



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# MITTAUSPROJEKTIN LAATUOHJEISTUS

ISO 17025 -standardiin pohjautuvan laatuohjeistuksen  
luominen melumittausprojekteille

TEKIJÄ:

Olli Koskelo

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Olli Koskelo	
Työn nimi ISO 17025 -standardiin pohjautuvan laatuohjeistuksen luominen melumittausprojekteille	
Päiväys 22.12.2020	Sivumäärä/Liitteet 25 / 0
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani APL Systems Oy CTO Tero Korhonen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli luoda APL Systems Oy:lle ohjeistus ja muita aiheeseen liittyviä dokumentteja heidän suorittamiensa melumittausprojekteihin liittyen. Näiden dokumenttien tulisi pohjautua kansainväliseen standardiin EN ISO/IEC 17025:2005: "Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset". Mittausten varsinaiset vaatimukset on kerrottu Ympäristöministeriön vuoden 1995 ohjeessa "Ympäristömelun mittaaminen". Tavoitteena ei kuitenkaan ollut hakea kyseisen standardin akkreditointia, mutta päästä askel lähemmäs sen mukaisen vaatimustason saavuttamista.</p> <p>APL Systemsin henkilökuntaa haastateltiin liittyen heidän työtehtäviinsä. Nämä haastattelut toimivat pohjana ohjeistuksille. Näitä ohjeistuksia verrattiin ISO 17025 -standardiin, ja sen vaatimukset sisällytettiin lopuksi ohjeisiin.</p> <p>Tämän opinnäytetyön puitteissa luotiin mittalaitteen asennukselle, raportoinnille ja projektinhallinnalle omat toimintaohjeet, jotka antavat yleiskuvan näistä vaiheista. Toimintaohjeissa on viittaukset asennuksen ja raportoinnin työohjeisiin, joissa yksittäisten työvaiheiden suorittaminen on kuvattu yksityiskohtaisemmin. ISO 17025 -standardin vaatimuksiin liittyen luotiin myös ohjeistuksia tukevia lomakkeita ja ylläpitoa helpottavia taulukoita.</p>	
Avainsanat ympäristömelun mittaus, ISO 17025	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author(s) Olli Koskelo	
Title of Thesis Creating quality instructions based on the standard ISO 17025 for environmental noise measurement projects	
Date 22 December 2020	Pages/Appendices 25 / 0
Client Organisation /Partner APL Systems Oy Mr Tero Korhonen, Chief Technology Officer	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this bachelor's thesis was to create a set of instructions and various other relevant documents that are related to the environmental noise measurements carried out by APL Systems Oy. The documents were to be based on the requirements of the international standard EN ISO/IEC 17025:2005 "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories". The actual requirements for the measurements are described in the Environmental ministry's guide from 1995 "Ympäristömelun mittaaminen". The goal was not to apply for the accreditation of this standard but to take a step towards fulfilling the requirements of the standard.</p> <p>The employees of APL Systems were interviewed concerning the different tasks they do. These interviews were used as a base for the instructions. The instructions were then compared to the ISO 17025 standard, and its requirements were then included in the instructions.</p> <p>As a result of this thesis, a set of general instructions were created for installation, reporting and project management. These general instructions have references to a set of work instructions that describe these phases in greater detail. Several supporting forms and charts were also created to help with documentation requirements of the ISO 17025 standard and to help with the upkeep of the new documentation.</p>	
Keywords environmental noise measurement, ISO 17025	

## ESIPUHE

Tämän opinnäytetyön tekeminen aloitettiin keväällä 2017. Varsinainen työ saatiin päätökseen alkukesästä 2017. Tämän raportin kirjoittaminen aloitettiin kuitenkin vasta vuonna 2020. Syynä viivästykseen oli työelämään astumiseen liittynyt ajan ja voimavarojen puute. Opintojen kesken jättäminen näin loppumetreillä ei kuitenkaan tuntunut järkevältä vaihtoehdolta. Työ- ja yksityiselämän muutokset vuonna 2020 mahdollistivat taas sen, että aika ja voimavarat riittivät opintojen viimeistelyyn.

Haluaisin kiittää opinnäytetyön ohjaajaa Arto Toppista ja opinto-ohjaajaa Sami Lahtea kärsivällisyydestä liittyen opintojeni kulkuun. Asiakasyrityksen puolelta haluaisin puolestani kiittää Tero Korhosta ja Roy Hjortia. Kiitos myös vaimolleni, joka on antanut minulle mahdollisuuden perhe-elämän keskellä saattaa opintoni loppuun.

Kuopiossa 22.12.2020

Olli Koskelo

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	YMPÄRISTÖMELUN MITTAAMINEN .....	8
2.1	Esittely .....	8
2.2	Määritelmä .....	8
2.3	Mittauslaitteisto .....	9
2.4	Mittaukset .....	9
2.4.1	Toimet ennen mittausta.....	10
2.4.2	Ohjeita mittauksiin .....	10
2.4.3	Mittauspisteiden sijainti .....	11
2.4.4	Erialaisten melutyypin keskiäänitason määrittäminen .....	12
2.4.5	Sääolot mittauksen aikana .....	12
2.4.6	Taustamelu mittauksen aikana .....	12
2.5	Mittauspöytäkirja .....	12
2.6	Mittautulosten vertaaminen melutason ohjearvoihin .....	13
3	ISO 17025 -STANDARDIN SOVELTAMINEN MELUMITTAUSPROJEKTEISSA .....	14
3.1	Esittely .....	14
3.2	Mittausten tekniset vaatimukset.....	14
3.2.1	Inhimilliset tekijät.....	14
3.2.2	Tilat ja ympäristöolot.....	15
3.2.3	Testaus- ja kalibrointimenetelmät ja menetelmien validointi.....	16
3.2.4	Laitteisto .....	17
3.2.5	Testattavien ja kalibroitavien kohteiden käsittely .....	17
3.2.6	Tulosten raportointi.....	17
4	ASIAKKAALLE TEHDYT DOKUMENTIT .....	18
4.1	Yleistä .....	18
4.2	Lomakkeet .....	19
4.2.1	Laittekortti .....	19
4.2.2	Datan purku .....	19
4.3	Menettelyohjeet .....	19
4.3.1	Mittalaitteen asennus .....	20
4.3.2	Raportointi.....	20

4.3.3	Projektinhallinta .....	20
4.4	Työohjeet.....	20
4.4.1	Mittalaitteen asennus .....	20
4.4.2	Datan purku .....	21
4.4.3	Raportointi.....	21
4.5	Laiteseuranta.....	22
4.6	Ohjeluettelo.....	23
5	POHDINTA.....	23
	LÄHTEET .....	25

## KUVALUETTELO

KUVA 1.	A-äänitason laskukaava (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujaosto, 1995).....	8
KUVA 2.	Ekvivalentti A-äänitason laskentakaava (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujaosto, 1995) .....	8
KUVA 3.	A-painotetun äänitason taajuusvaste (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujaosto, 1995) .....	9
Kuva 4.	Kaava A.6 (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujaosto, 1995) .....	12
KUVA 5.	Mittaustulosten epävarmuus suhteessa mittausetäisyyteen (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujaosto, 1995) .....	13
KUVA 6.	Mittaustulosten epävarmuus suhteessa mittauksien määrään (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujaosto, 1995) .....	14
KUVA 7.	Esimerkki päiväajan ekvivalenttiäänitason kuvaajasta .....	21
KUVA 8.	Esimerkki yöajan ekvivalenttiäänitason kuvaajasta .....	22

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli luoda APL Systems Oy:lle ohjeistus ja muita aiheeseen liittyviä dokumentteja heidän suorittamiensa melumittausprojekteihin liittyen. Näiden dokumenttien tulisi pohjautua kansainväliseen standardiin EN ISO/IEC 17025:2005: "Testaus- ja kalibrointilaborioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset". Mittausten varsinaiset vaatimukset on kerrottu Ympäristöministeriön vuoden 1995 ohjeessa "Ympäristömelun mittaaminen". Tavoitteena ei kuitenkaan ollut hakea kyseisen standardin akkreditointia, mutta päästä kuitenkin askel lähemmäs sen mukaisen vaatimustason saavuttamista.

Tässä raportissa esitellään tämän opinnäytetyön pääasialliset lähteet: Ympäristöministeriön ohje "Ympäristömelun mittaaminen" ja standardi EN ISO/IEC 17025:2005: "Testaus- ja kalibrointilaborioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset". Lisäksi esitellään asiakkaalle tehdyt dokumentit siltä osin, kuin se on mahdollista. Lopuksi arvioidaan sitä, mitä tämän työn puitteissa saatiin aikaan ja miten työssä onnistuttiin.

