



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ALEKSI SIRÉN  
SÄHKÖMITTAREIDEN ETÄLUENTA- JA ASENNUSPALVELUIDEN  
TOIMINTAMALLIN KEHITTÄMINEN

Diplomityö

Tarkastaja: professori Pertti Järven-  
tausta  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Tieto ja sähkötekniikan tiedekunta-  
neuvoston kokouksessa 2. touko-  
kuuta 2018

## TIIVISTELMÄ

**ALEKSI SIRÉN:** Sähkömittareiden etäluenta- ja asennuspalveluiden toimintamallin kehittäminen

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 58 sivua, 3 liitesivua

Toukokuu 2018

Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Sähköverkot ja -markkinat

Tarkastaja: professori Pertti Järventausta

Avainsanat: Energiamittaus, etäluenta, sähkömittari, sähköasennus

Sähkön kulutusta mitataan etälueuttavilla sähkömittareilla tuntienenergiona ja osassa käyttöpaikoista vieläkin lyhyemmissä aikajaksoissa. Mittaustiedot kerätään käyttöpaikoilta etäluentajärjestelmän avulla. Tämä diplomityö käsittelee Eitel Networks Pohjoinen Oy:n verkkoyhtiölle tarjoamia sähkömittareiden etäluenta- ja asennuspalveluja. Luentapalvelun tehtävä on kerätä mittaustiedot verkkoyhtiön vastuualueelle kuuluvilta käyttöpaikoilta ja selvittää etälueennan yhteysongelmia. Asennuspalvelu suorittaa kuuluvuusongelmien selvittelyn kenttätöiden sekä muita sähkömittaukseen liittyviä tehtäviä.

Tämän diplomityön tavoitteena oli kehittää toimintamalleja, joilla sähkömittareiden etäluenta- ja asennuspalveluja voidaan tuottaa entistä paremmin ja saavuttaa palvelusopimusten mukaiset palvelutasot. Etäluenta- ja asennuspalveluja tarkasteltiin työssä erikseen. Jakeluverkkoyhtiön taseselvitysprosessin lyheneminen tarkoittaa, että sähkön käyttöpaikkojen kulutuslukemat on toimitettava verkkoyhtiölle 11 päivän sisällä. Diplomityön tavoitteena oli tehostaa näiden kahden palvelun toimintaa siten, että asennuspalvelulle määriteltävät työmääräykset pystytään suorittamaan ja mittaustiedot toimittamaan niille annetuissa määräajoissa.

Palvelutoimintojen nykytilan määrittämiseksi haastateltiin useita henkilöitä sekä Eiteliltä että palveluita tilaavalta verkkoyhtiöltä. Tämän jälkeen ehdotettiin erilaisia toimenpiteitä toimintamallien parantamiseksi. Osa ehdotuksista on otettu käyttöön jo tämän diplomityön aikana ja osa ehdotetaan käyttöönotettavaksi seuraavien kuukausien aikana.

Etäluentapalvelun päivittäisen toiminnan tueksi laadittiin taulukot sähkömittareiden valvontaan ja luentapalvelun laatimien työmääräysten seurantaan. Asennuspalvelun toiminnan tehostamiseksi laadittiin viikko- ja päiväsuunnitelmat sekä priorisoitiin eri työmääräystyypit. Epäsuorien mittausten asennustyöhön tarvitaan asennuspalvelussa edelleen koulutusta, joten viikko-ohjelmia ei tämän työn aikana voida vielä täydellisesti toteuttaa. Epäsuorien mittausten koulutus on aloitettu sitä tarvitseville henkilöille, joten viikkosuunnitelmien käyttöönottoa ehdotetaan, kun koulutukset on järjestetty. Parannuksia ehdotetaan myös työmääräysten jakamiseen, jotta niiden suorituksessa voidaan vähentää turhia viiveitä.

## ABSTRACT

**ALEKSI SIRÉN:** Developing the operating model of remote-reading and installation service of electricity energy meters

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 58 pages, 3 Appendix pages

May 2018

Master's Degree Programme in Electrical Engineering

Major: Power Systems and Market

Examiner: Professor Pertti Järventausta

Keywords: Energy measurement, automatic meter reading, electricity meter, electrical installation

Electricity consumption is measured hourly and in some cases even in shorter periods with the remote-readable electricity meters. Measurement data is collected with automatic meter reading system. This M.Sc thesis focuses on developing the operating model of remote-reading and installation service of electricity energy meters that Eltel Networks Pohjoinen Oy provides for a distribution network operator (DNO). Purpose of remote-reading service is to collect measurement data from DNO's area of responsibility and resolve problems related to remote-reading. The installation service performs field work and other tasks related to measurement process.

The purpose of this thesis is to develop operating models that could help to achieve the service levels specified in service agreements. Remote-reading and installation services are considered separately. Due to changes in DNO's energy balance settlement process measurement data must be delivered to a DNO within a shorter time frame. The aim of the M.Sc. thesis was to improve the efficiency of these two services in order to accomplish the work tasks of installation service and to deliver measurement data within deadlines set for them.

In order to define the current state of services, several persons from both Eltel and DNO were interviewed. Subsequently, various operations were suggested to improve operating models. Some of propositions have already been commissioned during this thesis and some propositions are suggested to be introduced in following months.

Two lists were composed to support remote-reading service's daily operation. One list was made to monitor remote-reading problems and another to control work orders made in remote-reading service. Weekly and daily schedules were made to improve the efficiency of installation service. The different type of work tasks were also prioritized. Installation work for indirect measurements requires further training in an installation service. As a result weekly schedule cannot be fully implemented yet. Training for indirect measurements has begun during this thesis so the schedules are suggested to commission after training. Improvements are also proposed for work orders to reduce unnecessary delays in their accomplishment.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Eltel Networks Pohjoinen Oy:llä kevään 2018 aikana. Työn tarkastajana on toiminut professori Pertti Järventausta Tampereen teknillisestä yliopistosta, jota haluan kiittää työn tarkastamisesta, sekä asiantuntevista kommentteista ja näkökulmista koko diplomityöprosessin aikana.

Elteliltä työn ohjaajana toimi tiimipäällikkö Veli-Matti Selesniemi, jota haluan kiittää keskusteluista ja kommentteista työhön liittyen. Suuret kiitokset kaikille henkilöille, joita olen saanut haastatella diplomityöhön liittyen, ja jotka mahdollistivat työn tekemisen Eltelillä.

Erityinen kiitos vanhemmilleni, jotka ovat tukeneet ja kannustaneet minua koko opintojeni ajan.

Kajaanissa, 15.5.2018

Aleksi Sirén

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
2.	VAATIMUKSET SÄHKÖN MITTAUKSELLE.....	3
2.1	Tuntimittaus .....	5
2.1.1	Statukset .....	6
2.2	Mittauslaitteiden ominaisuusvaatimukset .....	9
2.3	Sähkön laatuun liittyvät ominaisuudet .....	11
3.	TIEDONSIIRTO JA MITTAUSTAVAT .....	13
3.1	Tiedonsiirtoyhteydet.....	13
3.1.1	PLC .....	15
3.1.2	GSM-verkko.....	16
3.1.3	Radio-, puhelin-, tietoliikenneverkko .....	17
3.1.4	Yhteysongelmat .....	17
3.2	Mittaustavat.....	18
4.	TOIMITTAJAN JA TILAAJAN VÄLISET PALVELUSOPIMUKSET .....	21
4.1	Sopimus sähkömittareiden etäluentapalvelusta ja noudatettavista palvelutasoista.....	21
4.2	Sopimus sähkömittareiden asennus- ja tarkastuspalveluista.....	24
5.	ETÄLUENTAPALVELU.....	27
5.1	Etäluentajärjestelmä .....	28
5.2	Työmääräykset .....	33
6.	PALVELUIDEN TUOTTAMINEN.....	37
6.1	Saadut luennat .....	38
6.2	Ongelmakohtien tunnistaminen.....	39
6.2.1	Työmääräysten toteuttaminen ja aikataulutus.....	40
6.2.2	Kuuluvuus- ja tiedonsiirto-ongelmat .....	41
6.2.3	Yhteistyön toimivuus .....	42
6.2.4	Asennus- ja mittausvirheet.....	43
7.	TOIMINTAMALLIEN KEHITTÄMINEN .....	45
7.1	Luentapalvelu.....	45
7.2	Asennuspalvelu .....	49
7.2.1	Aluejako .....	50
7.2.2	Työmääräysten priorisointi .....	51
7.3	Toimenpiteiden aikataulut.....	53
8.	YHTEENVETO .....	55
	LÄHTEET.....	57

