

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

Koneautomaatio

2021

Mikko Kontiainen

ÄÄNITASOMITTARIN MIKROFONIN VALINTA JA TOTEUTUS

Mikko Kontiainen

ÄÄNITASOMITTARIN MIKROFONIN VALINTA

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii turkulainen Pietiko Oy, joka tarjoaa erilaisia mittalaitteita, asiantuntijaosaamista ja tietoa erilaisiin mittauksiin liittyen. Toimeksiantona oli perehtyä äänen mittaukseen, mikrofoneihin, sekä erilaisiin äänitasomittareihin. Ongelmana projektissa oli alun perin ammattilaistason mikrofoniin kallis hinta sekä korkea vaatimustaso mikrofoniin ominaisuuksille ja laadulle. Lopullisena tavoitteena on, että äänitasolähetin saadaan rakennettua valmiin lähetinyksikön pohjalle, jotta laite voisi toimia yhdessä Pietikon valmistaman Miran DLS-sarjan muiden lähettimien ja keskusyksiköiden kanssa.

Äänen mittaaminen langattomasti lähettimien avulla on suhteellisen harvinaista eikä tietoa aiheesta ole paljoa saatavilla. Muista langattomista lähetimistä löytyy Pietikolta tietoa ja osaamista. Tässä työssä mainittu äänitasomittari on siis käytännössä äänitasolähetin, joka ei suoraan näytä käyttäjälle dataa vaan tässä tapauksessa lähettää mittausdatan keskusyksikölle langattomasti. Työn lopputuloksena valittiin Pietikon tulevaan äänitasomittari-prototyyppiin mikrofoni, jonka pohjalle äänitasomittaria aletaan rakentamaan. Projekti jatkuu tämän opinnäytetyön jälkeen. Seuraava vaihe on mikrofoniin testaus äänilaboratoriossa, jotta mikrofoniin riittävät ominaisuudet ja laatu saadaan varmistettua.

Äänenmittaus itsessään on myös hyvin tarkkaa, erityisesti ammattilaistason mittauksissa, joten tämä opinnäytetyö ei käsittele kaikkia äänenmittaukseen liittyviä yksityiskohtia.

ASIASANAT:

Ääni, äänenpainotaso, äänitasomittari, lähetin, mikrofoni

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering | Machine Automation

2021 | 30 pages

Mikko Kontiainen

MICROPHONE SELECTION FOR A SOUND LEVEL METER

This thesis was commissioned by Pietiko Ltd, which offers various measuring devices, as well as expert knowledge and information related to various measurements. The assignment was to get acquainted with sound measurement, microphones, and various sound level meters. The problem with the project was initially the expensive price of professional-grade microphones, as well as the high level of requirements for the features and quality of microphones. The main goal was to have the sound level transmitter built on the bottom of the finished transmitter unit so that the device can work together with other transmitters and central units in the Miran DLS series made by Pietiko Ltd.

Measuring sound wirelessly using transmitters is relatively uncommon and there is not much information available on the subject. Pietiko Ltd has lots of information and skill regarding to other wireless transmitters. The sound level meter mentioned in this thesis is thus in practice a sound level transmitter which does not directly show the data to the user but in this case sends the measurement data to the central processing unit wirelessly. As a result of the thesis, a microphone was chosen for Pietiko Ltd's future sound level meter prototype, on the basis of which the sound level meter will be built. The project will continue after the completion of this thesis. The next step is testing the microphone in a sound laboratory to ensure adequate microphone features and quality.

Sound measurement itself is also a very complex subject, especially in professional level measurements, so this thesis did not deal with all the details related to sound measurement.

KEYWORDS:

Sound, sound pressure, sound level meter, sender, transmitter, microphone

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 ÄÄNI JA SEN MITTAUS	9
2.1 Äänen taajuus	9
2.2 Äänenpaine	9
2.3 Äänenpainetaso	10
2.4 Taajuusvaste ja -painotus	10
2.5 Aikapainotus	11
3 ERILAISET MIKROFONIT	12
3.1 Toimintatapa ja -periaate	12
3.2 Dynaaminen mikrofoni	12
3.3 Kondensaattorimikrofoni	12
3.4 Elektriteettimikrofoni	13
3.5 Mikrofonien suuntakuviot	13
3.6 Mikrofoniesivahvistin	14
3.7 Tehovahvistin	14
4 ÄÄNITASOMITTARI	16
4.1 Toiminta	16
4.2 Äänentasonmittareiden luokitukset	16
4.2.1 Luokka 1	16
4.2.2 Luokka 2	17
5 MARKKINOILLA OLEVAT ÄÄNITASOMITTARIT	18
5.1 Yleisesti	18
5.2 Cirrus CR308	18
5.3 Cirrus Optimus CR151A	19
5.4 NTI Audio XL2	19
6 MIKROFONIN VALINTA JA ÄÄNITASOMITTARILÄHETTIMEN PROTOTYYPPI	21
6.1 Äänitasomittariprototyyppi	21
6.2 Kriteerit prototyypin mikrofonille	22

6.3 Mikrofonivaihtoehdot	22
6.3.1 Dayton audio EMM-6	22
6.3.2 NTI audio m4261	23
6.3.3 Micw i436	24
6.3.4 Sonarworks SoundID Ref Measurement Micro	25
6.4 Mittalaitteen kotelo	25
6.5 XLR-liitin ja johto	26
6.6 Mikrofonin valinta	27
6.7 Laboratoriotestit Dayton EMM-6 mikrofonilla	27
6.8 Referenssimittausympäristö laboratoriotesteihin	27
6.9 Tarvittava elektroniikka prototyyppiin	28
7 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	30

KAAVAT

Kaava 1. Äänenpainetaso desibeleinä kymmenkertaisen logaritmin avulla.	10
--	----

KUVAT

Kuva 1. Äänilähde ja äänen havainnoitsija (Karjalainen 2000).	9
Kuva 2. Kondensaattorimikrofonin toiminta (Sipilä).	13
Kuva 3. Yleisimmät suuntakuviot (piisami.net).	14
Kuva 4. Audiojärjestelmä (Blomberg & Lepoluoto 2007).	15
Kuva 5. Cirrus CR308 (Pietikon verkkokauppa 2021).	18
Kuva 6. Cirrus Optimus CR151A (Pietikon verkkokauppa 2021).	19
Kuva 7. NTI Audio XL2 (nti-audio.com).	20
Kuva 8. EMM-6 mittamikrofoni (Hifikulma.fi verkkokauppa 2021).	23
Kuva 9. NTI Audio M4261 (Thomann.de verkkokauppa 2021).	24
Kuva 10. micW i436 mikrofoni (Thomann.de verkkokauppa 2021).	24
Kuva 11. Sound ID reference mikrofoni (Thomann.de verkkokauppa 2021).	25
Kuva 12. MIRAN DLS WP.T+eTH-HMP110- lähetin (Pietikon verkkokauppa 2021).	25
Kuva 13. XLR naaras- ja urosliitin (aliexpress.com).	26

KUVIOT

Kuvio 1. Havainnollistava kuvio eri taajuuspainotuksista (piisami.net).