Opinnäytetyö aloitettiin keväällä 2017 ja työ saatiin päätökseen alkukesästä 2017. Tämän raportin kirjoittaminen aloitettiin kuitenkin toden teolla vasta syksyllä 2020 ja saatiin valmiiksi joulukuussa 2020.

Tämän työn puitteissa luodut dokumentit sisältävät APL Systems Oy:n liikesalaisuuksia ja yksityiskohtaisia tietoja, joita ei ole tarkoitettu ulkopuolisille. Tästä syystä tehtyä dokumentaatiota ei ole liitetty tämän opinnäytetyöraportin liitteeksi.

## 2 YMPÄRISTÖMELUN MITTAAMINEN

### 2.1 Esittely

Ympäristömelun mittaaminen perustuu Suomessa Ympäristöministeriön vuonna 1995 laatimaan "Ympäristömelun mittaaminen" -julkaisuun. Ohje on annettu meluntorjuntalain 382/87 10 §:n nojalla, ja se itsessään perustuu standardin SFS-ISO 1996 osiin 1-3: "Akustiikka. Ympäristömelun kuvaaminen ja mittaaminen".

Ohje käsittää mittauksen määritelmän, mittalaitteiston vaatimukset, varsinaisen mittauksen järjestyksen, mittauspöytäkirjan laatimisen ja mittaustulosten vertailun. Liitteinä ohjeessa ovat käsitteet ja määritelmät kuin myös luotettavuusarvion tekeminen. Myös aiheeseen liittyvä kirjallisuus on lueteltu ohjeen viimeisessä liitteessä.

Tämän opinnäytetyön puitteissa tehty dokumentaatio pohjautuu tähän vuoden 1995 julkaisuun ja ISO 17025 -standardiin.

### 2.2 Määritelmä

Ympäristömelun mittausohjeen ensimmäinen kappale "Määrittely" esittelee lyhyesti mittauksissa käytettävät suureet ja sen, miten eri melutyypit on määritelty. Melumittausprojekteissa asiakkaalle esitettävässä raportissa tulokset ilmaistaan yleensä ekvivalentti A-äänitasona (keskiäänitaso, ekvivalenttitaso) LAeq. Se on myös yleensä jaettu päivä- ja yöajan arvoihin LAeq7-22 ja LAeq22-7.

$$L_{pA} = 10 \lg \left( \frac{p_A}{p_0} \right)^2$$

KUVA 1. A-äänitason laskukaava (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelijaosto, 1995)

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_{pA}(t)}{10}} dt \right)$$

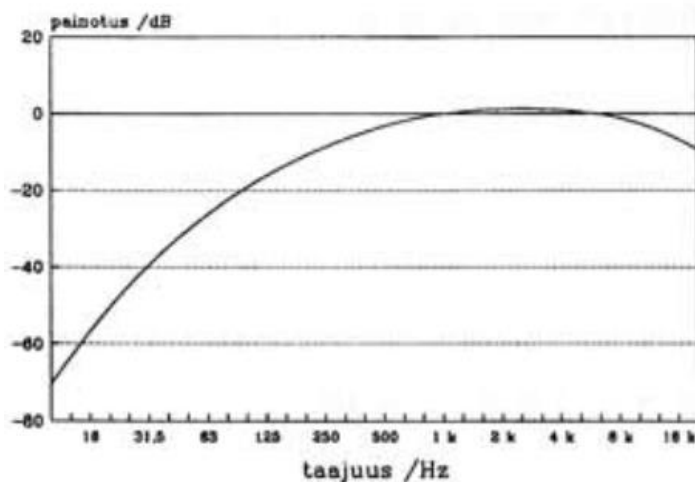
$$= 10 \lg \left( \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right),$$

KUVA 2. Ekvivalentti A-äänitason laskentakaava (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelijaosto, 1995)

Melu on jaoteltu Ympäristöministeriön ohjeessa kolmeen eri tyyppiin (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelijaosto, 1995):

- Tasainen melu: Melu, jonka A-painotetun tason vaihtelut mittausaikana ovat alle 5 dB mitattuna aikapainotuksella S, esimerkiksi tasainen puhallinmelu.
- Vaihteleva melu: Kaikki melu, joka ei ole edellisen määritelmän mukaisesti tasaista, on vaihtelevaa. Vaihtelevaksi meluksi voidaan katsoa esimerkiksi tieliikennemelu.
- Erillisistä melutapahtumista koostuva melu: Senkaltainen vaihteleva melu, joka muodostuu useasta erillisestä rajatun ajan kestävästä melutapahtumasta. Erillisistä melutapahtumista koostuvaksi meluksi voidaan katsoa esimerkiksi lentomelu tai raideliikennemelu.

A-painotuksessa pyritään painottamaan melumittauksissa niitä äänentaajuuksia, jotka ihminen kuulee herkimmin. Painotus korostaa 1000–5000 hertsin taajuuksia, ja heikentää tämän alueen molemmille puolille jäävien taajuuksien merkitystä melumittauksissa.



KUVA 3. A-painotetun äänitason taajuusvaste (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujaosto, 1995)

### 2.3 Mittauslaitteisto

Mittauslaitteiston vaatimukset perustuvat ohjeessa standardiin SFS 2877/IEC 651 "Vaatimukset äänitasomittarille" (korvautunut standardilla IEC 61672). Mittalaitteet on jaoteltu standardissa tarkkuusluokkiin. Mittauksiin suositellaan tarkkuusluokan 1 laitetta luokan 2 laitteen ollessa minimivaatimus.

Mittauslaitteet tulee kalibroida ja tarvittaessa säätää käyttäen ulkoista kalibrointilähdettä (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujaosto, 1995). Kalibrointilähteen tulee täyttää vähintään standardin IEC 942 (korvautunut standardilla IEC 60942) luokan 2 vaatimukset. Kalibrointi suositellaan tehtäväksi ennen jokaista mittausta. Siinä tulee myös ottaa huomioon koko mittauslaitteisto.

Ulkomittauksissa on käytettävä aina valmistajan suosittelemaa tuulisuojaa.

### 2.4 Mittaukset

Tämä osio ohjeesta keskittyy varsinaisen mittausosion käsittelyyn. Se antaa käytännön ohjeita mittausprojektin suorittamiseen, kuin myös esimerkkejä erilaisista mahdollisista tilanteista.

### 2.4.1 Toimet ennen mittausta

Jokainen mittausprojekti alkaa taustatietojen kartoituksella, olennaisimpana tietysti mittauksen kohde ja tarkoitus. Esimerkiksi mittaustapa, aika ja kesto vaikuttavat olennaisesti saataviin tuloksiin, ja ne onkin valittava huolella kohteen ja tarkoituksen mukaan.

Nykyään mittaustapa on yleisimmin tallentavilla mittalaitteilla tehtävä pidempiaikainen seuranta, jonka aikana mittadataa voidaan kerätä paljon. Analysoitavaksi saadaan tällöin iso määrä mittadataa, jolloin kattavan analyysin tekeminen on helpompaa ja luotettavampaa. Myöskään satunnaiset häiriöt mittauksissa eivät ole niin haitallisia koko mittausprojektin onnistumiselle, kun mittadataa on paljon.

Mittauksen ajankohta tulee myös valita harkiten. Vaikka kohteessa tehtäisiinkin pidempiaikaista mittausta, tulisi sen ajankohta valita niin, että se sisältää analyysin kannalta olennaista mittadataa. Mittausajankohdan valinnasta kannattaa keskustella työn tilaajan kanssa ja sovittaa se esimerkiksi tehtaan tuotannon kanssa samaan aikaan.

Sääolojen vaikutus mittauksille on myös hyvä ennakoida. Tuulen suunta ja voimakkuus, sade, ja tarvittaessa lämpötila (jos mittarin toiminta-alue lämpötilan suhteen on rajoitettu) olisi hyvä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Pidempiaikaisessa mittauksessa sääolojen vaikutus lopulliseen analyysiin pienenee, koska epäsuotuisan sään aikana tehty mittaus voidaan jättää huomioimatta.

Aikaisemmassa kappaleessa jo sivuttu mittalaitteen toimivuus ja luotettavuus tulee myös varmistaa ennen mittausprojektin alkua. Muutenkin tarvittava laitteisto on tärkeää selvittää ennen mittausprojektin aloitusta, jotta tarvittavat laitteet ovat käytettävissä luotettavan ja ohjeidenmukaisen mittauksen suorittamiseksi.

