkosivu. Viitattu 31.10.2023. <https://tuneform.com/tools/time-tempo-bpm-to-milliseconds-ms>

V500 Systems 2020. Kaistanleveys, nopeus, viive ja läpäisykyky. Verkkosivu. Viitattu 20.8.2023. <https://fi.v500.com/bandwidth/>

Verkkokauppa 2023. Jabra Elite 7 Pro -vastamelunappikuulokkeet, musta/titaani. Verkkosivu. Viitattu 26.7.2023.
https://www.verkkokauppa.com/fi/product/728363/Jabra-Elite-7-Pro-vastamelunappikuulokkeet-musta-titaani?gclid=Cj0KCQjwilOmBhDjARIsAP6YhSW56yDTJHaBnlyEajSiOflyWyqwU-1L9UyEJuytcCkByO-nZe7-10aAlu7EALw_wcB

White, P. 2002. Using A Hardware Mixer. Sound on sound. Verkkosivu. Viitattu 15.1.2023. <https://www.soundonsound.com/techniques/using-hardware-mixer>

Williams, D. & Webster, P. 2023. Experiencing Music Technology. Fourth Edition. Oxford University Press.

Zoom Support 2023a. Configuring professional audio settings for Zoom Meetings. Verkkosivu. Viitattu 20.10.2023. <https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/360046244692-Configuring-professional-audio-settings-for-Zoom-Meetings>

Zoom Support 2023b. Sharing your screen or desktop on Zoom. Verkkosivu.
Viitattu 23.10.2023. <https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/201362153-Sharing-your-screen-or-desktop-on-Zoom>

KUVALÄHTEET

Aro, E. 2006. Tilaääni. Porvoo: Painoyhtymä

Aro, E. 2013. Suuren mikrofonin myytti. Verkkosivu. Haettu 21.11.2022
<https://riffi.fi/artikkelit/toimituksen-tietolaari/suuren-mikrofonikalvon-myytti>

Audio Gate 2023. Telefunken ELA M 251E. Verkkosivu. Haettu 10.12.2022.
<https://audiogate.mx/products/ela-m-251e#images-2>

AVPlus-verkkotoimitus 2022. Elektrostaattista kaiutinesotiikkaa. Verkkosivu. Haettu 2.8.2023. <https://avplus.fi/elektrostaattista-kaiutinesotiikkaa/>

Bosch Security & Safety Systems 2023. RE50B. Verkkosivu. Haettu 11.12.2022. <https://products.electrovoice.com/na/en/re50b/>

Catchbox 2023. plus Wireless microphone system. Verkkosivu. Haettu 20.5.2023. <https://catchbox.com/catchbox-plus>

Engineering Journal 2017. RT60 Calculation. Zerpaudio. Verkkosivu. Haettu 30.10.2022. <https://zerpaudio.wordpress.com/2017/12/10/project-3-rt60/>

Georg Neumann GmbH 2023a. Studio Microphone U 89 i. Verkkosivu. Haettu 13.11.2022. <https://en-de.neumann.com/u-89-i>

Georg Neumann GmbH 2023b. Miniature Clip Microphone. Verkkosivu. Haettu 11.12.2022. <https://en-de.neumann.com/mcm-system>

Georg Neumann GmbH 2023c. How does Frequency Response Relate to Sound? Verkkosivu. Haettu 11.12.2022. <https://www.neumann.com/ko-ko/homestudio-academy/how-does-frequency-response-relate-to-sound/>

Harman International Industries, Incorporated 2023. Verkkosivu. Haettu 11.12.2022. https://www.akg.com/on/demandware.static/-/Sites-masterCatalog_Harman/default/dw003da52d/AKG_crown_pzm30d.png

Hirvikunnas, T. 2020. Pianon ja eri instrumenttien tyypillisesti kattamat taajuusalueet (perustaajuudet ja niiden harmoniset kerrannaiset). Verkkosivu. Haettu 30.10.2022. <https://avplus.fi/mita-aani-on-ja-kuinka-sen-kuulemme/>