11

Kuvio 2. informaation virta DLS mittausympäristössä.

21

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Desibeli [db]	Arvon ja vertailuarvon logaritminen suhde ja äänenpainetason yksikkö
Hertzi [Hz]	Taajuus
Voltti [V]	Jännitteen yksikkö
IEC 61672-1:2013	Äänitasomittareiden tekniset vaatimukset asettava standardi
Äänitasomittari	Äänitasoa mittaava laite
A-Taajuuspainotus	Ihmisen kuuloaluetta vastaava, sekä yleisin käytetty painotus
KiCad	Elektroniikan suunnitteluohjelmisto
XLR-liitin	Yleisesti äänitekniikassa käytetty liitin
Phantom-virta	Sähkövirta, jonka kondensaattorimikroni tarvitsee toimiakseen
A/D-muunnin	Analogia-digitaalimuunnin
Pohjakohina	Mittalaitteen tai mikrofونin tuottama pohjääni.
SPL [L_p]	Äänenpainetaso
Pascal [Pa]	SI-järjestelmän mukainen paineen yksikkö
Baari [bar]	Paineen yksikkö, jota käytetään ilmaisemaan nesteen tai kaasun painetta
Signaali-kohinasuhde	Suhde, joka kuvaa vastaanotetun signaalin laatua

1 JOHDANTO

Äänitasomittauksia ei voida aina suorittaa perinteisellä äänitasomittarilla. Ongelmaksi saattaa tulla tilan puute tai tilan mahdollinen vaarallisuus ihmiselle, ja joskus äänimittaus langattomasti sekä ilman henkilön välitöntä läsnäoloa voi olla vain helpompaa ja loogisempaa. Esimerkiksi erilaiset mittaukset asbestipurkutiloissa voivat tuottaa ongelmia. Langattomalla äänitasomittauksella saadaan ratkaistua monia ongelmia, kuten kerättyä tietoa helpommin käsiteltäväksi tai vietyä sitä eteenpäin esimerkiksi pilvipalveluun kuin osalla perinteisistä äänitasomittareista. Langaton mittaus on myös jatkuvasti kehittyvä ja yleistyvä ala. Langaton äänitasomittaus suhteessa esimerkiksi langattomaan painemittaukseen on kuitenkin edelleen harvinaista. Tässä opinnäytetyössä käsitellään toimeksiantajayritykselle uudenlaista lähetintä, jonka tehtävä on mitata äänitasoa. Toisin sanoen kyseessä on eräänlainen langaton ”äänitasomittauslähetin”, mutta tässä työssä sitä kutsutaan vain äänitasomittariksi.

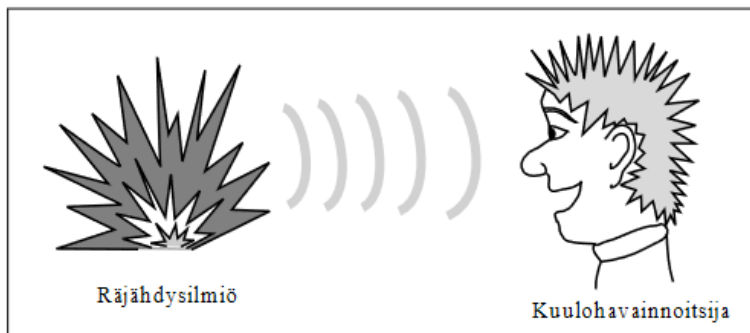
Opinnäytetyön tavoitteena on aloittaa projekti, jossa valmistetaan Pietiko Oy:lle äänitasomittarin prototyyppi. Suurimmaksi ongelmaksi muodostui mikrofoniin valinta, jonka pohjalle prototyyppiä aletaan suunnittelemaan. Opinnäytetyön päätavoite onkin tarjota ratkaisuja tähän ongelmaan. Projektia jatketaan opinnäytetyön jälkeen hyödyntäen tässä opinnäytetyössä hankittua osaamista ja tuloksia.

Opinnäytetyön alussa käydään läpi äänimittauksen ja äänen teoriaa, sekä erilaisia mikrofonityyppejä. Seuraavaksi vertaillaan erilaisia äänentasomittareita. Näiden vertailujen, sekä yhteisten palaverien pohjalta toimeksiantajan kanssa valitaan muutama mikrofoni-vaihtoehto, joita vertaillaan. Näistä vaihtoehtoista valitaan mikrofoni, jota testataan laboratoriossa projektin jatkuessa. Myös prototyypin muuta toteutusta, kuten elektroniikkaa ja mekaniikan toteutusta käsitellään työn pääaiheen ohella.

2 ÄÄNI JA SEN MITTAUS

Ääni on kuultavissa olevaa mekaanisesti tuotettua aaltoliikettä tai aaltoliikkeen kuuloelinten kautta aiheuttama kuuloaistimus. Ääniaalto tarvitsee väliaineen edetäkseen. Väliaine voi olla missä tahansa muodossa, kuten nesteenä, kaasuna tai kiinteänä. Ääniaallon etenemistapa riippuu väliaineesta. (Blomberg & Lepoluoto 2007.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain kaasuissa kulkeviin ääniaaltoihin.



Kuva 1. Äänilähde ja äänen havainnoitsija (Karjalainen 2000).

Ääni voidaan määritellä kahdesta eri näkökulmasta. Se voidaan määritellä aaltoliikkeenä tai värähtelynä, mutta kuulon kannalta se on kuulojärjestelmässä syntyvä aistimus. (Karjalainen 2000.)

2.1 Äänen taajuus

Äänen taajuus kertoo värähtelyjen lukumäärän sekunneissa. Värähtelyt ilmaistaan yksikkönä hertsi [Hz]. Ihmisen korva pystyy aistimaan värähtelyjä väliltä 20–20000 Hz. Ihmisen kyky kuulla ääniä korkeilta taajuuksilta heikkenee iän myötä kuulon heikentyessä. (Blomberg & Lepoluoto 2007.)

2.2 Äänenpaine

Äänenpaine muodostuu äänen aiheuttamasta poikkeamasta väliaineen staattisesta paineesta. Yleensä äänenpaineella tarkoitetaan tehollisarvoa ilmaistuna yksiköllä Pascal. Normaalikuuloinen ihminen havaitsee painevaihtelut välillä 20 uPa – Pa. (Eurasto 2007.)