### 2.4.2 Ohjeita mittauksiin

Tämän osion ohjeet soveltuvat parhaiten lyhyempiaikaisten mittausten suorittamiseen, mutta niitä voidaan soveltuvin osin käyttää myös pidempiaikaisten mittausten suorittamiseen.

Asennusvaiheessa on hyvä kirjata asennusajankohdan vallitsevat sääolot ylös, mutta jos mittausajanjakso on useampia päiviä, ei asennushetken säällä ole juuri merkitystä. Tallennettua mittadataa voidaan verrata vapaasti saatavilla olevaan säädataan. Tästä voidaan tehdä päätelmiä kullakin hetkellä vallitsevista sääoloista ja arvioida, onko kyseisen ajanhetken mittadata kelvollista analysoitavaksi.

Ympäristöministeriön ohjeen mukainen mittauspaikasta tehtävä piirros ei ole nykyään tehokkain tapakuva mittapaikkaa. Valokuva asennuspaikasta hoitaa tämän vaatimuksen helpommin ja tulos on huomattavasti parempi. Kuvia voi ottaa helposti myös useamman, jotta kaikki mittauksiin vaikuttavat osatekijät saadaan dokumentoitua.

Mittalaitte pyritään asentamaan 1,5 metrin korkeudelle maanpinnasta. Riippuen asennuskohteesta, mittalaitteen voi kiinnittää esimerkiksi puuhun. Jos sopivaa kiinnityspistettä ei löydy, on käytettävä erillistä jalustaa. Mittalaitte tai siihen kytketty liikuteltava mikrofoni suunnataan niin, että sen pääakseli on kohti melunlähdettä.

Koska mittadataa tallennetaan pidemmältä ajalta ja se sisältää myös itse äänidatan, eikä pelkästään äänitasoja, voidaan sitä kuunnella analysointivaiheessa. Kuuntelemalla tallenteita voidaan selvittää mahdollisten tuntemattomien äänipiikkien tai häiriöäänien alkuperä ja päättää, onko sen sisällyttäminen analyysiin tarpeellista.

### 2.4.3 Mittauspisteiden sijainti

Mittauspisteen valinta tulee tehdä huolellisesti. Mittausohjeessa sijaintiin liittyvät seikat on jaoteltu mittausympäristön mukaan kolmeen osaan (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujasto, 1995):

- Mittaukset avoimessa paikassa
- Mittaukset lähellä rakennusta
- Mittaukset sisätiloissa

Mittapaikka määritellään avoimeksi, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

- Läheisyydessä ei ole pystysuoria, ääntä heijastavia pintoja
- Pystysuorista pinnoista tapahtuva geometrisen optiikan lakien mukainen heijastuminen ei saavuta mittauspistettä

Avoimen paikan mittauksissa vaadittava minimietäisyys mittapisteen ja ääntä heijastavan pinnan välillä on 10 metriä, jotta mittapaikka voidaan luokitella avoimeksi. Jos mittapisteen etäisyys mitattavasta kohteesta on lyhyempi tai yhtä pitkä kuin etäisyys ääntä heijastavasta pinnasta, täyttyy tämä ehto myös silloin. Kapeiden pintojen, kuten alle 0,5 metriä leveiden puiden, ei katsota kuuluvan heijastaviin pintoihin, mutta niiden etäisyys mittalaitteesta tulisi olla kuitenkin vähintään 2 metriä. Jos mittauspiste on puolestaan yli 50 metrin päässä mitattavasta kohteesta, pienten heijastavien pintojen (koko noin 20–30 m<sup>2</sup>) vaikutusta ei tarvitse ottaa huomioon, jos kyseiset pinnat sijaitsevat myös yli 50 metrin päässä mittauspisteestä. (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujasto, 1995)

Rakennusten lähellä mitatessa, kuten esimerkiksi kaupungeissa, ei avoimen paikan mittausohjetta voida aina noudattaa. Tällöin, mittausolojen yhdenmukaisuuden takia, suositeltava mittauspisteen sijainti on 2 metrin etäisyydellä rakennuksen julkisivusta ja mittauspisteen korkeus 1,5 metriä maanpinnasta, tai kerrostalojen kohdalla tarkasteltavan kerroksen lattiatasosta. Mikäli ajorata on alle 2 metrin etäisyydellä rakennuksen julkisivusta, mittauspiste voidaan valita ajoradan reunasta. Mittauspisteen etäisyyden muista kapeista pinnoista, esimerkiksi puista ja liikennemerkeistä, on oltava vähintään 2 metriä (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujasto, 1995).

Sisätiloissa tehtävät mittaukset on ohjeistettu seuraavasti. Keskiäänitaso mitataan vähintään kolmessa mittauspisteessä 1,5 metrin korkeudella lattiasta. Mittauspisteiden on sijaittava vähintään 0,5 metrin etäisyydellä toisistaan ja huoneen pinnoista sekä vähintään 1 metrin etäisyydellä ikkunasta. Mittauspisteitä valittaessa tulee välttää sellaisia pisteitä, joissa melutasot ovat huomattavasti suuremmat kuin huoneessa keskimäärin. Mittauspisteiden tuloksista lasketaan keskimääräinen keskiäänitaso kaavan A.6 mukaisesti.

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left( \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M 10^{\frac{L_{Aeq,T_i}}{10}} \right)$$

Kuva 4. Kaava A.6 (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujasto, 1995)

Vaihtoehtoisesti mikrotonia voidaan liikutella jatkuvasti huoneessa mittauksen aikana esimerkiksi liikkuvan puomin avulla. Mittauksen aikana ikkunoiden on oltava suljettuja ja mahdollisten korvausilmaventtiileiden säätöjen normaaliasennossa. Sisämelutasoja mitatessa on varmistuttava siitä, että mitataan todella tutkittavan ympäristömelulähteen huoneeseen aiheuttamaa melua, eikä rakennuksen sisällä syntyvää tai jotain muuta melua (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujasto, 1995). Pidempiaikaisissa, kaupunkioiloissa tehtävissä mittauksissa ongelmaksi tulevat ilkevalta ja mittauksien tahallinen tai tahaton häirintä. Tästä syystä sijoittelu ohjeen mukaisesti voi osoittautua haastavaksi.

#### 2.4.4 Erialaisten melutyypin keskiäänitason määrittäminen

Tämä osio ohjeesta on jokseenkin vanhentunut. Koska suurin osa mittauksista on helppoa ja tehokasta tehdä pidempiaikaisina mittauksina ja mittadatan analysointi voidaan tehdä tietokoneella, riittää, että mittalaite on kykenevä luotettavan mittauksen tekemiseen ja tallennukseen. Myös enimmäistason, eli hetkellisen A-painotetun äänitason määrittäminen on helppoa. Koska mittadataa on paljon ja se on myös kuunneltavissa, voidaan näiden piikkien toistuvuus määrittää, kuin myös niiden mahdollinen syy.

#### 2.4.5 Sääolot mittauksen aikana

Koska mittaukset tehdään nykyään usein pidempiaikaisina tallenteina, ei sään vaikutus onnistuneelle mittaukselle ole enää niin suuri. Epäsuotuisan sään ajalta kerätty mittadata voidaan jättää huomiotta, ja käyttää pelkästään analysoinnin kannalta suotuisamman sään aikana kerättyä mittadataa. Sään vaihtelut voidaan havaita mittadastasta ja kuuntelemalla tallennetta. Vertaamalla näitä tietoja yleisesti saatavilla olevaan luotettavaan säädataan, voidaan nämä epäsuotuisat mittaolosuhteet löytää suhteellisen vaivattomasti. Haluttaessa voidaan tilanne kääntää myös niin, että tutkitaan sään vaikutusta meluun.

#### 2.4.6 Taustamelu mittauksen aikana

Jälleen kerran, koska mittaukset ovat nykyään lähtökohtaisesti pidempiaikaisia, ei taustamelun aiheuttama häiriö vaikuta mittauksiin niin paljon kuin lyhyempiaikaisilla mittauksilla. Koska mittadataa on yleensä useammalta päivältä, voidaan siitä päätellä, millainen on kohteen yleinen äänimaailma. Tästä yleisestä äänimaailmasta poikkeava, ei-haluttua taustamelua sisältävä jakso voidaan jättää huomioimatta analyysissä.