## KUVALUETTELO

<b>Kuva 1.</b>	<i>Mittaus- ja tiedonsiirtoketju sähkön käyttöpaikalta eri sähkömarkkinaosapuolille. [3]</i> .....	4
<b>Kuva 2.</b>	<i>AMR-tiedonsiirtoratkaisut [10]</i> .....	14
<b>Kuva 3.</b>	<i>Kytkenäkaavio suoralle mittaukselle [16]</i> .....	19
<b>Kuva 4.</b>	<i>Periaatekuva mittautiedon hallinnan rakenteesta. Muokattu lähteestä [10]</i> .....	27
<b>Kuva 5.</b>	<i>Gridstream AIM:n tietojen keruun aloitusvalikko</i> .....	29
<b>Kuva 6.</b>	<i>Käyttöpaikan tuntikohtaiset kulutuslukemat</i> .....	31
<b>Kuva 7.</b>	<i>Värikoodit luenta-arvojen tiloille</i> .....	31
<b>Kuva 8.</b>	<i>Käyttöpaikan tuntikohtaiset sähköenergian kulutuslukemat</i> .....	32
<b>Kuva 9.</b>	<i>Periaatekuva työmääräysten siirtymisestä eri järjestelmien välillä</i> . ....	34
<b>Kuva 10.</b>	<i>Mittauksen tehtävä Tieto Forumissa</i> . ....	34
<b>Kuva 11.</b>	<i>Yleiskuva työmääräyksistä MWF:ssä</i> . ....	36
<b>Kuva 12.</b>	<i>Palvelutason saavutettavuuteen vaikuttavia asioita</i> .....	38
<b>Kuva 13.</b>	<i>Palvelutason D mukainen sähköenergian kulutuslukemien toimitus kuukausittaisena keskiarvona</i> . ....	39

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

AMR	Automatic Meter Reading, Automaattinen mittarinluenta
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
IFS	Industrial and Financial System
KJ	Keskijännite
MWF	Mobile Work Force
PDA-laite	Personal Digital Assistant, Kämmentietokone
PJ	Pienjännite
PLC	Power Line Communication, Sähköverkkotiedonsiirto
PSTN	Public Switched Telephone Network
SLA	Service Level Agreement, Palvelutasosopimus
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System

<i>I</i>	Sähkövirta
<i>kbps</i>	Tiedonsiirtonopeus (kilobittiä sekunnissa)
kWh	Kilowattitunti
<i>N</i>	Kierrosluku
<i>P</i>	Pätöteho
<i>S<sub>n</sub></i>	Nimellistaakka
<i>U</i>	Jännite
<i>Z</i>	Impedanssi
$\varphi$	Vaihekulma

# 1. JOHDANTO

Sähköverkkoyhtiöt ovat kokeneet toimialallaan paljon muutoksia viimeisten vuosien aikana. Lainsäädäntö on johtanut etäluettavien mittareiden käyttöönottoon lähes kaikilla sähkön käyttöpaikoilla. Etäluettavat sähkömittarit ovat osa älykästä sähköverkkoa. Verkkoyhtiöt saavat suurimmaksi osin mittaustiedot käyttöpaikoilta käymättä asiakkaan luona. Lisäksi asiakas voi itse seurata kulutustaan ja siten vaikuttaa omaan sähkön käyttöönsä.

Kulutusta mitataan tällä hetkellä tuntienergiona ja asiakkaiden sähkölaskut perustuvat entisen arvioinnin sijaan todelliseen kulutukseen. Mittalaitteelta saadaan mitattua lukemat sekä verkosta otetulle sähkölle että verkkoon syötetylle sähkölle. Jakeluverkonhaltija on vastuussa mittaustietojen käsittelystä ja luotettavan tiedon välityksestä eri sähkömarkkinaosapuolille. Verkonhaltijat voivat kuitenkin halutessaan ulkoistaa sähkömittareiden etäluenta- ja asennuspalvelut.

Jakeluverkkoyhtiöiden toiminnan muutoksella on ollut suora vaikutus myös sähköverkkojen urakointeja tekevien yritysten toimintaan. Verkkoyhtiöiden keskittyessä entistä enemmän ydinliiketoimintaansa, on urakoitsijoille tullut mahdollisuus laajentaa toimintaansa verkon rakentamispalveluiden ulkopuolelle. Verkkoyhtiöt ovat ulkoistaneet etäluentapalveluja ja sähköverkkourakoitsijat ovatkin aloittaneet etäluentapalveluiden toimittamisen verkkoyhtiöille. Tässä työssä käsitellään Eltel Networks Pohjoinen Oy:n sähköverkkoyhtiölle tarjoamia etäluenta- ja asennuspalveluja, joista on olemassa Eltelin ja verkkoyhtiön välillä palvelusopimukset.

Eltel on pohjoiseurooppalainen teknisten palveluiden toimittaja, jonka toiminta jakaantuu Power, Communication ja Other liiketoimintasegmentteihin. Eltel tarjoaa asiakkailleen sähkö- ja tietoliikenneverkkojen suunnittelu-, rakentamis- ja ylläpitopalveluita. Eltelin palveluksessa työskentelee noin 8400 työntekijää. Eltel on ollut listattuna Nasdaq Tukholmassa helmikuusta 2015 alkaen. Toiminta-alueita ovat Pohjoismaat, Puola ja Saksa.

Tässä diplomityössä tarkastellaan sähkömittareiden etäluenta- sekä asennuspalvelua palveluiden toimittajan näkökulmasta. Taseselvitysprosessin aikaikkunan lyhenemisen myötä, mittaustiedon toimitukselle ja mittareiden kuuluvuusongelmien selvitystyölle käytettävissä oleva aika on lyhentynyt 11 päivään. Tämä on aiheuttanut haasteita suorittaa työmääräyksiä niille annetuissa määräajoissa. Palvelusopimuksissa on määritelty palvelutasot, jotka kuvaavat, kuinka hyvin kyseisiä palveluita on tuotettu. Tavoitteena

on löytää toimenpiteitä, joilla urakoitsija pystyisi saavuttamaan kuukausittain sopimusten mukaiset palvelutasot.

Palveluiden toimintamallien kehittämiseksi keskitytään palveluiden ongelmakohtien tunnistamiseen ja näiden ratkaisemiseen sekä pyritään löytämään uusia toimintatapoja ja työkaluja palveluiden tuottamiseen. Tätä varten haastatellaan sekä Eltelin omaa että verkkoyhtiön henkilökuntaa. Näitä näkökulmia käytetään hyväksi, kun palveluiden toimintakokonaisuutta kehitetään. Työ käsittelee luentapalvelun nykyistä tilannetta.

Eltelin tehtävänä on toimittaa palvelun tilaajalle päivittäin tuntimittauslukemia kaikilta verkkoyhtiön vastuualueelle kuuluvilta sähkön käyttöpaikoilta. Myös sähkömittareiden asennukset kuuluvat Eltelin toimenkuvaan, ja nämä kaksi palvelua toimivatkin tiiviissä yhteistyössä keskenään. Palvelun tilaava verkkoyhtiö hoitaa itse tuntilukemista muodostettavien aikasarjojen käsittelyn ja toimituksen eri sähkömarkkinaosapuolille, joten niitä ei myöskään käsitellä tässä työssä. Työssä käydään läpi etäluentapalvelun lisäksi Eltelin suorittamien mittareiden asennuksiin liittyvää palvelusopimusta. Molempien toimintaa käsitellään, koska ne ovat vahvasti sidoksissa keskenään ja niiden yhteistyöllä on suora vaikutus tilaajalle toimitettavan palvelutason laatuun.

Luvussa 2 käsitellään tuntimittaukselle ja tuntimittauslaitteistolle asetettuja vaatimuksia sekä sähkön laatuun liittyviä ominaisuuksia. Luvussa 3 käydään läpi etäluennassa käytettäviä tiedonsiirtoyhteyksiä ja niiden ongelmia sekä sähkömittauksen mittaustapoja.

Luku 4 käsittelee sähköverkkoyhtiön ja Eltelin välisiä etäluentaja asennuspalvelusopimuksia, joiden pohjalta palveluita verkkoyhtiölle toimitetaan. Luvussa 5 tarkastellaan järjestelmiä, joita etäluennassa käytetään ja käydään läpi luentapalvelun perustamia työmääräyksiä kuuluvuusongelmien selvittelyyn. Luvussa 6 käsitellään palveluiden tuottamisessa havaittuja ongelmakohtia ja kehitystarpeita, ja luvussa 7 tuodaan esille toiminnan kehittämiseksi ehdotettavia toimenpiteitä.