Hirvikunnas, T. 2020. Mitä ääni on – ja kuinka sen kuulemme? Verkkosivu. Viitattu 17.4.2023. <https://avplus.fi/mita-aani-on-ja-kuinka-sen-kuulemme/>

IndiePulse Music 2023. reverberation time chart rt60 t60 for different rooms and venues. Verkkosivu. Haettu 30.10.2022.
<https://indiepulsemusic.com/2019/01/05/acoustic-treatments-explained/reverberation-time-chart-rt60-t60-for-different-rooms-and-venues/>

Korpinen, P. 2023. Musiikillisten äänten elämänvaiheet. Verkkosivu. Haettu 25.10.2022. https://webpages.tuni.fi/aanipaa/kuvaa_1.htm

Kyllönen, M. 2020. Teknologian pedagoginen käyttö ja hyväksyminen: Opettajien digipedagoginen osaaminen. Verkkosivu. Haettu 17.9.2023. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/67585>

Laaksonen, J. 2013. Äänityön kivijalka. 2 uudistettu painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Osaava Tredu 2022. Digipedagogiikka opetuksessa – TPACK-malli. Verkkosivu. Haettu 17.9.2023. <https://osaava.tredu.fi/2021/09/13/digipedagogiikka-opetuksessa-tpack-malli/>

Produce Like A Pro 2023. Fletcher-Munson Curve Explained: Using Equal-Loudness Contour to Mix. Verkkosivu. Haettu 17.4.2023. <https://producelikeapro.com/blog/fletcher-munson-curve/>

Royer Labs 2023. R-121 Studio Ribbon Microphone. Verkkosivu. Haettu 11.12.2022. <https://royerlabs.com/r-121/>

Sennheiser electronic GmbH & Co. 2023. MKE 600. Verkkosivu. Haettu 11.12.2022. <https://en-us.sennheiser.com/camera-mic-dslr-shotgun-video-mke-600>

Sennheiser electronic GmbH & Co. 2023. TeamConnect Ceiling Solutions. Verkkosivu. Haettu 15.5.2023. <https://en-fi.sennheiser.com/teamconnect-ceiling-solutions>

Shure n.d. SM58 Vocal Microphone. Verkkosivu Haettu 11.12.2022. <https://pubs.shure.com/guide/SM58/en-US>

Soundtools Oy. N.d. AKG Lyra USB-mikrofoni. Verkkosivu. Haettu 13.11.2022. <https://soundtools.fi/verkkokauppa/akg-lyra-usb-mikrofoni/>

St. Paul's Sound n.d. Shure SM58 LCE laulumikrofoni. Verkkosivu. Haettu 13.11.2022. <https://www.stpaulssound.fi/shure-sm58-lce-laulumikrofoni/p/SM58/>

Thomann GmbH. 2023. Genelec 8040 BWM. Verkkosivu. Haettu 2.8.2023. https://www.thomann.de/fi/genelec_8040_bwm.htm

Tuneform LLC 2023. Convert BPM to Milliseconds (ms). Verkkosivu. Haettu 31.10.2023. <https://tuneform.com/tools/time-tempo-bpm-to-milliseconds-ms>

Vartiainen, A. 2023. Ruudunkaappauksia eri suoratoisto-ohjelmistojen ääniasetuksista.

Verkkokauppa n.d. Jabra Speak2 75 MS -konferenssikaiutin. Verkkosivu. Haettu 4.7.2023. https://www.verkkokauppa.com/fi/product/867028/Jabra-Speak2-75-MS-konferenssikaiutin?gclid=EAlaIQobChMI6KqbhbOp_wIVhwuiAx3iLQT_EAkYAyABEgKNJfD_BwE

LIITTEET

Liite 1. Kyselylomake.