### 2.5 Mittauspöytäkirja

Mittauspöytäkirjan täyttäminen on pidempikestoisissa mittauksissa järkevämpää tehdä ohjeesta poiketen, sillä mittauksien tuloksia ei saada samalla kertaa mittalaitteen asennuksen yhteydessä, vaan esimerkiksi viikon seurannan jälkeen mittadataa analysoimalla. Asennusvaiheessa on kuitenkin tärkeää

tehdä huolelliset muistiinpanot analysointia varten, koska sama henkilö ei välttämättä tee asennusta ja analyysiä itse. Mitä tarkempi kuva analyysin tekijällä on mittapaikasta ja mitattavasta kohteesta, sitä helpompaa hänen työnsä on. Kun varsinaiset mittaustulokset jätetään pois, jää jäljelle seuraavat kohdat:

- Mittausten suorittaja / mittalaitteen asentaja, mittausta paikka ja ajankohta
- Käytetty laitteisto ja sen kalibrointitiedot
- Mittausmenettely
- Mittalaitteen / mikrofonin sijainti suhteessa mitattavaan kohteeseen
- Kuva ja kuvaus alueesta

Varsinaiset mittaustulokset ja niiden analyysi on helpointa esitellä mittadatan perusteella tehdyssä raportissa. Tähän raporttiin tulee sisällyttää seuraavat kohdat:

- Selvitys havaituista melunlähteistä ja niiden osuudesta kokonaismelutasoon; selvitys taustamelun tasosta
- Mitattavan melunlähteen käyttöolot ja toimintatapa (esimerkiksi vertaaminen kohteen tuotantodataan)
- Selvitys melun ominaisuuksista, esimerkiksi impulssimaisuus, kapeakaistaisuus, äänestäiset komponentit
- Tiedot vallinneista sääoloista ja niiden takia tehdyistä poikkeuksista mittadatan käyttöön. Maininta, mistä säätiedot on saatu
- Muut mittaukseen tai analysointiin vaikuttavat seikat.

## 2.6 Mittaustulosten vertaaminen melutason ohjearvoihin

Kun tallennettu mittadata on analysoitu ja mittaustulokset ovat selvillä, niitä verrataan usein melutason ohjearvoon. Vertailukelpoisuus ja luotettavuus ovat erityisen tärkeitä silloin, kun mittaustulosten pohjalta tehdään johtopäätöksiä (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujäosto, 1995). Tällöin on syytä mittaustulosten yhteydessä ilmoittaa mittaustulosten epävarmuudesta ja tilastollisesta luotettavuudesta.

Moni ohjeessa mainittu mittauksiin liittyvä, epävarmuutta lisäävä tekijä poistuu tai pienenee pidempiaikaisissa mittauksissa. Kun mittadataa on runsaasti, joukkoon todennäköisesti sattuu ajanjakso, jolloin esimerkiksi sää tai taustamelu ei vaikuta tarkasteltavaan kohteeseen. Myös useamman mittalaitteen käyttö pienentää mittausepävarmuutta.

Esimerkiksi yksittäisiä ja lyhytaikaisia mittauksia tehdessä on tulosten epävarmuuden esitetty lisääntyvän mittaustulosten mukaan seuraavasti:

<b>Tulosten epävarmuus (<math>\Delta L</math>)</b>	2 desibeliä	4 desibeliä	7 desibeliä
<b>Mittaustulosten epävarmuus</b>	30 metriä	100 metriä	500 metriä

KUVA 5. Mittaustulosten epävarmuus suhteessa mittaustulosten epävarmuuteen (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujäosto, 1995)

Kun mittauksia tehdään puolestaan useampia, mittauksien epävarmuus pienenee seuraavasti:

<b>Tulosten epävarmuus (<math>\Delta L</math>)</b>	2 desibeliä	4 desibeliä
<b>Mittausten vähimmäismäärä</b>	6	4

<b>Mittausetäisyys</b>	100	500
------------------------	-----	-----

KUVA 6. Mittaustulosten epävarmuus suhteessa mittauksien määrään (Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujaosto, 1995)

Pidempiaikaisista mittauksista voidaan siis poimia useampi ajankohta tarkasteltavaksi, ja näin vähentää tulosten epävarmuutta luotettavampien mittausten saavuttamiseksi.

Mittalaitteen aiheuttamaa epävarmuutta ei ohjeen mukaan pystytä laitteistosta huolimatta täysin poistamaan. Yleiseksi säännöksi mittalaitteen mittavirheelle ohje antaa seuraavan: mittalaitteen tarkkuusluokka + 1 desibeli. Näin siis esimerkiksi tarkkuusluokan 2 laitteen kokonaismittavirhe olisi  $\pm 3$  dB.

### 3 ISO 17025 -STANDARDIN SOVELTAMINEN MELUMITTAUSPROJEKTEISSA

#### 3.1 Esittely

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä melumittausprojektien suorittamiseen ohjeistus, joka pohjautuisi käytännössä Ympäristöministeriön ohjeeseen ”Ympäristömelun mittaaminen” ja laadultaan ISO 17025 -standardiin. ISO 17025 -standardin sisällyttäminen mittausprojektien suorittamiseen nähtiin melumittauksia suorittavassa yrityksessä tarpeellisenä keinona parantaa mittausten yhtenäisyyttä, vertailukelpoisuutta ja laatua. Standardin sisällyttämisen koettiin myös lisäävän asiakkaan luottamusta mittauksiin. ISO 17025 pohjautuu standardiin ISO 9001. Vaikka mittauksia suoritettava taho täyttäisikin ISO 17025 -standardin vaatimukset, ei se silti merkitse sitä, että se olisi myös ISO 9001 -standardin vaatimusten mukainen. ISO 17025 kuin myös ISO 9001 ovat kansainvälisiä standardeja.

ISO 17025 -standardi määrittelee yleiset vaatimukset päteville testauksille ja/tai kalibroinneille, mukaan lukien näytteenotto. Se kattaa sekä standardisoidut että standardisoimattomat ja laboratorion itse kehittämät testaus- ja kalibroitimenetelmät (ISO/CASCO CEN/CLC/TC 1, 2005). Se soveltuu kaikille laboratorioille henkilökunnan määrästä tai testauksen ja/tai kalibroinnin soveltamisalan laajuudesta riippumatta. Jos laboratorion toimintaan ei sisälly yhtä tai useampaa tämän kansainvälisen standardin kattamaa toimintoa, kuten näytteenotto tai uusien menetelmien suunnittelu tai kehittäminen, ei näiden kohtien vaatimuksia sovelleta (ISO/CASCO CEN/CLC/TC 1, 2005).

ISO 17025 asettaa paljon vaatimuksia koko organisaatiolle, sen toiminnalle ja etenkin johdolle. Tässä vaiheessa haluttiin kuitenkin keskittyä vain mittausprojektien työvaiheiden ohjeistuksen laatimiseen, joten tässä työssä ei käsitellä standardin johtamiseen liittyviä vaatimuksia.

#### 3.2 Mittausten tekniset vaatimukset

##### 3.2.1 Inhimilliset tekijät

Perusta luotettaville mittauksille on osaava henkilökunta. ISO 17025 -standardin teknisten vaatimusten osio alkaakin juuri henkilöstöön liittyvillä kohdilla. Henkilökunnan pätevyys on varmistettava ja

koulutuksessa olevalle henkilöstölle on järjestettävä riittävästi opastusta ja valvontaa. Jo työhön perehdytetyille henkilöille tulee asettaa koulutustavoitteet ja määrittää menetelmät tavoitteiden saavuttamiseksi. Näitä tavoitteita ja niiden toteutumista tulee myös seurata säännöllisesti.

Henkilökunnan tulee olla mittauksia tekevän yrityksen palveluksessa tai sopimussuhteessa. Jos töiden suorittamiseen käytetään ulkopuolisia henkilöitä, tulee heidänkin olla perehdytettyjä ja työskennellä mahdollisen johtamisjärjestelmän mukaan.

Työntekijöiden toimenkuva ja vastuut tulee olla myös selkeästi määritelty. Työohjeissa voidaan mainita, kuka on kyseisestä työvaiheesta ja samalla myös työohjeesta vastuussa.

Standardin mukaan olisi myös syytä pitää kirjaa siitä, ketkä ovat päteviä ja oikeutettuja tekemään mitään työtä.

Nämä kohdat ovat mittauksia tekevän tahon johdon vastuulla. Koska tämä opinnäytetyö rajattiin käsittelemään mittausprojektien käytännön toteutuksen dokumentointia ja ohjeistusta ISO 17025 -standardin pohjalta, ei henkilöstöön tai johtamiseen liittyviä kohtia käsitelty tämän työn puitteissa kuin pintapuolisesti, eikä niiden pohjalta luotu uusia käytäntöjä tai ohjeistusta.

### 3.2.2 Tilat ja ympäristöolot

Koska valtaosa melumittauksista tapahtuu ulkona, on tämän osion vaatimusten täyttäminen hyvin vaikeaa. Onkin järkevämpää koettaa vain minimoida pitkäaikaisten ulkomittausten aiheuttamat riskit mittausten suorittamiselle.