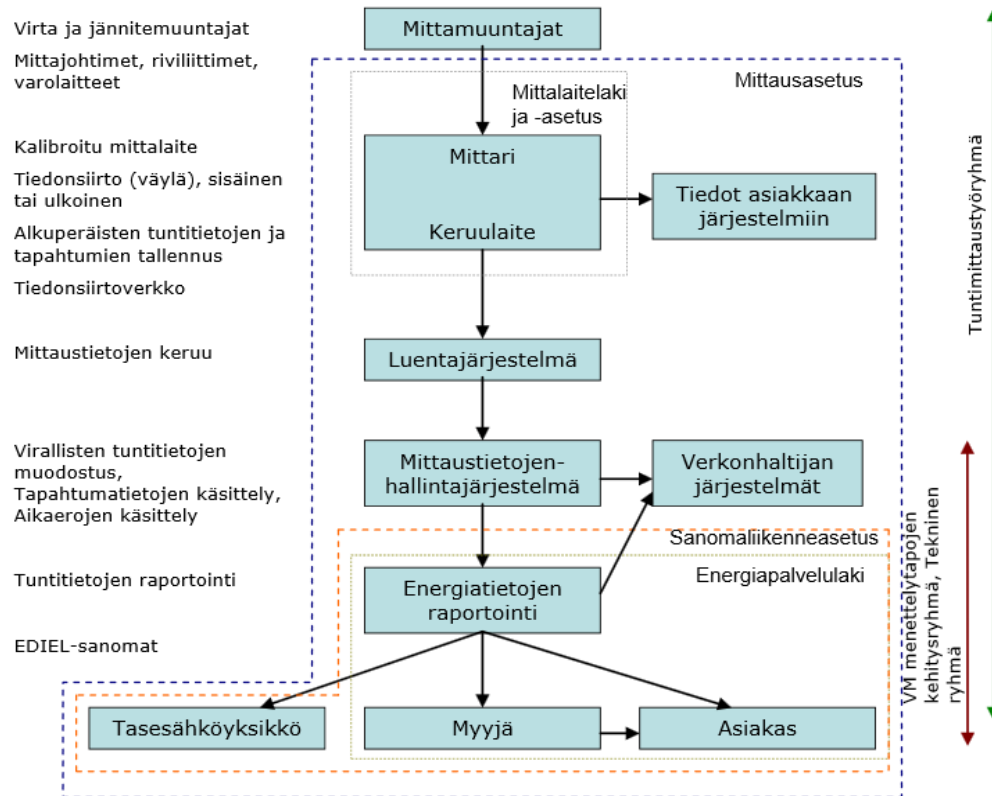
## 2. VAATIMUKSET SÄHKÖN MITTAUKSELLE

Vaatimukset sähkön mittaukselle ja etäluennalle on määritelty lainsäädännössä, jota on täsmennetty Valtioneuvoston asetuksilla 66/2009, asetuksen tarkennuksella 217/2016 sekä Energiaviraston antamilla määräyksillä ja päätöksillä. Mittaustoimintaa ohjaa sähkömarkkinalaki ja itse mittareiden toimintaa mittauslaitelaki 707/2011. Lisäksi on laadittu suosituksia, kuten Energiateollisuus ry:n Tuntimittaus-suositus, jota tässäkin luvussa käydään tuntimittausten ja mittauslaitteiden ominaisuusvaatimusten osalta läpi. [1]

Valtioneuvoston asetuksen mukaan 80 % verkonhaltijan käyttöpaikoista piti olla etäluennan piirissä vuoden 2013 loppuun mennessä. Vuoteen 2017 mennessä suurin osa käyttöpaikkojen mittareista oli etäluettavia ja ainoastaan yksittäisiä kohteita oli etäluennan ulkopuolella. Suositukset nojaavat hyviksi havaittuihin toimintatapoihin ja mittauslaitteiden ominaisuusvaatimuksiin. Suosituksia ei ole pakko noudattaa, mutta lainsäädäntöä ja asetuksia, jotka sitä täydentävät täytyy noudattaa. [1]

Sähkömarkkinaprosessin toimivuuden kannalta sähkönkulutuksen mittaaminen on yksi tärkeimmistä tehtävistä. Sähköenergianmittaus hoidetaan nykyään suurimmaksi osin etäluentana. Etäluettavilla sähkömittareilla, eli AMR-mittareilla (Automatic Meter Reading) tarkoitetaan laitteistoa, jolla mitataan sähkön käyttöpaikan kulutusta sekä mahdollista tuotantoa. AMR-mittarit ovat tiedonsiirtotekniikalla yhteydessä mittaustietojärjestelmään, johon käyttöpaikkojen mittaustiedot tallennetaan. Nykyisillä etäluettavilla sähkömittareilla kulutusta mitataan tuntienergiaina ja käyttöpaikkojen kulutustiedot voidaan myöhemmin vahvistaa tuntitasolla.

Aiemmin kulutuksen mittaaminen perustui arviointiin ja mittareiden lukeminen tehtiin noin kerran vuodessa. Asiakasta laskutettiin siis arvion perusteella. Luennan jälkeen vuotuinen laskutus tasattiin sen mukaan, oliko asiakasta laskutettu liikaa vai liian vähän. Nykyisillä mittareilla laskutus voidaan hoitaa todelliseen kulutukseen perustuen. Mittaustiedon välitys asiakkaan käyttöön tai sähkön myyjälle vaatii kuitenkin omat kuluväylänsä. Tämän datan käsittelyyn menevää prosessia on havainnollistettu kuvassa 1, joka näyttää mittaus- ja tiedonsiirtoketjun sähkön käyttöpaikalta sähkömarkkinaosapuolille asti. [2]



**Kuva 1.** Mittaus- ja tiedonsiirtoketju sähkön käyttöpaikalta eri sähkömarkkinaosa-puolille. [3]

Kuvasta 1 nähdään, että sähkön käyttöpaikan mittaustiedot siirtyvät mittarilta tiedonsiirtoyhteyden avulla luentajärjestelmään, johon mittaustiedot kootusti kerätään. Etäluenta-järjestelmästä ne siirretään mittaustiedonhallintajärjestelmään virallisten tuntitietojen muodostamista ja tapahtumatietojen käsittelyä varten. Mittaustietojenhallintajärjestelmästä tiedot siirtyvät myös verkonhaltijan järjestelmiin mittaustietojen rekisteröintiä varten. Tämän jälkeen tuntitiedot siirretään tasesähköyksikön ja sähkön myyjän käyttöön. Tässä työssä käsitellään Eltelin tarjoamien sähkö mittareiden etäluenta- ja asennuspalveluiden toimitukseen liittyviä asioita. Jakeluverkkoyhtiön vastuulla on tuntimit-taustiedosta laadittavien aikasarjojen tekeminen ja Eltelin tehtävä on ainoastaan toimit-taa tuntilukemat tilaajalle.

Sähkömarkkina-laissa määritellään, että verkonhaltijan on järjestettävä taseselvityksen ja laskutuksen perustana oleva sähkötoimituksen mittaus sekä mittaustietojen rekisteröinti ja ilmoittaminen sähkömarkkinaosapuolille. Mittaustiedot on ilmoitettava sähkön toi-mittajalle käyttöpaikka- tai mittauskohteisesti. Sähköverkonhaltija on mittaustiedon järjestäessään pyrittävä edistämään tehokasta ja energiasäästäväistä sähkönkäyttöä ja hyödynnettävä käytön ohjausmahdollisuuksia. Laissa on myös määritelty, että verkon-haltija voi tarjota mittaustiedon omaa työnä tai hankkia palvelun sähkökaupan muul-ta osapuolelta. [2,4]

Loppukäyttäjän laskutus perustuu sähkömittarin mittauslukemiin. Jakeluverkonhaltijan kanssa voidaan sopia erilaisista mittauspalveluista, kuten yksiaikaisesta yleismittauksesta, kaksiaikaisesta yö- ja päiväkulutusmittauksesta tai kausi- ja tuntimittauksesta. Nykyisellään käytössä olevilta etäluettavilta sähkömittareilta kulutustiedot luetaan kerran päivässä ja sähkölasku perustuu käyttöpaikan todelliseen kulutukseen.

Sähkönmyyjän vaihtuessa verkonhaltijan on huolehdittava mittauslaitteiston luennasta saadessaan tiedon sähkön myyjän vaihtumisesta. Sähköverkonhaltijalla on oikeus arvioida muun kuin etäluettavan tuntimittauslaitteiston lukema käyttöpaikan aiempaan kulutukseen perustuen, jos käyttäjä ei ole toimittanut määräajassa mittauslukemaa. [5]

AMR-mittareiden käyttöönotto on tapahtunut lainsäädännöstä johtuen. Valtioneuvoston asetus vuodelta 2009 määräsi jakeluverkkoyhtiöt vaihtamaan sähköverkkoon liitetyille käyttöpaikoille etäluettavat tuntimittauslaitteistot luentaominaisuudella. Vuoden 2013 loppuun mennessä verkkoyhtiöiden piti varustaa 80 % kaikista vastuualueellaan olevista käyttöpaikoista tuntimittauslaitteistolla.