2.3 Äänenpainetaso

Äänenpainetaso kuvaa äänenvoimakkuutta verrattuna referenssiäänepaineeseen, joka vastaa tasoa 0 dB. Sen yksikkö on desibeli [dB] (Pulkki 2016).

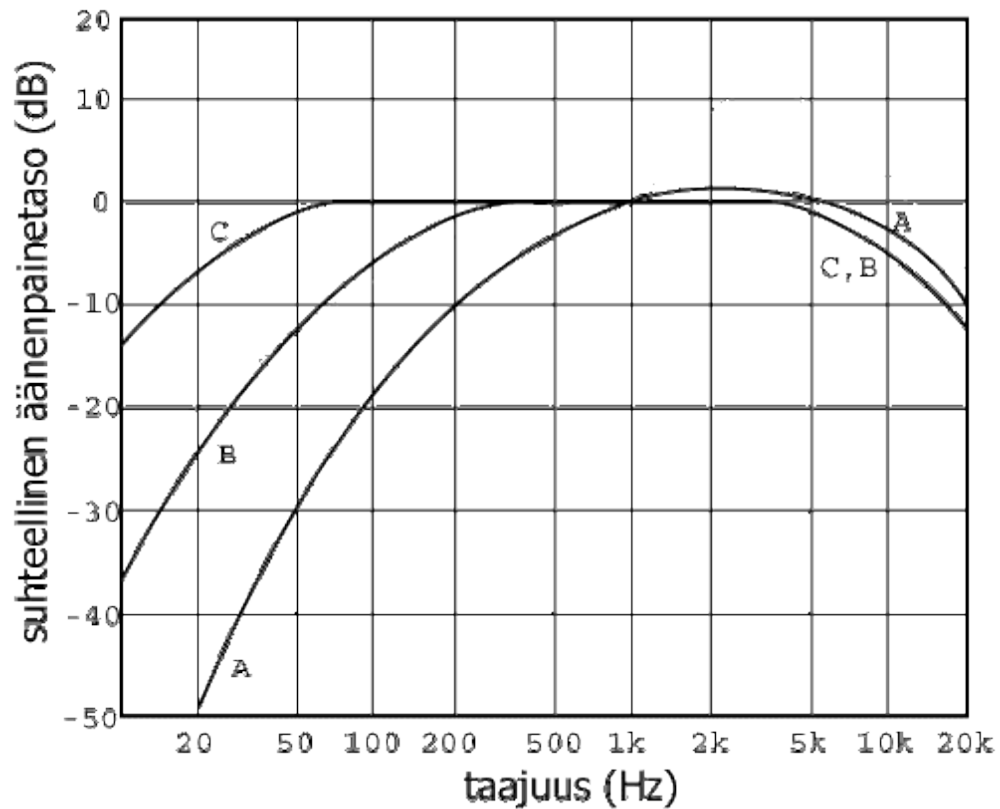
$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \quad (1)$$

Äänenpaine on tehollisarvon ja vertailuäänepaineen suhteen neljän kymmenkertainen kymmenlogaritmi. Logaritmista suuretta käytetään melun voimakkuuden mittana ihmisen kuuloaistin suuren dynaamisen alueen vuoksi. Kaksinkertainen äänenpaine ei kuulosta kaksinkertaiselta ihmiskorvaan vaan ainoastaan hieman kovemmalta. (Blomberg & Lepoluoto 2007; Eurasto 2007.)

2.4 Taajuusvaste ja -painotus

Kuulokynnys ja äänenvoimakkuuden aistiminen riippuvat äänen taajuudesta ja äänenvoimakkuudesta. Painotussuodattimilla voidaan korostaa keskitaajuusalueita, joka on kuulon herkin alue. Samalla vaimennetaan matalia ja korkeita taajuuksia. A-painotus vastaa painotuksista parhaiten kuulovaikutelmaa pienillä äänenvoimakkuuksilla. Siksi sitä käytetään yleisesti äänenpainetasojen mittauksissa. Desibeliä käytettäessä äänenpaineen tason yhteydessä voidaan sen yksikköön liittää lisämerkki kuvaamaan käytettyä painotussuodatinta esimerkiksi dB(A) (Blomberg & Lepoluoto 2007.)

Kuviosta 1 ilmenee eri taajuuspainotuksien erot. X-akseli edustaa taajuutta. Y-akseli edustaa vaimennustasoa desibeleinä. Vaimennuksella tarkoitetaan akustisesti mitattua energian menetystä äänen etenemisessä. (Cirrus Research plc 2020.)



Kuvio 1. Havainnollistava kuvio eri taajuuspainotuksista (piisami.net).

2.5 Aikapainotus

Aikapainotus on äänenpaineen neliöinnin jälkeen tapahtuva lyhytaikainen eksponentiaallinen keskiarvostus, jolle on olemassa SFS 2877 -standardin mukaiset vaihtoehdot S (hidas), F (nopea), I (impulssi), peak (huippu). Keskiarvostus määritellään vaihtoehtojen mukaisten aikavakioiden avulla. (Ympäristöministeriö 1995.)

3 ERILAISET MIKROFONIT

3.1 Toimintatapa ja -periaate

Mikrofoni on muunnin, joka muuttaa paineen tai ilman hiukkasnopeuden vaihtelut jännitteen vaihteluksi. Tietty paine vastaa tiettyä jännitettä. Mikrofonien herkkyys ilmoitetaan lukuina, jonka yksikkö on mV/Pa tai mV/ μ b (Pa = Pascal, μ b = mikrobaari, molemmat paineen yksiköitä). Esimerkiksi kondensaattorimikrofonien herkkyys voi olla luokkaa 10 mV/Pa ja epäherkempien dynaamisten mikrofonien n. 1 – 2mV/Pa. Mikrofoneista saatavan signaalin taso on pieni n. -60dB – (-30) dBu, eli jännitteenä 1 mV – 30mV. (Blomberg & Lepoluoto 2007.)