Mittalaitteen ja sen virransyötön on oltava rakenteeltaan tarpeeksi kestävä, jotta se voi olla kohteessa sääolojen vaihteluista huolimatta jopa usean viikon ajan, ja silti tuottaa luotettavaa mittadataa. Mittalaitteen asennus tulee myös tehdä huolellisesti. Ilkivaltaa ja esimerkiksi eläinten tekosia vastaan on myös oltava kohtuullinen suojaus.

Standardin ja mittausohjeen mukaan mittausolosuhteet tulee kirjata ylös. Tämä toteutetaan valokuvaamalla mittauspaikka ja yhdistämällä mittadata ulkopuolisen toimijan vapaasti saatavilla oleviin säätietoihin.

Toimistolla tehtävän laitteiden huollon, mittadatan purun ja analysoinnin tulisi olla järjestetty niin, että se voidaan tehdä kunkin tehtävän vaatimalla tarkkuudella. On myös erittäin tärkeää, että mittadata yhdistetään aina oikeaan mittausprojektiin. Tätä varten tulisi luoda virheet minimoiva järjestely ja/tai kirjausmenettely, josta on mahdollista tarkistaa, että mittadata on varmasti tallennettu oikean projektin alle.

Mittauspisteille on melumittausprojekteissa yleensä vapaa pääsy, eikä sen rajoittaminen ole helppoa. Mittalaitteet ja niiden huoltoon ja kalibrointiin liittyvät laitteet tulisi kuitenkin säilyttää tilassa, jonne pääsyä voidaan valvoa, ja sallia sinne pääsy vain valtuutetuilta henkilöiltä.

Toimistotilojen yleisestä siisteydestä on myös huolehdittava. Mahdollinen ulkopuolinen siivoaja on opastettava tekemään työnsä vaarantamatta mittalaitteiden toimintaa tai mittadatan kelpoisuutta.

### 3.2.3 Testaus- ja kalibrointimenetelmät ja menetelmien validointi

Standardi vaatii, että sen mukaan toimiva yritys käyttää tarkoitukseen sopivia menetelmiä ja menettelytapoja kaikkien testien, mittauksen ja kalibrointien sekä mittausepävarmuuden arvioinnin tekemiseen. Suurin osa käytettävistä menetelmistä on määritelty vuoden 1995 ohjeessa, mutta esimerkiksi kuljetukseen ja datan säilytykseen on melumittausten kohdalla mietittävä menettelytapa, joka sopii siihen parhaiten.

Yksi ISO 17025 -standardin keskeisimpiä kohtia tämän opinnäytetyön kannalta on vaatimus siitä, että mittauksia suorittavalla yrityksellä tulee olla ohjeet kaikkien olennaisten laitteiden käytöstä ja toiminnasta. Ohjeet tulee olla myös testattavien ja/tai kalibroittavien kohteiden käsittelysääntöistä silloin, kun ohjeiden puuttuminen voisi vaarantaa testauksen ja/tai kalibroinnin tulokset (ISO/CASCO CEN/CLC/TC 1, 2005). Mittauksen kannalta oleelliset ohjeet, standardit, käsikirjat ja referenssiarvot tulee olla ajan tasalla ja henkilökunnan saatavilla. Ohjeet laitteiden asennukseen, mittadatan purkuun ja raportointiin liittyen on luotu vastaamaan näihin vaatimuksiin. Käytettävien kolmannen osapuolen laitteiden ohjeet koottiin myös samaan paikkaan. Myös muu mittauksiin vaikuttava dokumentaatio on nyt lajiteltu ja saatavilla. Dokumentaatiolle luotiin yksinkertainen versionhallinta, jotta dokumentaation ajantasaisuutta voidaan seurata. Kaikkien poikkeuksien ohjeistuksissa mainittuihin menetelmiin on standardin mukaan oltava asiakkaan hyväksymiä, ja poikkeavalle toiminnalle on oltava perustelut.

Mittauksia suorittavan tahon tulisi tehdä mittaukset kansallisen tai kansainvälisen standardin tai ohjeistuksen pohjalta. Melumittausten osalta Suomessa mittaukset pohjautuvat tässä raportissa esitellyn Ympäristöministeriön vuoden 1995 ohjeeseen "Ympäristömelun mittaaminen". Tämä ohje puolestaan pohjautuu kansainvälisiin standardeihin, kuten ohjeen laatimishetkellä uusimpaan ympäristömelua käsittelevään standardiin "SFS-ISO 1996 osat 1-3: Akustiikka. Ympäristömelun kuvaaminen ja mittaaminen". Ohjeessa mainitaan, että sen laatimisessa on otettu huomioon myös muiden Pohjoismaiden vastaavat ohjeet soveltuvin osin.

Asiakas voi määrittää käytettävän mittausmenetelmän. Jos asiakkaalla ei kuitenkaan ole vaatimuksia käytettävälle menetelmälle tai tietoa niistä, tulee mittauksia suorittavan tahon valita se. Menetelmän tulee olla joko kansallisessa tai kansainvälisessä standardissa määritelty, arvostetun teknisen järjestön, tai asiaankuuluvan tieteellisen tai teknisen julkaisun esittämä. Käytettävän menetelmän tulisi aina olla selvillä molemmille osapuolille, ja mittauksen pohjalta tehdyssä raportissa tulee aina olla viittaus käytettyyn menetelmään. Asiakkaalle tulee kertoa, jos hän ehdottaa tehtävään sopimattoman mittausmenetelmän käyttöä.

ISO 17025 -standardin vaatimukset täyttääkseen mittauksia tekevän toimijan tulisi validoida käytetty mittausmenetelmä. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimalla ja puolueettomalla näytöllä varmistetaan, että käytetty menetelmä täyttää käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset.

Mittausepävarmuuden arviointi on myös yksi vaatimuksista. Tämä on otettu huomioon Ympäristöministeriön ohjeessa, joten sitä voidaan käyttää melumittaushankkeissa pohjana mittausepävarmuuden arvioinnille. Käytetyt keinot, raja-arvot ja mittausepävarmuutta aiheuttavat tekijät tulee ilmaista ohjeissa ja raporteissa.

Mittadatan tiedonsiirto ja käsittely pitää olla tehty asianmukaisesti. Yrityksen itse kehittämien sovelusten tulee olla dokumentoitu riittävän yksityiskohtaisesti, ja niiden toiminnan tulee olla validoimalla todettu soveltuvaksi kyseiseen käyttötarkoitukseen.

#### 3.2.4 Laitteisto

Mittauksia tekevällä taholla tulee olla siihen soveltuvat laitteet. Käytettäessä ulkopuolisia laitteita on varmistuttava, että nekin täyttävät ohjeiden ja standardien vaatimukset.

Käytettävien laitteiden tulee pystyä mittausten vaatimaan tarkkuuteen. Laitteet tulee kalibroida ennen käyttöönottoa ja ennen jokaista käyttökertaa, jotta varmistutaan siitä, että ne täyttävät niille asetetut vaatimukset.

Laitteita saa käyttää ja huoltaa vain siihen oikeutettu henkilö. Laitteilla tulee olla käyttö- ja huolto-ohjeet, jotka on pidettävä ajan tasalla ja asiaankuuluvien henkilöiden saatavilla. Tätä kohtaa tukemaan luotiin tämän opinnäytetyön asiakkaalle yksinkertainen versionhallinta ja muutosloki. Niistä käy ilmi, ketä mikäkin dokumentti koskee, ja kuka on dokumentin vastuuhenkilö.

Mittalaitteiden tulee olla yksilöityjä. Asiakasyrityksessä tämä oli toteutettu antamalla jokaiselle laitteelle sarjanumero. Tätä vaatimusta täydentämään luotiin jokaiselle mittalaitteelle laitekortti. Laittekorttiin kerätään jokaisen mittalaitteen kokoonpano, poikkeamatiedot, huoltohistoria ja kalibrointitulokset.

Standardissa kehoitetaan myös luomaan menettelytavat mittalaitteiston kuljetukselle. Mittalaitteet on rakennettu kestäviksi ja helposti kuljetettaviksi, joten niiden kuljetuksen yksityiskohtaiseen ohjeistamiseen ei nähty tarvetta.

Asiakasyrityksellä oli jo käytäntö vikaantuneiden tai epävarmasti käyttäytyvien mittalaitteiden eristämiseen muista mittalaitteista. Tämä käytäntö kirjattiin ylös luotuihin ohjeisiin, koska sen todettiin olevan toimiva järjestely.