Etäluenta mahdollistaa asiakkaan aktiivisemmän osallistumisen sähkömarkkinoille. Etäluennan ansiosta asiakas voi saada tietoa omasta tuntikohtaisesta kulutuksestaan online-palveluiden avulla. Asiakas voi myös omilla valinnoillaan vaikuttaa sähkölaskunsa suuruuteen, kun tuntimittaukset on saatavilla. AMR-mittauksen voidaankin sanoa mahdollistavan asiakkaiden ohjauksen energiatehokkaampaan toimintaan. [2]

Energiateollisuuden laatimassa tuntimittaussuosituksessa on annettu tarkkoja suosituksia tuntimittauksen toteutukseen sekä ohjeita tuntitietojen käsittelyyn. Tavoitteena on ollut yhtenäistää toimialan käytäntöjä mittauksen ja tuntitietojen välityksen suhteen eri sähkömarkkinaosapuolten välillä. Seuraavassa käydään läpi mittauksiin liittyvää lainsäädäntöä, tuntimittaus suosituksia sekä etäluettavien tuntimittauslaitteiden ominaisuusvaatimuksia.

## 2.1 Tuntimittaus

Energiaviraston linjauksessa tuntimittauslaitteistolla tarkoitetaan mittauskohteessa olevaa mittalaitetta, joka kykenee rekisteröimään energiamittauksia sähkön kulutuksen ja verkkoon syötön osalta tunneittain. Tuntimittarilla on oltava tiedonsiirtoyhteys, jolla tiedot pystytään etäluentapalvelun avulla siirtämään päivittäin mittauksetiedonhallintajärjestelmään. Luentajärjestelmän on oltava sellaisessa kunnossa, että luenta onnistuu kaikilta tuntimittareilla varustetuista kohteista. Tuntimittauslaitteiston määritelmä ei tässä kohtaa käsitä mittauksetiedonhallintajärjestelmän kykyä käsitellä mittauksetietoa. [3]

Tuntimittaus hoidetaan älykkäällä sähkömittarilla, jolla tarkoitetaan etäluettavaa ja -ohjelmoitavaa sähkömittaria. Euroopan Unionin (EU) energiatehokkuusdirektiivi 2012/27/EU määrittelee älykkään mittausjärjestelmän ”sähköiseksi järjestelmäksi, jolla

voidaan mitata energiankulutus, saada enemmän tietoja kuin perinteisellä mittarilla sekä siirtää ja vastaanottaa tietoa sähköisen viestinnän keinoin.” [1]

Mittalaitteen tulee mitata ja rekisteröidä tunnin välein mittalaitteen muistiin tuntilukema tai tuntienergia, jotka luetaan luentajärjestelmään. Suosituksena on, että enintään 3x63A käyttöpaikoilta rekisteröidään kumulatiivinen tuntienergia keskitehon sijaan. Tunneittain rekisteröitävä tuntilukema on kokonaislukema, joka ei huomioi eri tuotteiden lukemia. Esimerkiksi kaksiaikatuotteille on kaksi erillistä lukemaa. Tuntilukema vastaa siis yleensä yksiaikatuotteen mukaista lukemaa ja kaksiaikaiselle siirtotuotteelle on tehtävä kaksi eri luenta. [3]

Tuntimittaus vaatii toimivan kahdensuuntaisen tiedonsiirtoyhteyden mittarin ja luentajärjestelmän välillä. Käytettävissä on useita eri tiedonsiirtoteknologioita. Jakeluverkonhaltijalla on oikeus määrittellä itse verkkoalueellaan käytettävät tiedonsiirtoyhteydet. Mahdollista on myös käyttää useampia yhteyksiä. Oleellista on määrittää myös tietoturvaominaisuudet, jotta kaksisuuntainen mittaus voidaan turvallisesti toteuttaa. Tiedonsiirtoyhteyksiä käydään tarkemmin läpi kappaleessa 3. [1]

Tuntimittauslaitteisto on luettava etäluentayhteydellä vähintään kerran vuorokaudessa. Valtioneuvoston asetuksessa on määritelty kuitenkin tilanteet, joissa jakeluverkonhaltijalla on oikeus arvioida käyttöpaikan sähkönkulutus aiempaan kulutukseen perustuen. Tällaisia ovat esimerkiksi tilanteet, joissa mittalaitteisto on vikaantunut tai mittaustietoa ei ole etälunnon tiedonsiirtohäiriön takia saatavilla. Jos luenta kuuluu käyttäjälle itselleen, eikä hän lukemaa ole ilmoittanut tai jos jakeluverkonhaltijalla ei ole mittauslaitteen sijainnin takia mahdollisuutta sen lukemiseen, eikä käyttäjä ole tiedusteluista huolimatta lukemaa ilmoittanut, on verkonhaltijalla oikeus arvioida käyttöpaikan kulutus.

Jakeluverkonhaltija on velvoitettu julkaisemaan selvitys menettelystä, jolla se arvioi vastuualueelleen kuuluvien käyttöpaikkojen sähkön kulutuksia. Verkonhaltijalla on myös oikeus sopia mittauslaitteistojen luennasta loppukäyttäjän tai sähköntoimittajan kanssa. [4]

### **2.1.1 Statukset**

Mittarin rekisteröimän ja tallentaman kumulatiivisen lukeman lisäksi mittari tallentaa myös mitattavalle lukemalle statuksen, joka ilmaisee tiedon lukeman luotettavuudesta. Statuksia on useita erilaisia ja niiden käytölle on annettu selkeät ohjeet [3]. Statukset ovat sähköverkonhaltijan käyttöön tarkoitettuja, ja niiden avulla verkonhaltija pystyy seuraamaan mittalaitteiden toimintaa. Statukset toimivat luotettavan mittaustiedon väliinäänä myös eri sähkömarkkinaosapuolille kuten sähkön myyjille. Sähkön myyjä voi statuksen mukaan arvioida tuntilukemista muodostettavien aikasarjojen luotettavuuden. [2]

Markkinoilla olevien mittalaitteiden tuntitietojen statukset vaihtelevat, mutta ne muutetaan järjestelmässä vastaamaan yleisiä statustietoja, kun mittaustiedot on sähkömarkkinaosapuolia varten laskettu. Taulukossa 1 on koottu EDIFACT-standardin mukaiset statukset. [3]

**Taulukko 1.** *Mittaustietojen yleiset statukset [3]*

Status	Selitys
Z03	Puuttuva
Z02	Epävarma
99	Arvioitu
136	OK
Z01	Korjattu-OK

Jos mittaustiedoissa on virheitä, on ne korjattava manuaalisesti. Tällaisia virheitä ovat esimerkiksi heikko statusarvo tai kun myyjä ilmoittaa puuttuvasta mittaustiedosta. Mittaustiedot luetaan mittarilta kerran vuorokaudessa, mutta puuttuvia tai epävarmoja mittaustietoja korjataan jatkuvasti. Luentajärjestelmässä mittaustiedolle asetellaan statukset. Statukset siirretään sanomina mittaustietojen hallintajärjestelmään, mikä on jakeluverkonhaltijan vastuulla. [6]

*Puuttuva*-status on alustaville tuntilukemille, mikäli lukemaa ei mittarilta ole saatu ja alustava tieto välitetään nollakäyttönä. *Puuttuva*-status tulee aina korvata viiden vuorokauden sisällä mitatulla tai arvioidulla lukemalla.

*Epävarma* tarkoittaa lukemaa, joka voi myöhemmin tarkentua. *Epävarma*-statusta käytetään yleensä, kun tuntilukema on jouduttu arvioimaan. Se voi kertoa esimerkiksi mittarin vikaantumisesta, mittausvirheestä tai luentaongelmasta. Statusta käytetään, kun oletetaan, että lukema saadaan myöhemmin muutettua tai vahvistettua. *Epävarmaa* käytetään myös, jos puuttuva tieto arvioidaan ja oletetaan, että tarkempi mittaustieto saadaan myöhemmin. *Epävarma*-status tulee aina korvata *OK*- tai *Arvioitu*-statuksella.

*Arvioitu*-statusta käytetään, jos tuntilukema on jouduttu arvioimaan ja kun tiedetään, ettei mitattua tai tarkempaa tietoa saada myöskään myöhemmin. Statusta ei tarvitse muuttaa, mutta se voidaan korvata *Korjattu-OK*-statuksella, mikäli korjaus nähdään tarpeelliseksi.

*OK*-status annetaan lukemalle silloin, kun kyseessä on luotettava mitattu tieto tai kun *Z03*- tai *Z02*-statuksella oleva tieto korjataan. *OK*-statusta ei tarvitse korjata.