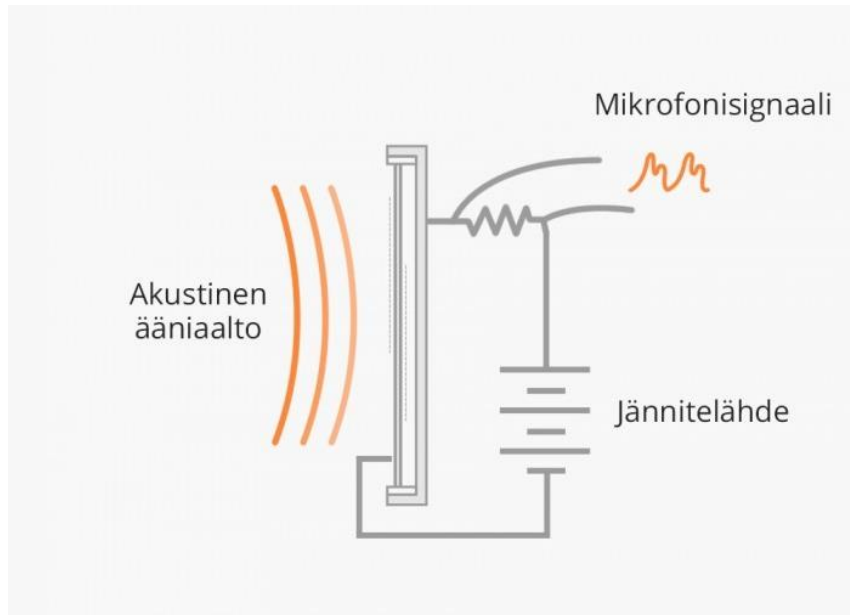
3.2 Dynaaminen mikrofoni

Dynaaminen mikrofoni on yksinkertaisin mikrofonityyppi ja mekaanisesti kestävä. Sitä käytetään usein, kun äänilähteen tuottama äänenpaine on suuri. Dynaaminen mikrofoni koostuu kalvosta, kelasta ja magneetista. Kalvo värähtelee äänipaineen vaihtelun mukaan ja mikrofonin johtokela värähtelee kalvon kanssa samassa tahdissa. Kela taas liikkuu edestakaisin magneetin sisällä ilmaraoissa. (Sipilä.)

3.3 Kondensaattorimikrofoni

Kondensaattorimikrofonit ovat yleisesti käytössä studioissa. Niiden taajuusvaste on laajempi ja sointi tarkempi kuin dynaamisissa mikrofoneissa. Ne ovat myös herkkiä, joten ne soveltuvat paremmin hiljaisten tai etäisten äänilähteiden taltiointiin. Tämän tyyppisessä mikrofoniissa on ohut metallikalvo, jonka takana on kiinteä metallinen taustalevy. Kalvon taustalevy ja väliaine eli ilma muodostavat kondensaattorin. (Sipilä.)

Kondensaattorimikrofonin kapasitanssi vaihtelee äänen paineaallon mukaan. Kalvon liikkuessa, taustalevyn ja kalvon etäisyys toisistaan vaihtelee, joka näkyy kondensaattorin sähkönvarauskykyinä. Audiosignaali saadaan muuntaessa kapasitanssin vaihtelut jännitteenvaihteluksi. Kondensaattorimikrofoni tarvitsee jännitelähteen, joka tuottaa niin kutsutun phantom-virran esivahvistinta ja polarisaatiota varten. Kondensaattorimikrofoneissa on sisäänrakennettu esivahvistin. (Sipilä.)



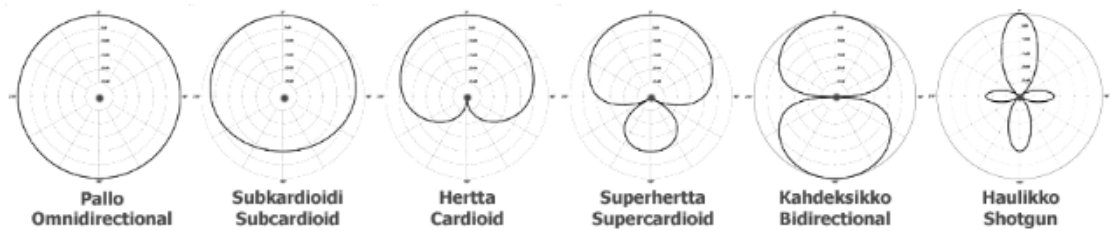
Kuva 2. Kondensaattorimikrofonin toiminta (Sipilä).

3.4 Elektriteettimikrofoni

Elektriteettimikrofoni on kondensaattorimikrofonin erikoistyyppi, joka ei tarvitse polarisaatiojännitettä, koska mikrofonin kapseli on valmistettu pysyvästi polarisoidusta materiaalista. Esivahvistimen takia jännitelähde tarvitaan, mutta jännite voi olla pienempi kuin normaali phantom-virran jännite. Elektriteettimikrofoneille ominaista on pieni virrankulutus. (Blomberg & Lepoluoto 2007.)

3.5 Mikrofonien suuntakuviot

Mikrofonit voidaan luokitella myös suuntaherkkyyden mukaan. Suuntaherkkyys tarkoittaa mikrofonin kykyä siepata ääntä tietyistä suunnista ja toisaalta vaimentaa tietyt suunnat. Yleisimmät kuviot ovat pallo, hertta ja kahdeksikko. (Sipilä.)



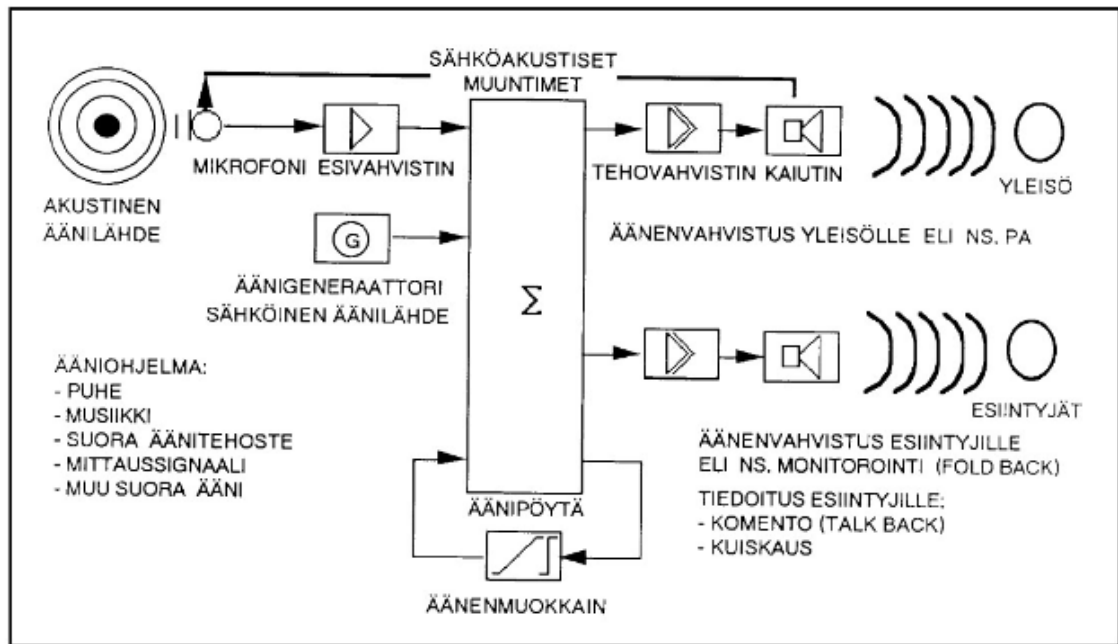
Kuva 3. Yleisimmät suuntakuviot (piisami.net).