#### 3.2.5 Testattavien ja kalibroittavien kohteiden käsittely

Mittadatan käsittelyllekin oli asiakasyrityksellä jo vakiintunut käytäntö, joka kirjattiin ohjeisiin. Mittadatan sekoittumisen riski oli minimoitu nimikoimalla yksilöllisesti mittadataa sisältävä materiaali ja täyttämällä mittadatan purkuvaiheessa jokaiselle mittausprojektille oma lomake. ISO 17025 -standardin vaatimukset olivat tältä osin siis jo hyvällä mallilla. Mittadataa, joka oli jo palautunut kentältä ja joka odotti tai oli jo käsittelyssä, säilytettiin lukitussa tilassa tai palvelimella, joihin oli pääsy vain oikeutetuilla henkilöillä.

#### 3.2.6 Tulosten raportointi

Mittauksia suorittava yritys raportoi tulokset analyyseineen asiakkaalle mittausraportin muodossa. ISO 17025 -standardi velvoittaa, että raportin tulee olla tarkka, selkeä, yksiselitteinen ja objektiivinen. Sen tulee olla tehty määriteltujen ohjeiden edellyttämällä tavalla. Siinä tulee esittää tulokset ja kaikki raportin tilanneen asiakkaan edellyttämät tiedot, sekä niiden tulkinnan kannalta oleelliset tiedot. Myös käytetty menetelmä tulee mainita raportissa.

Näiden yleisten vaatimusten lisäksi standardi vaatii, että raportissa mainitaan myös seuraavat seikat:

- Otsikko
- Mittauksen suorittaneen yrityksen nimi ja osoite
- Mittauskohde
- Raportin yksikäsitteinen tunniste, kuten juokseva numerointi, sivunumerointi ja selvä merkintä raportin päättymisestä
- Asiakkaan nimi ja osoite
- Käytetyn menetelmän esittely
- Mitatun kohteen kuvaus ja tunnistetiedot
- Mittauspäivämäärät
- Mittauspaikka sisältäen kaavion, luonnoksen tai valokuvan kohteesta
- Viittaus näytteenottosuunnitelmaan ja käytettyihin menetelmiin
- Kuvaus ympäristöoloista
- Maininta siitä, minkä standardin, ohjeen tai muun spesifikaation mukaan mittaukset on suoritettu ja niihin mahdollisesti liittyvät poikkeukset
- Mittaustulokset ja mittayksiköt
- Mittaukset varmentavan henkilön asema ja allekirjoitus tai vastaava tunnistetieto

Raportissa tulee mainita kaikki testausmenetelmiin liittyvät poikkeukset, lisäykset ja rajaukset. Myös erityisolot, kuten ympäristöolot tulee mainita. Kun mittauksien tuloksia on tarkoitus verrata esimerkiksi raja-arvoihin, pitää näiden vertailujen tulokset esittää mittaepävarmuuden arvioinnin kera. Mielipiteet ja tulkinnat esitetään raportissa, jos se on tarpeellista, mutta niiden on selkeästi ilmaistava olevan juuri mielipiteitä tai tulkintoja. Jos asiakas on vaatinut raporttiin lisätietoja, on ne myös oltava siinä. Jos mittauksia on tehty alihankintana, on myös se mainittava.

Raportin tulisi olla mahdollisimman yksiselitteinen. Väärinymmärtäminen ja väärinkäyttö on tehtävä mahdollisimman vaikeaksi. Ulkoasun tulee tukea raportin luettavuutta ja tehdä mittatietojen ymmärtämisestä helppoa. Otsikoiden tulisi myös olla yhdenmukaisia.

Jos jo julkaistuihin raportteihin tehdään muutoksia, tulisi niissä aina olla viittaus alkuperäiseen raporttiin. Jos tehdään kokonaan uusi raportti, on myös siinä mainittava alkuperäinen raportti. Myös tämä uusi raportti on oltava ohjeistuksen mukaisesti laadittu.

## 4 ASIAKKAALLE TEHDYT DOKUMENTIT

### 4.1 Yleistä

APL Systems Oy:lle tehtiin tässä kappaleessa mainitut dokumentit. Ne pohjautuvat sisällöltään Ympäristöministeriön vuoden 1995 ohjeeseen ”Ympäristömelun mittaaminen”. Lisävaatimuksia dokumentaatiolle toi EN ISO/IEC 17025:2005: ”Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset”, jonka integroiminen APL Systems Oy:n mittausprojekteihin oli tämän opinnäytetyön päätavoite.

Kaikki alla mainitut ohjeet, lomakkeet ja luettelot ovat käyttökelpoisia ainoastaan, jos niitä ylläpidetään huolellisesti.

## 4.2 Lomakkeet

Lomakkeille on tarkoitus täyttää kuhunkin työvaiheeseen liittyvät kriittiset tai työn myöhemmän seurannan kannalta oleelliset tiedot. Tämän työn puitteissa luotiin jokaiselle mittalaitteelle laitekortti. Datan purulle oli asiakasyrityksellä jo olemassa oma lomakkeensa.

### 4.2.1 Laitekortti

Laitekortin tarkoitus on seurata mittalaitteiden toimintaa ja luotettavuutta keräämällä talteen niiden tapahtumahistoriaa. Tapahtumahistoria kattaa laitteen ohjelmistoversion, mikrofonin tunnistekoodin, osaluettelon, poikkeamatiedot, huoltohistorian sekä kalibrointitulokset. Kirjaukset sisältävät päivämäärän, kommentin ja lisäyksen tehneen henkilön kuittauksen.

Koska laitteiden tapahtumahistoriaa voidaan nyt seurata laitekorttien avulla, on esimerkiksi laitevikojen tutkiminen helpompaa. Jos saman laitteen poikkeamaraporttiin tai huoltohistoriaan alkaa kertyä merkintöjä, voidaan kyseinen laite ottaa tarkempaan tarkasteluun tai poistaa kokonaan käytöstä. Myös kalibrointitulosten seurannalla saadaan arvokasta tietoa itse mittalaitteen, kuin myös mikrofonin tilasta. Tasaisesti muuttuva kalibrointitulokset tulee nyt myös ilmi, kun sitä seurataan pidemmällä ajanjaksolla. Ennustettavasti ja luotettavasti toimiva mittalaite on laadukkaan mittaustuloksen vähimmäisvaatimus, jonka toteaminen on seurannan avulla huomattavasti helpompaa. On kuitenkin muistettava, että seuranta on luotettavaa ja toimivaa vain silloin, kun sitä tehdään ohjeiden mukaan ja säännöllisesti.

### 4.2.2 Datan purku

Mittausprojektin datan purussa käytettävälle lomakkeelle kerätään projektin ja sen yksilöinnin kannalta olennaiset tiedot. Projektin nimen tulisi olla yksilöllinen, jotta se ei sekoitu muihin projekteihin. Nimestä tulisi myös näkyä, jos kyseessä on jo mitatun kohteen uusi mittaus. Mittalaitteiden laitenumerot, mittadataa sisältävien muistikorttien lukumäärä, purun päivämäärä ja kellonaika, purun paikka ja valmistumisen ja tarkistuksen tiedot täytetään lomakkeelle. Poikkeavuudet tavoiteaika-aulusta kirjataan myös ylös. Onnistunut purku kuitataan lopuksi purun suorittaneen henkilön nimellä.

Dokumentoimalla purkuprosessi voidaan varmistua siitä, että se on tullut tehtyä. Purkuaikaa seuraamalla voidaan seurata purun tehokkuutta, ja poikkeustilanteissa löytää purettu data myös aika-aieman perusteella. Koska purkulomake kuitataan tekijän omalla nimellä, tiedetään, kuka purkamisesta on ollut vastuussa, ja siihen mahdollisesti liittyvät lisäkysymykset voidaan ohjata oikealle henkilölle. Jos purkuprosessin tekoavassa havaitaan myöhemmin systemaattista virhettä tietyllä henkilöllä tai ongelmia johonkin tiettyyn laitteeseen liittyen, voidaan niiden selvittämiseen käyttää hyväksi tätä lomaketta.

## 4.3 Menettelyohjeet

Menettelyohjeet ovat yleisiä ohjeita kustakin työvaiheesta. Ne tehtiin mittalaitteen asennuksesta, raportoinnista ja projektinhallinnasta.

#### 4.3.1 Mittalaitteen asennus

Mittalaitteen asennuksen menettelyohje käsittelee yleisellä tasolla mittalaitteen asennuksen työvaiheita. Ohje pohjautuu Ympäristöministeriön ohjeeseen vuodelta 1995 "Ympäristömelun mittaaminen" ja tuulivoimaloiden kohdalla Ympäristöministeriön ohjeisiin 3/2014 "Tuulivoimaloiden melunpäästön todentaminen mittaamalla" ja 4/2014 "Tuulivoimaloiden melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa".