*Korjattu-OK*-statusta käytetään, kun aikaisemmin oikeaksi arvioituja lukemia joudutaan korjaamaan jälkikäteen. Mitattu lukema on siis muuttunut luotettavaksi tiedoksi. Sitä käytetään, kun *Arvioitu*- tai *OK*-statuksella välitetty lukema korjataan tai kun jo aiemmin samalla statuksella oleva lukema korjataan uudelleen. *Korjattu-OK*-statusta ei kuitenkaan voida käyttää mittauslukeman ensimmäisenä statuksena. [3]

Jakeluverkonhaltija on vastuussa puuttuvien tuntitietojen käsittelystä. Sähkönmyyjän tehtävä ei ole arvioida tuntitietoja. Mikäli mittaustietoa ei mittarilta saada, tulisi puuttuvat lukemat arvioida viiden vuorokauden sisällä toimituspäivästä. Etäluentapalvelusta pitäisikin kertoa mittaustiedonhallinnalle syy puuttuville mittaustiedoille. Jos puuttuvat tiedot saadaan 5 vuorokauden sisällä esimerkiksi ratkenneen yhteysongelman vuoksi, ei ole tarvetta arvioida mittauslukemia. Jos taas lukemien saamisessa kestää kauemmin esimerkiksi tietoliikennevian vuoksi, puuttuvat lukemat on arvioitava ja statukseksi merkitään *Epävarma*. Pidempiaikaisen vian, esimerkiksi mittalaitteivian takia puuttuvat tuntilukemat joudutaan arvioimaan, eli tällöin niiden statukseksi merkitään *Arvioitu*. Arvioinnissa käytetään hyväksi aiempia kulutuslukemia ja huomioidaan arkipäivien ja pyhien vaikutus. Jos joudutaan arvioimaan muutaman tunnin lukemat, voidaan lukemat täyttää ympäröivien tuntiarvojen perusteella [3]

Verkonhaltijan kannattaa kiinnittää huomiota käyttöpaikkoihin, joiden pääkytkin avataan asiakkaan toimesta esimerkiksi talven ajaksi. Tällaisten kohteiden tuntilukemat tulisi arvioida nollaksi. Todennäköistä on, että asiakas on katkaissut sähköt pääkytkimestä. Etäluennassa lähetetäänkin tällaisten kohteiden tuntilukemat *Arvioitu*-statuksella [3]. Pääkytkin sijaitsee näissä tapauksissa mittarista katsottuna jakeluverkon puolella, jolloin pääkytkimen kääntäminen katkaisee sähköt myös mittarilta. Tällaiset kohteet ovat tyypillisesti käyttöpaikkoja, joissa sähkön tarve ei ole ympärivuotista. Ongelmalliseksi tilanteen tekee se, ettei tiedetä, mistä käyttöpaikan nollalukemat johtuvat. Tämän takia paikalle saatetaan lähettää asentaja, joka toteaa, että asiakas on omatoimisesti katkaissut sähkönsä. [2]

Mikäli käyttöpaikan sähköt katkaistaan pääkytkimeltä ja sähkötön jakso on tarpeeksi pitkä, voi sähkömittari hukata kellonajan. Kun seuraavan kerran sähköt kytketään takaisin, osa mittareista päivittää kellon oikeaan aikaan vasta seuraavan luennan yhteydessä. Tällöin sähkönkulutuksen tuntitietoja jää saamatta ja tuntiarvot joudutaan korjaamaan manuaalisesti. Mittaustiedon laatu heikkenee tällaisten pääkytkinkohteiden osalta. Kohteissa pääkytkin voitaisiin sijoittaa vasta mittarin jälkeen tai tehdä pääkytkimen ohitus niin, että sähköt pysyvät aina päällä. [2]

## 2.2 Mittauslaitteiden ominaisuusvaatimukset

Mittauslaitteille ja niiden kytkennöille on asetettu ominaisuusvaatimuksia, joita seuraavassa käydään läpi. Asetuksilla ja suosituksilla tarkoitetaan tässä ohjeita tuntimittauslaitteille, jotka mittaavat pätö- ja loisenergiaa sekä myös sähkön laatuominaisuuksia. Annetut suositukset koskevat niin uusia kuin saneerattavia mittauskohteita.

Mittauslaiteasetuksessa on asetettu tarkkuusvaatimuksia asuintaloissa, liiketiloissa ja pienteollisuudessa käytettäville sähköenergiamittareille. Vaatimukset koskevat uusia ja saneerattavia kohteita pätöenergian mittauksen osalta. Tarkkuusvaatimukset sisältävät mittareiden jännitteen ja taajuuden hyväksyttävät toiminta-alueet nimellisarvoihin nähden erilaisissa käyttöpaikoissa vaadittaville mittariluokille.

Tuntitietojen lisäksi mittalaitteen tulee mitata asiakkaan siirtotuotteen mukaisia kumulatiivisia lukemia. Mittauslaitelakiin on kirjattu, että mittalaitteen näytöltä on nähtävä siirtotuotteen mukaiset sen aikaiset kumulatiiviset lukemat. Suosituksena on, että enintään 3x63A käyttöpaikoilta luetaan siirtotuotteen mukaiset kumulatiiviset lukemat, jotka siis näkyvät mittalaitteen näytöllä. Siirtotuotteen mukaiset lukemat rekisteröidään mittalaitteen muistiin. Kohteissa, joissa käytössä on yleisaikatuote, siirtotuotelukema ja kokonaislukema ovat samat eli erillistä rekisteröintiä siirtotuotteelle ei tarvita. [3]

Etäluettavia sähkömittareita voidaan hyödyntää myös muussa toiminnassa. AMR-laitteilla saadaan tietoa esimerkiksi siitä, onko käyttöpaikalla sähköt päällä ja näin ollen voidaan hyödyntää mittaustietoa pienjänniteverkon vianpaikantamiseen. Mittarit voidaan varustaa myös palvelureleellä, jonka avulla käyttöpaikalta saadaan katkaistua sähköt ilman asentajan paikan päällä käyntiä. Näin voidaan toimia esimerkiksi perintäkatkoissa. AMR-mittareilta saadaan tietoa myös vaiheiden puuttumisesta tai nollavikata-pauksista, mikä nopeuttaa viankorjaukseen reagoimista. [2]

Mittalaitteen on pystyttävä rekisteröimään käyttöpaikan verkkoon antoa ja verkosta ottoa erikseen. Siksi näille on mittalaitteella pidettävä omia rekistereitä. Tosin samaan aikaan tapahtuva anto ja otto voidaan laskea yhteen. Jos esimerkiksi yksi vaihe syöttää verkkoon tehoa ja kaksi ottavat verkosta tehoa, niin näiden yhteenlaskettu lukema voidaan rekisteröidä ilman erittelyä, kunhan kulutus ja tuotanto on eroteltu jokaisen tunnin osalta.

Rekisteröidyt tuntitiedot on tallennettava vähintään 10 Wh tarkkuudella enintään 3x63A kohteissa. Suuremmissa kuin 3x63A kohteissa pyöristykset on tehtävä vähintään 1 kWh tarkkuudella. Kaikki rekisteröidyt tuntitiedot on varustettava aikaleimoilla ja lisäksi statuksilla, joilla havaitaan mahdolliset tietojen oikeellisuuteen vaikuttavat epävarmuustekijät. Kuten aiemmin käytiin läpi statuksella ilmaistaan, onko tieto luotettava vai liittyykö luentaan jonkin virheen mahdollisuus.

Valtioneuvoston asetus määrää, että sähkömittarit on pystyttävä lukemaan sekä manuaalisesti paikan päällä että etäluentayhteyden avulla. Mittareille on asetettu vaatimus myös yli kolmen minuutin pituisten sähkökatkojen aloitus- ja päättymisaikojen rekisteröinnistä sekä kyvystä kuormanohjauskomentojen vastaanottoon ja välitykseen. Mittaustietoa ja sähkökatkoja koskevat tiedot on tallennettava verkkoyhtiön tietokantaan. Mittaustiedot tulee säilyttää tietokannassa vähintään kuuden vuoden ajan ja sähkökatkoja koskevat tiedot vähintään kahden vuoden ajan. Asetus määrää myös, että verkkoyhtiön tietojärjestelmien tietosuojat on oltava kunnossa. [2]

Mittalaitteella sähkökatkoja koskevat tiedot on säilytettävä vähintään viikon ajan. Huomioitavaa on, että etäluentayhteyden ollessa epäkunnossa tiedot pitää säilyä mittarilla niin kauan, että mittaustiedot saadaan haettua paikan päältä käsin. Pidempiaikaisten sähkökatkojen aikana mittarin kellon on pysyttävä ajassa ja ennen katkoa luetut tiedot tulee säilyä muistissa. Mittauslaitelainsäädännön mukaan mittausten on oltava luettavissa vielä neljän kuukauden yhtäjaksoisen sähköttömän ajan jälkeenkin ja pitkien sähkökatkojen alkamis- ja päättymisajankohdat on pystyttävä tallentamaan.