3.6 Mikrofoniesivahvistin

Mikrofoneista saatava signaalin taso on matala ja se vaatii vahvistusta, jotta signaalia voidaan muokata ja siirtää eteenpäin. Mikrofonin esivahvistin siis vahvistaa signaalia. Esivahvistimen tuottama vahvistus on usein säädettävissä, sillä vaadittava vahvistus vaihtelee eri mikrofoneista riippuen. Esivahvistin sisältyy usein äänipöytään tai voi olla erillinen laite. (Blomberg & Lepoluoto 2007.)

3.7 Tehovahvistin

Tehovahvistinta tarvitaan, kun signaalilla halutaan ohjata esimerkiksi kaiutinta. Audiolinjojen tehot ja tasot eivät riitä sellaisenaan ohjaamaan kaiuttimia. Tämän takia ennen kaiutinta tarvitaan teho- eli päätevahvistin. (Blomberg & Lepoluoto 2007.)



Kuva 4. Audiojärjestelmä (Blomberg & Lepoluoto 2007).

4 ÄÄNITASOMITTARI

4.1 Toiminta

Äänitasomittari on mittalaite, jolla mitataan äänitasoja. Laitetta kutsutaan myös äänenpainemittariksi tai puhekielessä desibelimittariksi. Äänentasonmittari muuntaa mikrofonin hyödyntäen ääniaallot sähköisiksi signaaleiksi ja kertoo käyttäjälle mitatun äänentason lukeman. Äänentasonmittari sisältää mikrofonin lisäksi muun muassa vahvistimen, sillä mikrofonin tuottama signaali itsessään vaatii vahvistusta. Olennaista on, että käyttäjälle näytetään mittaustulokset joko näytöltä numeroiden muodossa tai asteikolta. Signaalinkäsittely tapahtuu mittareissa yleensä digitaalisesti, joten käytännössä melkein kaikki äänentasonmittarit sisältävät jonkinlaisen mikroprosessorin. Mikroprosessorilla ohjataan myös äänentasonmittareista mahdollisesti löytyvää näyttöä. (Rantala 2020.)

Äänentasonmittarit voidaan IEC 61672 -standardin mukaisesti jakaa kolmeen eri luokkaan. Ensimmäinen ryhmä koostuu niin sanotusti tavallisista mittareista, jotka mittaavat eksponentiaalisesti aika- ja taajuuspainotettua äänitasoa. Toinen ryhmä koostuu integroivista keskiarvoistavista mittareista, jotka mittaavat aika- ja taajuuskeskiarvoistuja äänitasoja. Kolmas ryhmä koostuu integroivista mittareista, jotka mittaavat taajuuspainotettuja altistumistasoja äänelle. (EVS-EN 61672-1:2013.)

4.2 Äänentasonmittareiden luokitukset

Äänitasomittareiden luokituksia koskeva kansainvälinen standardi on IEC 61672-1:2002. Ammattilaistason äänitasomittarit ovat luokiteltu kahteen eri luokkaan niiden suorituskyvyn perusteella. (Cirrusresearch UK 2021.)

4.2.1 Luokka 1

Luokan 1 mittari soveltuu mittauksiin, joissa tulosten tulee olla tarkkoja tai virheet mittauksissa voivat olla vaaraksi terveydelle. Esimerkiksi ympäristömelun mittaukseen vaaditaan luokan 1 mittari.

Luokan 1 mittareissa toleranssit eri taajuuksilla ovat pienempiä, ja sen pitää kattaa suurempi taajuusalue, kuin luokan 2 mittarin. (Cirrusresearch UK 2021.)

4.2.2 Luokka 2

Luokan 2 mittari soveltuu esimerkiksi työympäristössä tapahtuviin mittauksiin ja sen toleranssivaatimukset ovat vaatimattomammat kuin luokan 1 mittareissa. Luokan 2 äänitasomittari voi kuitenkin täyttää joitain luokan 1 äänitasomittarin vaatimuksia, mutta jos jokin vaatimus täyttää vain luokan 2 vaatimuksen, kuuluu mittari luokkaan 2. (EVS-EN 61672-1:2013; Cirrusresearch UK 2021.)

5 MARKKINOILLA OLEVAT ÄÄNITASOMITTARIT

5.1 Yleisesti

Äänitasomittareita on paljon erilaisiin tarpeisiin ja erilaisista hintaluokista. Suurin ero mittareissa on niiden tarjoamat toiminnot. Ammattilaistason äänitasomittari on usein joko IEC 61672-1:2013 -standardin mukaan luokkaan 1 tai luokkaan 2 soveltuva. (EVS-EN 61672-1:2013.)

5.2 Cirrus CR308

CR308 on luokan 2 äänitasomittari. Luokan 2 mittarina se soveltuu esimerkiksi koneiden, työpisteiden ja palohälyttimien äänitason testaukseen. Laite toimii kahdella AA-paristolla ja se on 470 euron mittarina edullisin, mitä Pietiko Oy tarjoaa. Laitetta markkinoidaan yleisesti perustason äänitasomittarina. (Pietikon verkkokauppa 2021.)



Kuva 5. Cirrus CR308 (Pietikon verkkokauppa 2021).

5.3 Cirrus Optimus CR151A

CR151A on luokan 1 äänitasomittari. Sen mittausalue on 20–140 dB. Laite soveltuu yksinkertaiseen äänitason mittaukseen. Hinta mittarille on 2350e Pietikon verkkokaupassa. Mittari voidaan päivittää ohjelmallisesti parempaan versioon. Laitteella voidaan testata esimerkiksi palohälytyksien voimakkuutta, melutasoja sekä huoltaa ja asentaa äänilähteitä. (Pietikon verkkokauppa, 2021.)



Kuva 6. Cirrus Optimus CR151A (Pietikon verkkokauppa 2021).