Menettelyohjeessa käsitellään ensiasennuksen, vaihtokäynnin ja laitteiston noudon vaiheet läpi. Koska menettelyohje pysyy yleisemmällä tasolla verrattuna varsinaiseen työohjeeseen, voi sitä käyttää myös esimerkiksi havainne- tai markkinointimateriaalina mittausprosessia esiteltäessä.

#### 4.3.2 Raportointi

Raportoinnin menettelyohje käsittelee niin ikään raportoinnin vaiheita yleisellä tasolla menemättä yksityiskohtiin. Sekin pohjautuu Ympäristöministeriön ohjeeseen "Ympäristömelun mittaaminen" vuodelta 1995 ja tuulivoimaloiden kohdalla Ympäristöministeriön ohjeisiin 3/2014 "Tuulivoimaloiden melunpäästön todentaminen mittaamalla" ja 4/2014 "Tuulivoimaloiden melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa".

Menettelyohjeessa käydään läpi mittadatan yleistarkistus, taustamateriaalin kerääminen, datan analysointi, itse raportin kirjoittaminen, laadun varmistaminen ja jälkitoimenpiteet. Jokaista soveltuvaa kohtaa vastaavat tarkemmat työohjeet on mainittu menettelyohjeessä. Kuten asennuksenkin menettelyohjetta, voi raportoinnin ohjetta käyttää myös sen vaiheiden esittelyyn asiakkaalle.

#### 4.3.3 Projektinhallinta

Projektinhallinnan menettelyohjeessa käydään läpi mittausprojektin kolmen päävaiheen, eli myynnin, mittausprojektin aloituksen ja raportoinnin vastuuhenkilöt ja heidän tehtävänsä kussakin vaiheessa. Nämä kohdat käydään läpi yleisellä tasolla.

### 4.4 Työohjeet

Mittalaitteen asennuksesta, datan purusta ja raportoinnista tehtiin myös yksityiskohtaisemmat sisäiset työohjeet. Nämä toimivat pohjana työtapojen vakiinnuttamiselle, jotta mittausprojektien toteutukset olisivat keskenään mahdollisimman samanlaisia ja täten helpommin verrattavissa toisiinsa. Kun mittausvaihe ja datan purku suoritetaan aina ohjeen mukaan, voidaan inhimillisen virheen määrää mittausprojektien suorittamisessa myös vähentää. Ohjeessa kehoitetaan täyttämään laitekorttia niissä vaiheissa, missä sen täyttäminen on tarpeellista.

#### 4.4.1 Mittalaitteen asennus

Mittalaitteen asennuksesta tehtiin omat työohjeensa kaikille laitetyppeille. Ohjeet kattavat vaiheet mittausprojektin lähtötietojen läpikäymisestä ja keräämisestä itse laitteen asennukseen, mahdollisen laitteen vaihtokäynnin kautta laitteen noutamiseen ja palauttamiseen toimistolle. Ohjeessa luetellaan myös tarvittavat varusteet, jos kyseinen vaihe niitä vaatii.

#### 4.4.2 Datan purku

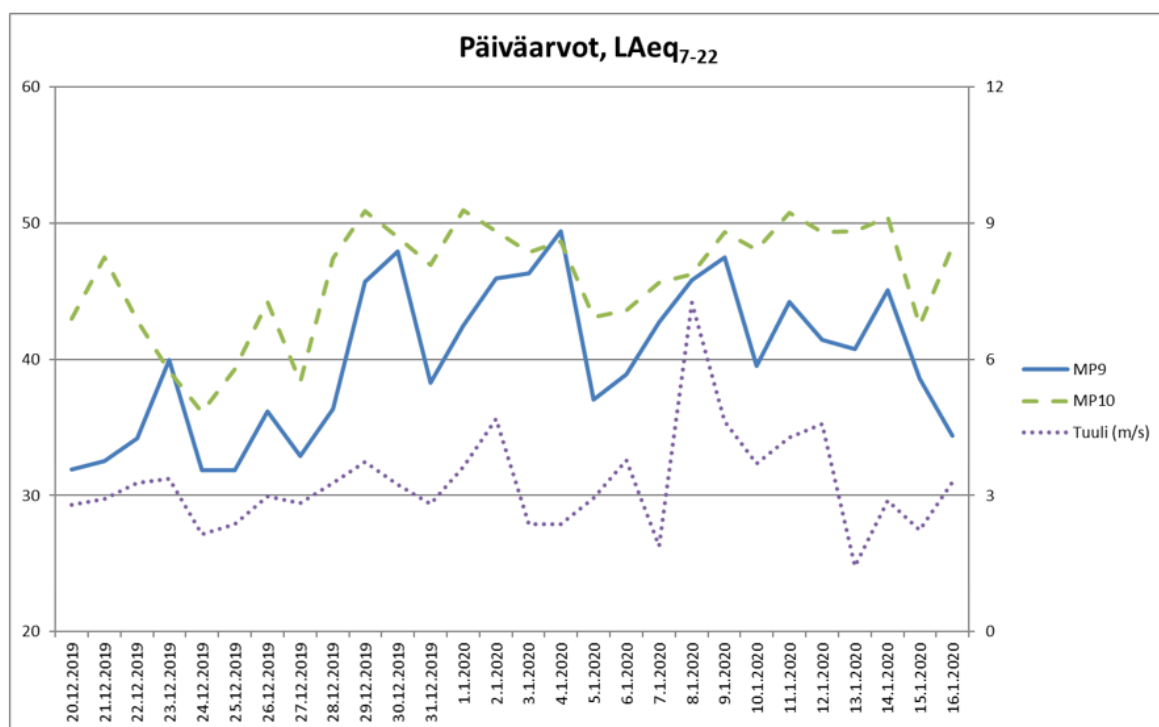
Datan purun työohje käy läpi kentältä palautuneen mittalaitteen muistikorttien mittadatan purkamisen työvaiheet. Ohjeessa neuvotaan, miten muistikortteja tulee käsitellä sekaannusten välttämiseksi, miten mittadata puretaan ja minne se tallennetaan. Kun ohjetta seuraa täsmällisesti, minimoidaan projektien sekoittumisen riskit.

#### 4.4.3 Raportointi

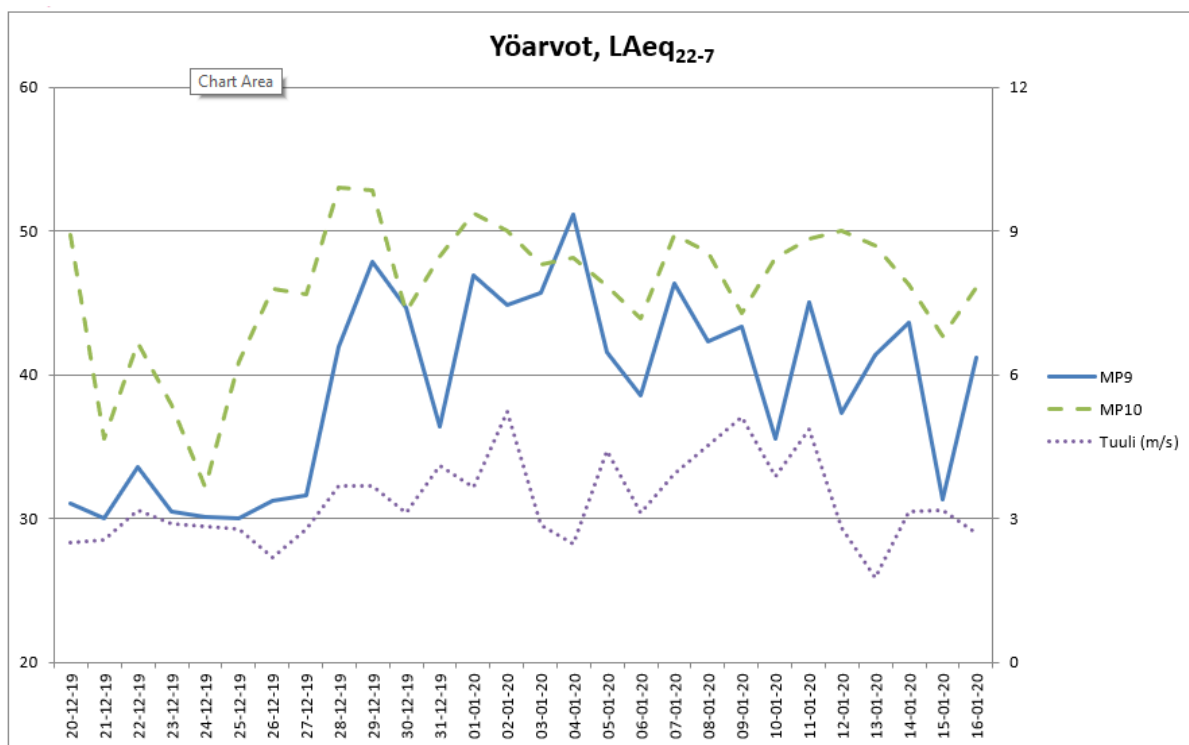
Raportoinnin ohje alkaa mittadatan tarkistuksella. Mittausprojekteissa käytettävän datan tulee olla tarkoitukseen kelpavaa. Tämä tehdään avaamalla mittadata analysointiohjelmistolla ja tutkimalla mittadataa silmämääräisesti. Seuraavaksi mittadatasta tarkistetaan erityispiirteet. Tässä otetaan huomioon asentajan havainnot mittapaikasta.