Etäluettavat mittalaitteet tulee olla ohjelmoitavissa ja ensisijaisesti tämä pitää pystyä tekemään etätoimintona. Siirtotuotteita tulee voida vaihtaa etäyhteydellä ja muutoksen yhteydessä mittalaitteen näytölle on tultava lukema uuden siirtotuotteen mukaisesta lukemasta. Siirtotuotteella eli tariffilla tarkoitetaan sähkön siirrosta tehtyä sopimusta, jonka perusteella jakeluverkonhaltija asiakastaan laskuttaa. Tariffit perustuvat yksi- tai kaksiaikamittauksiin. Käyttöpaikan energiantarve ja käyttöaika määräävät sen, mikä mittaustapa ja siirtotuote valitaan. Myös mittalaitteen kelloa on pystyttävä ohjaamaan etäyhteydellä sekä useampiaikaisten tuotteiden ohjausviiveitä, -aikoja ja kysynnän joustoa pitää pystyä hoitamaan etäyhteydellä.

Etäkatkaisu ja -kytkentä ominaisuutta olisi hyvä käyttää varsinkin kohteissa, joissa on paljon sopimusmuutoksia. Huomioitavaa on, että etäkytkentälaitetta ei voida käyttää erotuslaitteena, kun sähköjä katkaistaan sähköttöiden vuoksi, koska laitteessa ei ole määreysten mukaista ilmväliä eikä näkyvää auki-lukitusta. Mittalaite on pystyttävä lukemaan myös paikallisesti tiedonsiirtoliitännän kautta, kun etäyhteys ei ole käytettävissä.

Jakeluverkonhaltija on velvollinen tarjoamaan asiakkaalleen sellaista tuntimittauslaitteistoa, jonka reaaliaikaista sähköenergiankulutusta asiakas voi seurata itse. Jakeluverkonhaltijalla on oikeus laskuttaa asiakasta, jos käytössä oleva mittari joudutaan halutun toimenpiteen takia vaihtamaan uuteen.

Mittaasetuksessa määritellään, että mittalaitteen on kyettävä vastaanottamaan ja välittämään kuormanohjauskomentoja. Asetus antaa mahdollisuuden ohjata asiakkaan kuormia päälle ja pois päältä. Näin asiakas voi osallistua esimerkiksi kysyntäjousto- tai kuormitusten tasaukseen kulutushuippujen aikana. Asiakkaat voivat myös itse seurata sähkönkulutustaan, mikä kannustaa tekemään energiansäästöratkaisuja. Kysyntäjous-

toksi voidaan määritellä sähkön käytön ajallinen siirto huipunkäyttöajoilta verkon vähemmän kuormitetuille ajoille tai käytön kokonaan poisjääminen. Kuorman ohjaus voidaan sitoa myös siirtotariffiin, jolloin jakeluverkonhaltija voi porrastetusti säätää siirtymistä päivätariffilta yötariffiin tai toisinpäin. Ohjattavat kohteet voidaan varustaa releillä, eli tariffiohjaukselle ja kysyntäjousto-ohjaukselle on molemmille omat ohjausreleet. Taulukkoon 2 on kerätty kootusti tuntimittauslaitteistoa ja verkonhaltijan mittaustiedon tietojärjestelmiä koskevia vaatimuksia sähköverkossa. [3]

**Taulukko 2.** Valtioneuvoston asetuksessa § 5 määritellyjä vaatimuksia tuntimittauslaitteistolle ja tietojärjestelmille. Muokattu lähteistä [1,7]

Toiminnallisuus	Sisältö
Tiedonsiirto taustajärjestelmiin	Mittauslaitteiston rekisteröimä tieto tulee voida lukea laitteiston muistista viestintäverkon kautta (etäluento-ominaisuus)
Mittaustieto	Mittauslaitteiston tulee rekisteröidä yli kolmen minuutin pituisen jännitteettömän ajan alkamis- ja päättymisajankohta
Kuormanohjaus	Mittauslaitteiston tulee kyetä vastaanottamaan ja pannaan täytäntöön tai välittämään eteenpäin viestintäverkon kautta lähetettäviä kuormanohjaukskomentoja
Tiedonsiirto taustajärjestelmiin	Mittaustieto sekä jännitteetöntä aikaa koskeva tieto tulee tallentaa verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevään tietojärjestelmään, jossa tuntikohtainen mittaustieto tulee säilyttää vähintään kuusi vuotta ja jännitteetöntä aikaa koskeva tieto vähintään kaksi vuotta
Tietoturva ja -suoja	Mittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän tietosuojan tulee olla asianmukaisesti varmistettu
Näyttö ja käyttöliittymä	Verkonhaltijan tulee asiakkaansa erillisestä tilauksesta tarjota tämän käyttöön tuntimittauslaitteisto, jossa on standardoitu liitäntä reaaliaikaista sähkönkulutuksen seurantaan varten

### 2.3 Sähkön laatuun liittyvät ominaisuudet

Nykyaikaisilla etäluettavilla sähkömittareilla voidaan seurata myös sähkön laatuun liittyviä ominaisuuksia ja niitä hyödynnetäänkin sähkön laadun tarkkailussa. Mittareilla voidaan esimerkiksi etäohjata päälle käyttöpaikan jännitteen laadun luenta. Sähkömitta-

rit mittaavat jännitettä ja virtaa, minkä pohjalta energialaskennat suoritetaan. Mittarista riippuen mitataan joko yksivaihevirtaa, kolmivaihevirtaa tai molempia. Mittari voi mitata sekä vaihto- että tasavirtajärjestelmiä. Vaihtovirta koostuu pätö-, lois- ja näennäistehosta [1]. Pätöteho on näistä se, mikä siirtää energiaa ja se määritellään kaavalla

$$P = U * I * \cos\varphi \quad (1)$$

jossa P on pätöteho (W), U on pääjännite (V), I on virta (A) ja  $\varphi$  on vaihekulma jännitteen ja virran välillä.

Tuntimittauslaitteita voidaan hyödyntää jännitteen laadun seurannassa. Jännitteen laadun ominaisuuksia on määritelty standardissa SFS-EN 50160. Niitä ovat muun muassa verkkotaajuus, jakelujännitteen suuruus, jännitetason vaihtelut, nopeat jännitemuutokset, epäsymmetria, signaalijännitteet ja jännitekuopat. Standardin mukaan myös pitkät ja lyhyet jakelukeskeytykset kuuluvat jännitteen laadun ominaisuuksiin. [8]

Huomioitavaa kuitenkin on, että mittauslaitteelta saatu tieto on vain suuntaa antava, koska laitteen jännitteen mittausta ei ole aukotonta ja näytteenottotaajuus vaihtelee mitta-reittain. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, etteivät kaikki lyhyet keskeytykset välttämättä rekisteröidy mittauslaitteelle näytteenottotaajuudesta riippuen. Mittauslaitteista ei voida puhua sähkönlaatumittareina, mutta lyhyistä sähkökatkoista ja jännitteestä niillä saadaan kuitenkin tietoa.

Mittalaitteen rekisteröimä jännitetieto voi olla tehollisarvo tai tehollisarvojen keskiarvo tietyltä ajalta. Tehollisarvoja tarkasteltaessa mittauslaitteelta olisi hyvä saada tieto suurimmista ja pienimmistä tehollisarvoista sekä tieto 10 minuutin tehollisarvojen keskiarvosta, jolla tarkastellaan jännitteen laadun hitaita muutoksia. Jännitteet suositellaan mittaattavaksi kaikilta vaiheilta.

Mittalaitteet pitäisi ohjelmoida myös ilmoittamaan jännitevaihteluista ja sähkökatkoista. Näille voidaan asettaa raja-arvot, joiden ylittäminen johtaa hälytykseen. Raja-arvot hälytyksille on vapaasti valittavissa esimerkiksi jännitteen muutoksilla. Sopivilla raja-arvoasetuksilla voidaan havaita myös nollavika, pienjänniteverkon yhden tai kahden vaiheen puuttuminen ja keskijänniteverkon vaihekatko. Hälytykset tulee tallentaa tapahtumalokiin aikaleimoilla. Jännitetietoja olisi hyvä tarkastella etäyhteyden avulla reaaliaikaisesti.