1 (8)

Äänitekniikka musiikin etäopetuksessa

ajkvartiainen@gmail.com [Vaihda tiliä](#)

 Ei jaettu

*** Pakollinen kysymys**

1. Oletko TAMK Musiikin tutkinto-ohjelmassa

☐ Päätoiminen (toimenhaltija tai tuntiopettaja)

☐ Sivutoiminen (tuntiopettaja, vierailija tai luennoitsija)

2. Opetatko

☐ Vain yksilöopetusta

☐ Vain ryhmäopetusta

☐ Yksilö- ja ryhmäopetusta

3. Mitä seuraavista pääasiassa opetat?

☐ Instrumenttiopinnot (soitin, laulu, tanssi / liike)

☐ Kuoro- ja orkesteriopinnot

☐ Yhteismusisointi

☐ Musiikin hahmotusopinnot

☐ Musiikkipedagogiset opinnot

☐ Muu: _____

2 (8)

4. Kuinka suuri prosentuaalinen osa opetuksestasi keskittyy klassiseen musiikkiin?

- ☐ 0 – 10 %
- ☐ 11 – 20 %
- ☐ 21 – 30 %
- ☐ 31 – 40 %
- ☐ 41 – 50 %
- ☐ 51 – 60 %
- ☐ 61 – 70 %
- ☐ 71 – 80 %
- ☐ 81 – 90 %
- ☐ 91 – 100 %

5. Oletko toteuttanut opetustyötäsi TAMK Musiikissa etäyhteydellä?

- ☐ Kyllä
- ☐ En

Mikäli vastasit edelliseen kysymykseen "Kyllä", siirry seuraavaan kysymykseen.
Mikäli vastasit edelliseen kysymykseen "En", kysely päättyy osaltasi tähän. Voit halutessasi perustella vastaustasi.

Oma vastauksesi _____

3 (8)

6. Arvioi etäopetuksesi prosentuaalista osuutta pandemian jälkeiseltä ajanjaksolta.

- ☐ 0 – 10 %
- ☐ 11 – 20 %
- ☐ 21 – 30 %
- ☐ 31 – 40 %
- ☐ 41 – 50 %
- ☐ 51 – 60 %
- ☐ 61 – 70 %
- ☐ 71 – 80 %
- ☐ 81 – 90 %
- ☐ 91 – 100 %

7. Etäopetus soveltuu minulle

- | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Hyvin huonosti | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | Erinomaisesti |

8. Mitä seuraavista laitteista käytät etäopetuksessasi?
(Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Pöytätietokone
- ☐ Kannettava tietokone
- ☐ Puhelin
- ☐ Tabletti
- ☐ Muu: _____

9. Miten muodostat verkkoyhteyden?
(Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Langallisesti
- ☐ Langattomasti
- ☐ Käytän mobiililaitteen (älypuhelin, tabletti) jaettua yhteyttä

4 (8)

10. Mitä seuraavista ongelmista olet kohdannut etäopetuksessasi?
(Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Äänenlaatu on heikko
- ☐ Ääni ja kuva eivät välity yhtenäkkäisesti
- ☐ Äänessä on häiritsevää viivettä
- ☐ Verkkoyhteys on riittämätön
- ☐ Oma tekninen osaaminen ei riitä
- ☐ En ole kohdannut ongelmia etäopetuksen yhteydessä
- ☐ En osaa sanoa
- ☐ Muu: _____

Mikäli vastasit edelliseen kysymykseen "En ole kohdannut ongelmia etäopetuksen yhteydessä", siirry kysymykseen 14. Muussa tapauksessa jatka eteenpäin.

11. Kuinka paljon äänitekniisiä häiriötekijöitä on esiintynyt etäopetuksessasi?

Häiriöitä omassa etäyhteydessä

	1	2	3	4	5	
Ei ollenkaan	☐	☐	☐	☐	☐	Paljon

Häiriöitä vastaanottajan etäyhteydessä

	1	2	3	4	5	
Ei ollenkaan	☐	☐	☐	☐	☐	Paljon

12. Kuinka usein etäopetuksessa on ilmennyt ääneen liittyviä ongelmia?

- ☐ Päivittäin
- ☐ Viikoittain
- ☐ Kuukausittain
- ☐ Harvemmin

5 (8)

13. Tarkenna häiriöiden esiintymisajankohtaa (viikonpäivä, kellonaika)

Oma vastauksesi _____

14. Tarvitsetko etäopetustasi varten

- ☐ Mukana kuljetettavan laitteiston
- ☐ Tilaan pysyvästi asennetun laitteiston
- ☐ Molemmat

15. Koetko tarvetta koulutukselle etäopetuslaitteiston käytössä?

- ☐ Kyllä
- ☐ En

Jos vastasit edelliseen kysymykseen "En", siirry kysymykseen 17.