5.4 NTI Audio XL2

XL2-mittari erottuu joukosta muokattavuutensa ansiosta. Mikrofonin on XLR-liitännällä kiinni mittarissa, jonka ansiosta mittarissa voidaan käyttää erilaisia mittausmikrofoneja, joita NTI tarjoaa. Laitteeseen on saatavilla luokan 1 ja 2 mikrofoneja, sekä erikseen ulkotiloihin suunnattuja mikrofoneja. Mikrofonin ja mittarin välille on saatavilla jatko-kaapeli, jolloin mikrofoni saadaan aseteltua tarpeen mukaan. Laitteen hinta vaihtelee haluttujen ominaisuuksien mukaan. Esimerkiksi Luokan 2 mikrofoniin varustettu laite maksaa jälleenmyyjällä 1444 puntaa. (NTI audio AG 2021; thomann.de verkkokauppa 2021.)

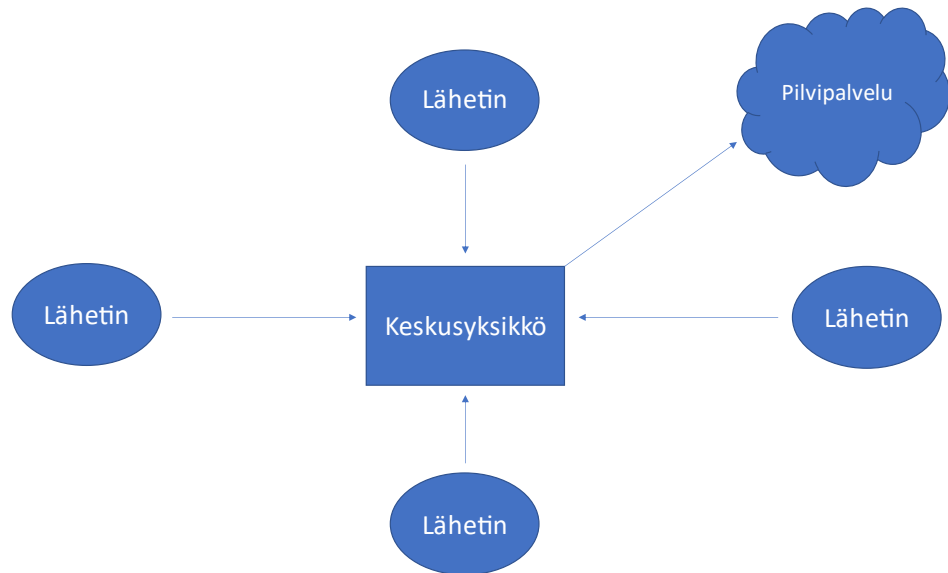


Kuva 7. NTI Audio XL2 (nti-audio.com).

6 MIKROFONIN VALINTA JA ÄÄNITASOMITTARILÄHETTIMEN PROTOTYYPPI

6.1 Äänitasomittariprototyyppi

Tässä opinnäytetyössä mainittu äänitasomittariprototyyppi ei ole perinteinen äänitasomittari, sillä laite itsessään ei näytä käyttäjälle minkäänlaista tietoa, vaan se lähettää mitaustietoa eteenpäin keskusyksikölle, joka käsittelee ja näyttää tai tallentaa mittausdatan käyttäjälle. Keskusyksikköön tulee voida kytkeä monta eri lähetintä, jotka lähettävät jatkuvasti mitaustietoa keskusyksikölle tallennettavaksi ja käsiteltäväksi.



Kuvio 2. informaation virta DLS mittausympäristössä.

Lähettimet keräävät äänitasosta mitaustietoa, jota lähetetään äänitasomittarin radiolähettimen avulla keskusyksikölle. Keskusyksikön näytöllä näkyvät mitatut arvot eri lähetimillä. Nykyiseen Pietikon Miran DLS APw -keskusyksikköön voidaan liittää jopa 16 lähetintä. DLS-järjestelmään voidaan liittää muun muassa lämpötila-, ilmankosteus- ja painantureita. (Pietikon verkkokauppa 2021.)

6.2 Kriteerit prototyypin mikrofonille

Lähettimen pääasiallinen tehtävä tulee olemaan äänen mittaus sisätiloissa. Mikrofonin olisi suositeltavaa täyttää EN 61672-1:2013 luokan 2-standardiluokitus, koska sitä vaaditaan, jos mittaukset liittyvät työolosuhteissa tapahtuviin mittauksiin (EVS-EN 61672-1:2013). Luokan 2 mikrofoni ei kuitenkaan automaattisesti tee äänitasomittarista luokan 2 äänitasomittaria, sillä äänitasomittareita koskevassa standardissa on myös signaaliin käsittelyyn liittyviä kriteerejä.

Helpoin ratkaisu on hankkia valmis kokoonpano, johon kuuluu esivahvistin, sekä mikrofoni. Mikrofonille tulee oma teline ja riittävän pitkä johto, jotta se saadaan asetettua halutulle paikalle. Hinta tulee olla noin sadan euron luokkaa, kun niitä tilataan viidenkymmenen kappaleen erä. Pohjakohina saa olla maksimissaan 25dB:ä.

Lähetin on pääsääntöisesti mittaustilanteessa virtajohdossa kiinni, mutta siinä on akku virtakatkoksia varten. Mitä vähemmän mikrofoni vie virtaa, sitä parempi akkukestosta saadaan tilanteissa, jossa virtaa laitteelle ei ole saatavilla.

6.3 Mikrofonivaihtoehdot

Käsittelimme palavereissa erilaisia mikrofonivaihtoehtoja ja pohdimme minkä tai minkälaisien mikrofonien kanssa prototyyppi kannattaa saada toimivaksi. XLR-liitännällä ja esivahvistimella saatavia mikrofoneja löytyy paljon erilaisista verkkokaupoista. Valitettavasti monikaan edullinen mikrofoni ei ollut saanut EN 61672-1:2013 -standardin luokan 2-luokitusta. Tässä opinnäytetyössä pohditut mikrofonit rajoittuvat kondensaattori- ja elektriteettimikrofoneihin, muiden mikrofonityyppien ollessa soveltumattomia haluttuun äänitasomittariin. Pohdittujen mikrofonivaihtoehtojen hinta vaihtelee 30–500 euron välillä. Mikrofonille ei ollut kuitenkaan asetettu tarkkaa hintarajausta ennen toimeksiantoa. On päätetty, että mikrofonin suuntakuvio tulee olla pallo.