Keskeytystiedot tulee tallentaa vähintään kahden vuoden ajalta. Tallennukseen voidaan käyttää luentajärjestelmää tai sähköverkonhaltijan tarkoitukseen sopivaa järjestelmää. Tallennukseen voidaan käyttää myös mittaustiedonhallintajärjestelmää, mutta pääasia on, että tietoa voidaan käyttää hyväksi laskentajärjestelmissä ja keskeytystilastoinnissa myöhemminkin. Mittarilla nämä samat tiedot tulee säilyä viikon verran. [3]

## 3. TIEDONSIIRTO JA MITTAUSTAVAT

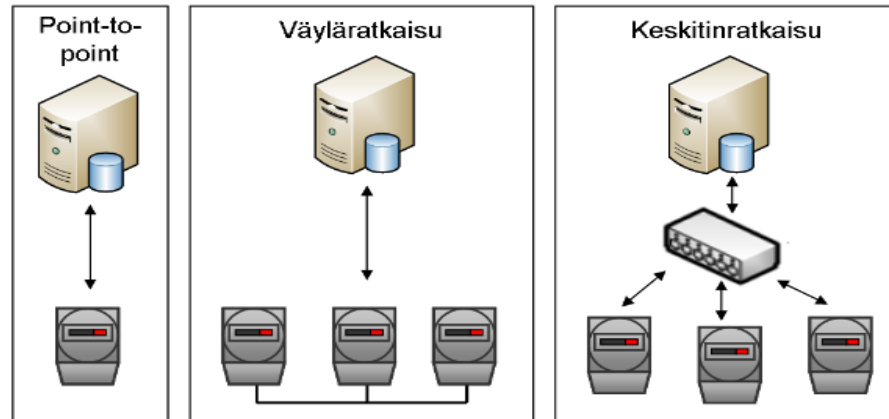
Sähkömittareiden etäluentaan voidaan käyttää useita erilaisia tiedonsiirtoyhteyksiä. Vähimmäisvaatimus on, että mittauslaitteisto on luettava vähintään kerran vuorokaudessa. Tiedonsiirtoyhteyden tulee olla kaksisuuntainen ja verkonhaltijan on pystyttävä lukemaan rekisteröidyt tiedot minä vuorokauden aikana tahansa. Tiedonsiirtoprotokollan tulee olla sellainen, että luentajärjestelmä ilmoittaa aina tiedonsiirrossa tapahtuvista muutoksista. [3]

Reaaliaikainen kulutuksen seuranta asettaa mittalaitteistolle aiempaa enemmän vaatimuksia. Mittareiden ominaisuudet ovat kehittyneet ja esimerkiksi tiedon varastointi mittalaitteille on parantunut. Mittarin tärkein ominaisuus on sähkön käyttöpaikan kulutuksen rekisteröinti. Lisäksi mittareilta saadaan tietoa mittarista riippuen muun muassa jakelukeskeytyksistä, loistehon kulutuksesta, jännitteen laadusta. Mittarit sisältävät prosessoreja eri toimintoihin, kuten tehojen laskentaan, tietojen hallintaan ja käsittelyyn sekä tietoliikenteeseen mittarin ja etäluentajärjestelmän välillä [9]. Seuraavassa käydään läpi sähkömittareiden luennassa käytettäviä tiedonsiirtoyhteyksiä sekä mittaustapoja.

### 3.1 Tiedonsiirtoyhteydet

Sähkömittareiden luentaongelmat vaikuttavat paljon mittaustiedon laatuun. Kaikkien mittareilta saatavien tietojen välittämiseen mittarin ja mittaustiedon hallintajärjestelmän välillä tarvitaan toimiva tiedonsiirtoyhteys. Luentayhteyden kanssa saattaa ajoittain olla ongelmia, mutta toimivat yhteydet ovat onnistuneen etäluennan kannalta välttämättömyys. Luentayhteyden ongelmia ovat esimerkiksi matkapuhelinverkon ajoittaiset tai jatkuvat kuuluvuusongelmat. [2]

Tiedonsiirto voi rakentua monista eri tekniikoista ja tiedonsiirtoväylistä. Käytettävään tiedonsiirtotapaan eniten vaikuttava asia on mittarikannan tiheys. Kuvassa 2 on esitetty kolme eri automaattisessa mittarinluennassa käytettävää tiedonsiirtotapaan.



**Kuva 2.** AMR-tiedonsiirtoratkaisut [10]

Point-to-point-menetelmässä tiedonsiirto tapahtuu matkapuhelinverkon välityksellä suoraan mittarin ja luentajärjestelmän välillä. Ratkaisu sopii hyvin haja-asutusalueille, missä mittareita on harvassa. Väyläratkaisu taas perustuu kiinteään tiedonsiirtoväylään, ja sitä käytetään, jos mittareita on paljon lähekkäin ja ne voidaan johdottaa yhteen. Väyläratkaisussa vain yhden mittarin on oltava yhteydessä luentajärjestelmään. Verkkoa voidaan kuvata tähtitopologialla. Tällöin puhutaan master/slave-periaatteesta, jossa yksi mittari toimii master-mittarina ja loput slave-mittareina.

Langattomat etäluentajärjestelmät voivat käyttää myös mesh-topologiaa, jossa kaikki mittarit kommunikoivat keskenään. Mesh-verkko on radioverkko, joka perustuu master/slave-periaatteeseen. Mesh-verkossa mittarit ”hakevat paikkansa” kommunikoimalla keskenään. Tällöin kahden mittarin väliin muodostuu useampia reittivaihtoehtoja. Yhden yhteyden katketessa luenta saadaan hoidettua jotakin toista reittiä. Slave-mittareiden välille muodostuu mikroverkkoja, jotka toimivat varayhteyksinä master-mittarille. Mittareita lisättäessä verkko osaa automaattisesti mukautua muutoksiin. Mesh-verkon etu tähtitopologiaan verrattuna on se, että tähtitopologiassa mittarit kommunikoivat vain yhden tukiaseman kanssa, joten yhteyden katketessa varayhteyttä mittarin ja luentajärjestelmän välillä ei ole.

Keskitinratkaisussa mittarit ovat sähköverkkotiedonsiirrolla tai radioyhteydellä yhteydessä keskittimen kanssa. Keskitin kerää tiedot kaikilta siihen yhteydessä olevilta mittareilta ja välittää tiedot luentajärjestelmään. Keskitinratkaisu sopii hyvin alueille, jossa mittarikanta on tiheä. Keskitinratkaisussa myös yksi mittari voi toimia keskittimenä esimerkiksi asuinkerrostaloissa. [10]

Jakeluverkkoyhtiöt ovat itse saaneet päättää, mitä tiedonsiirtoyhteyttä käyttävät mittaus-tietojen välittämässä käyttäpaikoilta luentajärjestelmään. Valtioneuvoston asetus vuodelta 2009 ei ota kantaa, millä tekniikalla tiedonsiirto on toteutettava. Siirto voidaan suorittaa pien- tai keskijänniteverkolla-, radio, tietoliikenne- tai puhelinverkolla. Sovel-

tuvin tiedonsiirtotekniikka riippuu käyttöpaikan sijainnista. Seuraavassa käydään läpi etäluennassa käytettäviä tiedonsiirtotekniikoita.

### 3.1.1 PLC

PLC:llä (Power Line Communication) tarkoitetaan sähköverkon kautta tapahtuvaa tiedonsiirtoa. Hyötynä on se, ettei uusia tiedonsiirtoyhteyksiä tarvitse rakentaa, vaan alun perin sähkön siirtoon tarkoitettua verkkoa voidaan hyödyntää myös AMR-mittareiden luennassa. PLC-luentajärjestelmä koostuu sähköenergiamittarista, keskittimestä ja keskusjärjestelmästä. Keskitin on tiedonsiirrossa käytetty komponentti, joka kerää mittaustiedon siihen yhteydessä olevilta sähköenergiamittareilta ja toimittaa tiedon samanlaisena eteenpäin. Keskitin on sähköverkkotiedonsiirron kautta yhteydessä mittareille ja mittarit lähettävät keskittimille tietoa vain pyydettyä [11]. Luentajärjestelmän topologiahallinnassa määritellään, mitä mittareita ja mittareiden rekistereitä keskitin lukee. Topologiahallinnassa tehdään lisäksi muuntopiiriin asennettavien toistimien lisäämiset topologiaan ja määritellään minkä mittarin tiedonsiirtoa ne toistavat [16]. Toistin on laite, joka vahvistaa signaalia ja lähettää sen muuttumattomana eteenpäin. Toistinten avulla tiedonsiirtoetäisyyksiä voidaan pidentää huomattavasti. [12]

PLC-tekniikka on yleisimpiä Suomessa käytettäviä tiedonsiirtotekniikoita. PLC-tekniikka voidaan jakaa kaistanleveyden perusteella kapea- ja laajakaistaiseen tiedonsiirtoon. PLC perustuu 50 Hz sähköverkkotaajuuden sekaan moduloituihin korkeampi-taajuisiin signaaleihin, joiden vastaanotto tapahtuu suodattamalla esiin halutut taajuudet [12]. Erilaiset PLC-järjestelmät käyttävät eri taajuuskaistoja riippuen johtojen tiedonsiirto-ominaisuuksista. [13]

PLC-tekniikassa on kuitenkin omat haasteensa. PLC-signaalit vaimenevat verkossa, joten niiden kantama on suhteellisen lyhyt. Tiedonsiirto voi hidastua huomattavasti tai estyä kokonaan. Sähköverkossa joudutaan tämän takia käyttämään toistimia. Kantaman takia PLC sopii parhaiten käytettäväksi yhdessä muiden tiedonsiirtoyhteyksien kanssa. Esimerkiksi asiakkaiden sähkömittareilta mittaustieto välitetään PLC:llä keskittimelle, josta signaalit välitetään edelleen etäluentajärjestelmään jollain muulla tiedonsiirtomenetelmällä. Ongelmia aiheuttavat myös hitaat tiedonsiirtonopeudet ja jakeluverkossa esiintyvät häiriöt kuten yliaallot, transientit, kohina ja kytkentätilan muutokset [12].