Jos vastasit edelliseen kysymykseen "Kyllä", valitse seuraavista vaihtoehdoista parhaiten tarvettasi kuvaavat kohdat: (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Tapahtuman tarpeita vastaavien laitteiden valitseminen
- ☐ Laitteiden käyttöönotto, kaapeleiden yhdistäminen
- ☐ Laitteiden asetuksien muuttaminen etäopetuksen tarpeita vastaaviksi
- ☐ Etäyhteyden muodostaminen
- ☐ Muu: _____

6 (8)

16. Minkälaiseen koulutukseen osallistuisit?

(Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Asiantuntijaluento
- ☐ Demonstraatio
- ☐ Workshop pienryhmässä
- ☐ Henkilökohtainen opastus, 1–2 krt.
- ☐ Henkilökohtainen opastus, 3–4 krt.
- ☐ Henkilökohtainen opastus, 5 krt. tai enemmän
- ☐ Henkilökohtainen opastus omassa opetustilanteessa, 1–2 krt.
- ☐ Henkilökohtainen opastus omassa opetustilanteessa, 3–4 krt.
- ☐ Henkilökohtainen opastus omassa opetustilanteessa, 5 krt. tai enemmän
- ☐ Kirjallinen opas
- ☐ Muu: _____

17. Mitä seuraavista suoratoistolaitteistoista tai -ohjelmistoista olet käyttänyt etäopetuksessasi? (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Whatsapp
- ☐ Messenger
- ☐ Teams
- ☐ Zoom
- ☐ ELK Live
- ☐ Polycom
- ☐ LoLa
- ☐ Nimbra
- ☐ Muu: _____

18. Millä perusteella olet valinnut käyttämäsi ohjelmiston etäopetukseen?

(Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Organisaatiossani käytetään kyseistä ohjelmistoa
- ☐ Ohjelmisto soveltuu hyvin etäopetukseni tarpeisiin
- ☐ Olen tottunut käyttämään ohjelmistoa
- ☐ Ohjelmiston monipuolisuus
- ☐ Äänitekniset säätömahdollisuudet
- ☐ Muu: _____

7 (8)

19. Valitse seuraavista kohdista tällä hetkellä etäopetustasi koskevat väittämät. (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Käytän tietolaitteen (kannettava tietokone, tabletti, kännykkä) mikrofontia etäopetuksessa
- ☐ Käytän USB-mikrofontia etäopetuksessa
- ☐ Käytän yhtä tai useampaa erillistä mikrofontia etäopetuksessa
- ☐ Käytän yhtä tai useampaa langatonta mikrofontia etäopetuksessa
- ☐ Käytän mikrofonin lisäksi muita äänilähteitä (instrumentti kytkettynä äänikorttiin, tai muu vastaava yhdistelmä)
- ☐ Muu: _____

20. Valitse seuraavista vaihtoehdoista etäopetukseesi parhaiten soveltuvat laitteet. (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Tietolaitteen mikrofoni
- ☐ Erilliset mikrofonit
- ☐ Langattomat mikrofonit
- ☐ Mikrofonin lisäksi muita äänilähteitä ja laitteita (instrumentti kytkettynä äänikorttiin tai muu vastaava yhdistelmä)
- ☐ Muu: _____

21. Käytätkö etäopetuksessa kuunteluusi
(Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Tietolaitteen (kannettava tietokone, tabletti, kännykkä) omia kaiuttimia
- ☐ Erillisiä kaiuttimia
- ☐ Kuulokkeita
- ☐ Muu: _____

22. Valitse seuraavista vaihtoehdot, mitkä tukisivat etäopetustasi parhaiten, mikäli laitteet olisivat saatavilla. (Voit valita myös useamman vaihtoehdon)

- ☐ Tietolaitteen kaiuttimet
- ☐ Erilliset kaiuttimet
- ☐ Kuulokkeet
- ☐ Muu: _____

8 (8)

23. Minkälaisiin musiikin sisältöihin ja tilanteisiin koet etäopetuksen soveltuvan omassa työssäsi?

Oma vastauksesi

24. Vapaa sana, ole hyvä

Oma vastauksesi

Suostumus *

☐ Vahvistan, että olen saanut sähköpostitse toimitetun tutkimustiedotteen.
Lähehtämällä vastaukseni suostun antamieni tietojen käsittelyyn opinnäytetyön aineistona.