6.3.1 Dayton audio EMM-6

Dayton audion EMM-6 mittamikrofoni on tyypiltään elektriteettimikrofoni. Jokaisen mikrofonin mukana toimitetaan kalibrointitiedot. Hinnaltaan mikrofoni on edullinen. Hifikulma tarjoaa mikrofonia hintaan 99 euroa. Kyseinen mikrofoni ei ole saanut EN 61672-1:2013

-standardin luokkaluokitusta valmistajalta. Laite liitetään suoraan vahvistimeen tai mahdolliseen vahvistimeen XLR-liitännän kautta. Se tarvitsee myös phantom-virran, jonka tulee olla +15...+48V. Mikrofonin pohjakohina laskettuna mikrofonin signaali-kohinasuhteesta (70db) on noin 24dB. Mikrofonin suuntakuvio on pallo. (Hifikulma.fi verkkokauppa 2021)



Kuva 8. EMM-6 mittamikrofoni (Hifikulma.fi verkkokauppa 2021).

6.3.2 NTI audio m4261

M4261-mittamikrofoni on luokan 2 mukainen mittamikrofoni. Mikrofonin on tarkoitettu käytettäväksi NTI XL2 - mittarijärjestelmän kanssa. NTI-audion sivujen mukaan laite soveltuu työympäristömittauksiin sekä erilaisiin säätötöihin. Mikrofonin vaatii 48V phantom-virran, ja se kytketään XLR-liittimellä äänitasomittariin. Hintaan mikrofonilla Thomann.de:n sivuilla on 399 puntaa. Mikrofonin suuntakuvio on pallo. Sen taajuusalue kattaa 20–20 000 Hertzin taajuudet. (Thomann.de verkkokauppa 2021.)



Kuva 9. NTI Audio M4261 (Thomann.de verkkokauppa 2021).

6.3.3 Micw i436

Micw i436 on IEC 61672 -standardin mukaisen luokan 2 mittamikrofoni, joka voidaan liittää 3,5 mm jakkiliittimellä mittalaitteeseen. Laite on hinnaltaan edullinen verrattuna vertailun muihin mikrofoneihin. Sen hinta thomann.de:n verkkokaupassa on vain 68 puntaa. Mikrofonin heikkous on kuitenkin sen pohjakohina, joka on kohtuullisen korkea, arvon ollessa 32 dB. Mikrofoni on pienikokoisin vertailuista mikrofoneista. Mikrofonin taajuusalue kattaa 20–20 000 Hertzin taajuudet. (Thomann.de verkkokauppa 2021.)



Kuva 10. micW i436 mikrofoni (Thomann.de verkkokauppa 2021).

6.3.4 Sonarworks SoundID Ref Measurement Micro

SoundID reference mikrofoni on vertailun edullisin 45 punnan jälleenmyyntihinnallaan thomann.de:n verkkokaupassa. Se on esipolarisoitu elektriteettimikrofoni, joka kattaa taajuudet väliltä 20–20000 Hz kuten vertailun muutkin mikrofonit. Pohjakohinan arvo on 24 dB. Mikrofonin dynaaminen alue on 24 dB – 132 dB. Myös tämä mikrofoni tarvitsee 48V phantom-virran ja se kytketään 3- napaisella XLR-liittimellä äänitasomittariin. Mikrofonin suuntakuvio on pallo. (Thomann.de verkkokauppa 2021.)



Kuva 11. Sound ID reference mikrofoni (Thomann.de verkkokauppa 2021).

6.4 Mittalaitteen kotelo

Kotelo lähettimen elektroniikalle löytyy Pietikolta omasta takaa tai toimittajan tarjoamista vaihtoehtoista. Koteloa muokataan siten, että siihen saadaan läpivienti XLR-liittimelle. XLR-liitin on kuitenkin kooltaan iso ja elektroniikka vaatii paljon tilaa.



Kuva 12, MIRAN DLS WP.T+eTH-HMP110- lähetin (Pietikon verkkokauppa 2021).

Kotelo tulee näyttämään lähes vastaavalta, mitä yllä kuvattu MIRAN DLS WP.T+eTH-HMP110- lähettimen kotelo. Sen koko tulee kuitenkin olemaan isompi, jotta kaikki elektroniikka saadaan mahdutettua koteloon. Kotelot tilataan toimittajalta Japanista ja niitä on mahdollista modifioida tarpeen mukaan. Koteloon ei tarvita minkäänlaista tilaa näytölle, koska mittausdata lähetetään keskusyksikölle. Johdon, mikrofonin ja kotelon lisäksi tarkoituksena on löytää lopulliseen tuotteeseen oma teline mikrofonille, jotta mikrofoni saadaan oikeaan asentoon, riippuen mittauspaikasta.

6.5 XLR-liitin ja johto

Liittimeksi mikrofonille valittiin XLR-liitin, koska kyseiselle liittimelle on saatavilla paljon erilaisia mikrofoneja ja mikrofonien vaihtaminen keskenään ei vaadi isoja muutoksia laitteistoon, joten yhdellä lähettimellä saadaan toteutettua monta eri tuotetta, joissa ovat vain eri mikrofonit. Ongelmaksi tulee kuitenkin vaadittu 48V phantom-virran toteutus. Jännite nostetaan hakkurilla 50V tasolle ja tämän jälkeen reguloidaan 48V tavoitearvoon, tästä johtuen signaalin häiriöiden kanssa saattaa tulla ongelmia prototyypin toteutuksessa.



Kuva 13. XLR naaras- ja urosliitin (aliexpress.com).

6.6 Mikrofonin valinta

Yllä esitellyt mikrofonit ovat jo valittu sen mukaan millä liitännöillä mikrofonit olivat toteutettu. Opinnäytetyötä tehdessä vastaan tuli myös erilaisilla liitännöillä varustettuja mikrofoneja, mutta ne karsittiin jo ennen tämän työn varsinaista aloitusta.

Lähettimen prototyypin liittimen ollessa XLR-liitin, micW i436 mikrofoni joudutaan heti karsimaan pois sekä liittimen, että liian korkean pohjakohinan takia. NTI audion m4261 olisi muilta osin soveltuva käyttötarkoitukseen, mutta laitteen hinta on kuitenkin liian kallis, jolloin se ei sovellu tähän prototyyppiin. Lisäksi ei ole toistaiseksi varmaa tietoa saadaanko mikrofoni toimimaan muiden kuin NTI audion omien äänitasomittareiden kanssa. Mikrofonia saatetaan kuitenkin harkita projektin edetessä esimerkiksi yhtenä vaihtoehtona mahdolliseen lähettimen tuotantomalliin. Jäljelle jäävät siis Dayton audion EMM-6 mikrofoni sekä SoundID:n reference mikrofoni. Valinta kohdistui näistä Dayton audion mikrofoniin sen ominaisuuksien ollessa parempia. Molempia mikrofoneja saatetaan kuitenkin tulla testaamaan projektin edetessä.