Taustamateriaali tulee kerätä datan analysoinnin tueksi. Taustamateriaali koostuu säätiedoista, mitaussuunnitelmasta, kohteen mahdollisesta ympäristöluvasta, maastotiedoista, ja kohteesta riippuen sen tuotantotiedoista.

Dataa analysoitaessa siitä määritetään mittaus suunnitelmaan kirjatut arvot. Yleensä nämä ovat ainakin päiväajan (klo 7-22) keskiäänitason kuvaaja  $LAeq_{7-22}$  ja yöajan (klo 22-7) keskiäänitason kuvaaja  $LAeq_{22-7}$ . Näiden arvojen laskemiseen vaadittava kaava löytyy aiemmin esitellystä Ympäristöministeriön ohjeesta.



KUVA 7. Esimerkki päiväajan ekvivalenttiäänitason kuvaajasta



KUVA 8. Esimerkki yöajan ekvivalenttiäänitason kuvaajasta

Raportissa tulee kertoa mitattavan kohteen perustiedot, kuten sijainti, toimeksiantaja, mittausalueen tyyppi, mittausten ajanjakso, mahdolliset aiemmat mittaukset, mitä ollaan mittaamassa ja miksi ja karttakuva mitattavasta alueesta. Myös mittausjärjestelyt, mittalaitteisto ja mittausolosuhteet kirjataan raporttiin.

Raportissa tulee esitellä mittaustulokset sekä niiden pohjalta tehdyt kuvaajat. Raportissa tulee ilmaista, mihin mittaustulosten analysointi perustuu, ja liittykö analyysin sisältöön jokin raportissa huomioon otettava lupa tai päätös. Mittaustuloksiin liittyvä mittavirheen arviointi on myös kerrottava raportissa.

Raportin lopussa tulee olla yhteenveto mittausprojektista. Raportti tulee oikolukea ja mahdollisesti hyväksyttävä asiakkaalla ennen luovutusta. Tässä vaiheessa muutokset raporttiin ovat vielä mahdollisia. Valmis raportti toimitetaan asiakkaalle.

Jos asiakas vaatii raporttiin muutoksia sen toimittamisen jälkeen, tulee se mainita muokatussa raportissa. Raportin pohjalta voidaan tehdä lisätutkimuksia. Näiden lisätutkimusten perusteella tehdyissä raporteissa tulee mainita, että ne pohjautuvat jo aikaisempaan raporttiin.

#### 4.5 Laiteseuranta

Mittalaitteille tehtiin myös hahmotelma laiteseurannasta. Excel-taulukkoon listattiin mittalaitteet sarjanumeroiden perusteella. Kun laite palautettiin varastoon, otettiin käyttöön, tai vietiin huollettavaksi, tuli se merkitä myös laiteseurannan taulukkoon. Jokaiselle laitteelle on taulukossa oma välilehtensä, jonne on mahdollista listata, missä projekteissa kyseistä laitetta on käytetty ja mitä poikkeamia

laitteessa on havaittu. Tämä laiteseuranta oli osittain päällekkäinen mittalaitteiden laitekorttien kanssa, joten sitä ei koettu enää tarpeelliseksi, ja se jäi tästä syystä hahmotelmatasolle.

#### 4.6 Ohjeluettelo

Koska ohjeita ja lomakkeita on useampia, koettiin hyödylliseksi, että ne olisivat listattuna myös omaan taulukkoonsa. Taulukosta käy ilmi ohjeiden nimi ja numero, ketä ohje koskee, sen fyysisen kopion sijainti, yksinkertainen muutosloki ja sen tila.

Ohjeluettelosta on helppo tarkistaa kunkin työvaiheen viimeisimmän ohjeen versio ja sen sijainti. Kehitettävää luetteloon jäi sen osalta, että kullekin ohjeelle olisi parasta tehdä taulukkoon oma välilehti, jonne ohjeiden muutoshistoria on helpompi kattavasti listata.

### 5 POHDINTA

Työn tavoitteena oli saada luotua asiakasyritykselle dokumentaatio sisältäen menettelyohjeet, työohjeet ja lomakkeet melumittausprojektien tueksi. Näiden dokumenttien tulisi käsitellä mittalaitteen seuranta, asennuksen vaiheita ja raportointia. Dokumenttien tarkoitus oli auttaa asiakasyritystä pääsemään lähemmäs ISO 17025 -standardin vaatimustasoa, joita standardi mittauksia tekeville tahoille asettaa.

Alkuperäisen tehtäväkuvauksen mukaiset kohdat tuli lähes kaikki dokumentoitua. Mittalaitteiden korjaavien toimenpiteiden vaiheita ei suoraan luodussa dokumentaatiossa käsitellä, kuten ei myöskään asiakaspalveluun liittyviä kohtia. Mittalaitteiden korjaavat toimenpiteet tulevat kuitenkin esille jokaiselle mittalaitteelle luodun laitekortin kautta, sillä siihen on tarkoitus kirjata laitteen tapahtumahistoriaa.

Koska tavoitteena ei ollut ISO 17025 -standardin akkreditointi, ei ohjeistuksesta saatu palautetta muualta kuin asiakasyritykseltä. Työn tilaaja oli kuitenkin luotuun dokumentaatioon tyytyväinen. Palaute dokumentaatiosta alan ammattilaiselta olisi ollut tervetullutta.

Parannettavaa jäi ohjeluetteloon ja laiteseurantaan. Laiteseurantaa ei ole järkevää toteuttaa yksinkertaisena taulukkona, vaan mahdollisesti erillisenä sovelluksena ja tietokantana, jonka käyttöä voisi helpottaa esimerkiksi QR-koodeja ja lukijaa käyttämällä. Ohjeluettelo puolestaan kaipaisi jokaiselle dokumentille vähintäänkin omaa välilehteä, joka sisältäisi kyseisen dokumentin muutoslokin.

Ohjeisiin tulee varmasti muutoksia ja lisäyksiä, kun niissä havaitaan puutteita, tai toimintaa kehitetään. Suosittelisin myös nimittämään ohjeille vastuuhenkilön, joka pitää huolta niiden ajantasaisuudesta.

Näin jälkikäteen tarkasteltuna isoin asia, mitä tämän opinnäytetyön kohdalla tekisin toisin, ei suoraan liity itse työhön, vaan sen raportointiin. Raportin kirjoittaminen olisi pitänyt aloittaa yhdessä varsinaisen työn kanssa. Viivästyminen johtui muutoksista elämäntilanteessa, jolloin aloittamisesta muodostui tarpeettoman suuri ensiaskel kirjoittamiselle. Onneksi opinnäytetyön tekemisen aikana

sen vaiheista tuli tehtyä paljon muistiinpanoja. Ilman sitä dokumentaatiota tämän raportin kirjoittaminen olisi ollut erittäin vaivalloista.

Työn aikana pidettiin palavereja, joissa tarkistettiin, miten työ etenee, ja mitä sen puitteissa on saatu aikaan. Näitä palavereja olisi voinut olla tiheämminkin, sillä esimerkiksi tarve yleisemmälle menetelyohjeelle selvisi vasta yhdessä näistä palavereista.

## LÄHTEET

**ISO/CASCO CEN/CLC/TC 1. 2005.** *SFS-EN ISO/IEC 17025 TESTAUS- JA KALIBROINTILABORATORIOIDEN PÄTEVYYS. YLEISET VAATIMUKSET.* s.l. : Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2005. ISO/IEC 17025:2005.

**Ympäristöministeriön ympäristönsuojelujaosto. 1995.** *Ympäristömelun mittaaminen ohje 1/1995.* s.l. : Ympäristöministeriö, 1995. 951-731-082-X/0788-592-X.