Suuret kiitokset!

Lähetä

Tyhjennä lomake

Pyyntö tutkimukseen osallistumisesta

Sinua pyydetään osallistumaan Tampereen ammattikorkeakoulussa tehtävään Musiikkipedagogi (YAMK) -opinnäytetyötutkimukseen. Tutkimuksessa kartoitetaan etäopetuksen äänitekniikasta kertyneitä kokemuksia kyselyn avulla.

Kysely osoitetaan TAMK Musiikin pää- ja sivutoimiselle opetushenkilöstölle. **Kysely on avoinna 15.9. - 30.9.2023.** Olet valikoitunut tutkimukseen, koska työnkuvaasi mahdollisesti kuluu musiikin etäopetus.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää tukitoimintojen tarvetta musiikin etäopetuksen yhteydessä käytettävien äänitekniisten laitteiden hyödyntämisessä

Tutkimuksen nimi ja tutkimuksen tekijän yhteystiedot

Äänitekniikka musiikin etäopetuksessa
Antti Vartiainen, TAMK, Musiikkipedagogi (YAMK) -opiskelija,
antti.j.vartiainen@tuni.fi

Vapaaehtoisuus

Tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista ja voit milloin vain kieltäytyä tai keskeyttää osallistumisesi, eikä siitä aiheudu kielteisiä seuraamuksia.

Tutkimuksen kulku

Tähän sähköpostiin liitetystä linkistä aukeavaan tietokoneella tai mobiililaitteella vastattavaan kyselyyn kuluu aikaa alle 10 minuuttia. Kyselyssä on monivalintakysymyksiä ja avoimia kysymyksiä.

Tutkimuksesta aiheutuvat riskit ja haitat

Tutkimuksesta ei aiheudu riskejä tai haittoja.

Tutkimuksen kustannukset ja rahoitus

Tutkimukseen osallistumisesta ei makseta palkkiota, eikä osallistumisesta aiheudu kustannuksia. Tutkimuksella ei ole erillistä rahoitusta.

Tutkimuksesta tiedottaminen ja tutkimustulokset

Tutkimustulokset esitetään opinnäytetyön esittelytilaisuudessa marraskuussa 2023, minkä jälkeen opinnäytetyö on luettavissa sähköisesti Theseus-tietokannassa.

Tutkimuksessa ei kerätä henkilötietoja, eikä tutkittavia pysty tunnistamaan tutkimustuloksista tai julkaisuista.

Tutkimusaineiston käsittely

Tutkimuksen aineisto kerätään Google Forms- verkkolomakkeella ja tulokset tallentuvat salasanasuojatulle Google Drive -palvelimelle.

Ainoastaan tutkimuksen tekijä käyttää aineistoa, mikä hävitetään tutkimuksen valmistuttua tai tutkimuksen jäädessä kesken.

Aineistoa ei säilytetä palvelimella tutkimuksen valmistuttua tuloksien ollessa nähtävissä osana opinnäytetyötä. Tutkimuksen tekijä on vastuussa kerätyistä aineistosta.

Suostumus opinnäytetyötutkimukseen osallistumisesta

Olen ymmärtänyt, että kyselyyn osallistumiseni on vapaaehtoista ja voin keskeyttää sen halutessani milloin tahansa, eikä siitä aiheudu minulle minkäänlaisia kielteisiä seuraamuksia.

Olen lukenut tutkimustiedotteen ja saanut riittävät tiedot tutkimuksen tavoitteista, sen kulusta sekä kyselystä kertyvän tutkimusaineiston käsittelystä. Vastaamalla sähköiseen kyselyyn ilmaisen, että olen ymmärtänyt saamani tiedot.