6.7 Laboratoriotestit Dayton EMM-6 mikrofoniin

Ensimmäiseksi mikrofoniksi prototyyppiin testattavaksi valittiin vertailuista mikrofoneista Dayton Audion EMM-6 elektroteettimikrofoni. Mikrofonin valinta kohdistui EMM-6 mikrofoniin sen edullisuuden ja riittävien ominaisuuksien ja suoritustason ansiosta. Mikrofonin suuntakuvio on pallo, kuten muissakin äänitasomittareissa olevissa mikrofoneissa yleensä on. Mikrofonia tullaan testaamaan äänilaboratoriossa, jotta saadaan selville täyttääkö se äänitasomittarille asetetut kriteerit.

6.8 Referenssimittausympäristö laboratoriotesteihin

Referenssinmukaiset ympäristötekijät äänitasomittarin suorituskyvyn määrittämiseksi ovat 23 C° astetta ilman lämpötilalle, ilmanpaineen referenssiarvo on 101,325 kPa ja suhteellisen kosteuden referenssiarvo on 50 % (EVS-EN 61672-1:2013).

6.9 Tarvittava elektroniikka prototyyppiin

Tavoite on saada prototyyppi toimimaan valmiilla piirilevypohjalla, mitä toimeksiantajayritys käyttää esimerkiksi erilaisissa painelähettimissä. Lähetinlevyn lisäksi prototyyppiin tulee lisälevy, jossa on mikrofonille vahvistin, A/D muunnin, sekä prosessori signaalinkäsittelyä varten. Valmis lähetinlevy sisältää tarvittavat radiopiirit ja liitännät lisälevyille. Lähetinlevyn tehtävä on siis muuntaa kerätty data sopivaan muotoon, jotta se voidaan lähettää keskusyksikölle tallennettavaksi joko laitteeseen tai pilveen.

Piirilevy tullaan mallintamaan KiCad-ohjelmistolla ja prototyyppien piirilevyt tullaan todennäköisesti latomaan käsin. Kuten jo XLR-liittimen yhteydessä mainittu phantom-jännitteen toteutus mikrofonille tulee mahdollisesti olemaan ongelma prototyyppiä suunniteltaessa ja kehittäessä, sillä hakkurilla toteutettaessa 48V phantom-jännite voi aiheuttaa häiriöitä mikrofonin tuottamaan signaaliin, joka taas johtaa mittaustulosten heikkenemiseen (ks. luku 6.5, s. 26).

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli saattaa alkuun projekti, jossa pohditaan, minkälaisen mikrofonin pohjalle uutta lähetinprototyyppiä lähdetään rakentamaan. Tavoitteena oli saada valittua riittävän laadukas mikrofoni, jotta tuleva lähetin saadaan soveltumaan sen tuleviin käyttökohteisiin. Työssä sivuttiin myös prototyypin muuta toteutusta ja pohdittiin minkälaiseen koteloon lähetin ja liitäntä mikrofonille saadaan sekä minkälaista elektroniikkaa prototyyppi tulee pitämään sisällään. Nämä eivät kuitenkaan olleet opinnäytetyön pääaiheita, joten niitä vain sivuttiin projektin selkeyttämiseksi.

Mikrofonin valintaa varten ja opinnäytetyön ohjausta varten pidimme viikoittaisia palaveriä, joissa pohdimme mahdollisia ratkaisuja mikrofoniongelmaan. Melkein kaikki mikrofonivaihtoehdot olivat liian kalliita, jolloin lähettimien valmistamisesta tulisi liian kallista. Tutkimuksen ansiosta laboratoriomittauksiin saatiin valittua ensimmäinen testattavaksi, joka ei kuitenkaan täyttänyt aivan kaikkia haluttuja kriteerejä. Ongelma ratkaistiin valitsemalla lähettimeen liitäntä, joka mahdollistaa monen erilaisen mikrofonin käytön tulevassa lähetinprototyypissä. Näin mikrofonin lopullista valintaa ei toistaiseksi tarvitse tehdä. Lopullisessa tuotteessa tulee todennäköisesti olemaan mahdollisuus käyttää erilaisia mikrofoneja, jotta lähetintä voidaan käyttää myös kohteissa, joissa tarvitaan tarkempaa mittaustarkkuutta.

Projekti jatkuu opinnäytetyön jälkeen ja seuraavaksi suoritetaan laboratoriomittaukset tässä opinnäytetyössä valitulla mikrofonilla. Jos mikrofoni soveltuu käyttötarkoitukseen, suunnitellaan lisälevy, jotta mikrofoni saadaan toimimaan valmiina olevan lähetinlevyn kanssa.

LÄHTEET

Blomberg, E & Lepoluoto, A. 2005. Audiokirja
<http://ari.lepoluo.to/audiokirja/>

Cirrus Research plc 2020, Noise terminology guide
https://www.cirrusresearch.co.uk/library/documents/ebooks/CRPLC-EB-NoiseTerminologyGuide_03-20-V2_EN.pdf

Eurasto, R. 2007. Teollisuusmelun mittaaminen. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.
https://www.hel.fi/static/helsinki/paatosasiakirjat/Kh2007/Esityslista16/Liitteet/Teollisuusmelun_mittaaminen.pdf?Action=sd&id=071100367

EVS-EN 61672-1:2013 Electroacoustics – Sound level meters – part 1: Specifications. Tallinn: Estonian centre for standardisation.

Karjalainen, M. 2000, Hieman akustiikkaa
<http://www.cs.tut.fi/sgn/arg/akusem/akuintro.pdf>

NTI audio AG, Audio & Acoustic Test & Measurement Solutions. Viitattu 22.4.2021
<https://www.nti-audio.com/Portals/0/data/en/NTi-Audio-Full-Line-Catalog.pdf>

Pietiko Oy. Verkkokauppa. Viitattu 14.4.2021
<https://www.pietiko.fi/kauppa/>

Pulkki, V. 2016, Kommunikaatioakustiikan perusteet
https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/186716/mod_folder/content/0/akustiikkaluento.pdf?forcedownload=1

Rantala, T. 2020, Äänitasomittarin prototyypin toteutus dronilla suoritettaviin ympäristömelumittauksiin. Opinnäytetyö. Tieto- ja viestintätekniiikan koulutus. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/343494/Rantala_Tuomas.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Sipilä, J. Mikrofonit osa 1 ja 2. Viitattu 22.4.2021
<https://emute.edu.fi/mikrofonit/>

Thomann.de. Verkkokauppa. Viitattu 14.4.2021
<https://www.thomann.de/gb/index.html>

Ympäristöministeriö, Ympäristömelun mittaaminen, 1995, Viitattu 13.4.2021
<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42692/Ymp%C3%A4rist%C3%B6melun%20mittaaminen.pdf?sequence=1>