Sähköverkkotiedonsiirtoa käyttävät PLC-mittarit ovat herkkiä luentaongelmille. Sopivilla taajuuksilla sähköverkossa esiintyvät häiriöt voivat haitata merkittävästi luentatietojen siirtoa luentajärjestelmään. Häiriöt ovat ongelmallisia erityisesti matalilla taajuuksilla, joita PLC-tiedonsiirrossa käytetään. Korkeammilla taajuuksilla häiriötaso on alhaisempi. Usein häiriötä aiheuttavat samoilla taajuusalueille tiedonsiirron kanssa toimivat laitteet, kuten erilaiset hakkuriteholähteet ja antennivahvistimet. Tällaisissa tapauksissa luentayhteyttä voidaan parantaa käyttämällä suodattimia tai poistamalla häirintää aiheuttavat laitteet verkosta. [2]

### 3.1.2 GSM-verkko

GSM-tekniikalla (Global System for Mobile Communication) tiedonsiirto tapahtuu matkapuhelinverkon kautta. GSM-verkon etu on jo valmiiksi rakennettu tiedonsiirto-verkko, aivan kuten PLC-tekniikalla. GSM on toisen sukupolven (2G, 2nd Generation) matkapuhelintekniikka. Pitkän kantaman tiedonsiirrolla on hyvä yhdistää laajalla ja toisiinsa nähden hajallaan olevat mittarit luentajärjestelmään. Valmiiksi rakennettuja ja laajalle ulottuvia verkkoinfrastruktuureja on helppo hyödyntää etäluennassa [10].

Etäluennassa käyttöpaikan mittauslaitteelle asennetaan GSM-modeemi tai GPRS-verkkokortti (General Packet Radio Service, pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu). GPRS:n ero GSM-yhteyteen on, ettei palveluyhteyttä jouduta joka kerta luomaan uudelleen, vaan yhteys on aktiivinen vain tiedonsiirron ajan. Tiedonsiirrossa hyödynnetään Master/Slave-toimintoa, jossa yksi mittari kerää tiedot usealta mittarilta ja välittää näiltä tiedon eteenpäin. ”Slave-mittarit” voidaan yhdistää Master-mittariin käyttämällä väyläkaapelointia tai GPRS-yhteyttä. [14]

GPRS-tekniikka on GSM-tekniikan seuraaja, joka hyödyntää GSM-verkkoa. GPRS-pakettidataliikenteessä hyödynnetään resursseja, jotka jäävät GSM-yhteyksiltä käyttämättä. GPRS-yhteys toimii samoilla taajuuksilla kuin GSM-verkko. GPRS-liikenne voi osittain estyä, kun puhelinliikenne rajoittaa GSM-verkon resurssia. GPRS-verkolla on kuitenkin määritelty minimikapasiteetti, joka on aina käytössä. [12]

Tiedonsiirtonopeus GPRS-tekniikalla on noin 20-40 kbps. Teorettinen nopeus on suurempi, mutta GSM-verkko vie tiedonsiirtokapasiteettia puhelinliikenteestä johtuen. Myös verkon mitoitus ja häiriötaso vaikuttavat siirtokapasiteettiin ja siirtonopeuteen. GPRS-tekniikka tarjoaa kuitenkin suuremman tiedonsiirtokapasiteetin ja laajemman kattaman kuin PLC-tekniikka. GSM-verkko kattaa lähes koko Suomen, joten GPRS on kannattava ratkaisu myös harvaan asutuilla alueilla. Käyttöpaikkojen maantieteellinen sijainti ja ajoittainen GSM-verkon ruuhkautuminen voivat toki johtaa tiedonsiirron viiveellisyyteen. Tästä johtuen nopeiden ohjaussignaalien lähettämiseen GPRS on huono vaihtoehto. [12]

Kolmannen sukupolven (3G, 3rd Generation) verkossa tapahtuvan etäluennan osuus lisääntyy merkittävästi 2G-verkkojen alasajon myötä. Samalla uudemmille verkkosukupolville vapautuu uusia taajuusalueita. Tämän myötä mittarivalmistajat ovat tuoneet markkinoille 3G-mittarimallit. 3G-verkoista käytetään nimitystä UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

### 3.1.3 Radio-, puhelin-, tietoliikenneverkko

Radioverkon tiedonsiirtoon käytetään vapaita radiotaajuuksia. Siirto tapahtuu matalatehoisilla radiolähettimillä, jotka käyttävät lisenssivapaita taajuusalueita. Kantomatkaa kasvatetaan toistimilla, jotka siirtävät luentatiedon keskittimille. GSM- tai sähköverkko hoitavat tiedon välityksen keskittimiltä etäluentajärjestelmään [14]. Taajuusmaksu määräytyy kaistanleveyden, käyttöpaikkakunnan, lähettimien määrän ja käyttöoikeuden perusteella. [10]

Radioverkon rakenteella voidaan vaikuttaa verkon suoritus- ja häiriönsietokykyyn. Paras suorituskyky saavutetaan mahdollisimman pienillä aliverkoilla eli tähtitopologialla, mutta kuuluvuus on mesh-topologialla sitä parempi, mitä tiheämmässä verkossa on solmupisteitä. [10]

PSTN:llä (Public Switched Telephone Network) tarkoitetaan puhelinverkon kautta tapahtuvaa mittareiden kaukoluentaa. Ainoa ero normaaliin puhelinverkon kautta tapahtuvaan tietoliikenteeseen on, että vastapuolena on tietokoneen sijasta modeemilla varustettu sähkömittari tai keskitin. Tiedonkeruujärjestelmä ja mittari siis varustetaan molemmat modeemilla ja luenta tehdään näiden kahden modeemin välillä. Kuitenkin vain pieni osuus mittaustiedoista välitetään puhelinverkolla. [15]

Käyttöpaikan mittaustiedot saadaan luettua myös tietoliikenneverkon välityksellä. IP-osoitteella varustettu mittauspiste liitetään verkkokortilla tietoliikenneverkkoon. Verkko koostuu kahdesta tai useammasta toisiinsa yhdistetystä tietokoneesta, jotka kommunikoivat keskenään. Tiedonsiirto voidaan hoitaa kaapeliyhteydellä tai Internetin kautta. [14]

### 3.1.4 Yhteysongelmat

Yhteysongelmia havaitaan pääasiassa, kun kuulumattomista mittareista tulee tieto luentajärjestelmän raportteihin. Yhteysongelmia aiheuttavat laiteviat ja tiedonsiirto-ongelmat kuten 2G/3G-verkon yhteysvika tai PLC-tekniikkaa tiedonsiirtoon käyttävien mittareiden kohdalla sähköverkon häiriöt ja jakorajamuutokset. Laitevikojen kohdalla, kuulumattomien mittareiden määrä riippuu vikaantuneesta laitteesta. Jos esimerkiksi keskitin on vikaantunut, kaikki mittarit, joilta keskitin lukemia kerää, ovat kuulumattomia. Ongelmia aiheuttavat myös sähköttömät mittarit, kun asiakas saattaa katkaista käyttöpaikalta sähköt pääkytkimellä. Tämä on ongelma kohteissa, joissa pääkytkin on syöttävän verkon puolella ennen mittaria. Mittareiden kuuluvuutta valvotaan päivittäin, ja kuulumattomista tehdään tarvittaessa työmääräys järjestelmään. Työmääräyksiä on käsitelty tarkemmin luvussa 5. [16]

2G- tai 3G-verkon tiedonsiirtovika johtuu yleensä signaalin heikosta kuuluvuudesta tai operaattorin tukiasemaviasta. Tällaisissa tilanteissa yhteysvika ilmenee useina samaan

aikaan samalla alueella kuulumattomina olevina mittareina. 2G- tai 3G-verkkojen yhteysongelmat aiheuttavat kuulumattomuutta myös, jos keskitin tai Mesh-verkon mastermittari eivät saa yhteyttä luentajärjestelmään, jolloin kaikki niiden alle linkitetty mittarit ovat kuulumattomia.

Sähköverkon aiheuttamat häiriöt ilmenevät yleensä kymmeninä kuulumattomina mittareina PLC-tekniikkaa hyödyntävissä muuntopiireissä. Yhteysongelman selvittämiseksi, tulee häiriön aiheuttaja poistaa sähköverkosta. Häiriön aiheuttaja voidaan selvittää erilaisten analysaattoreiden avulla. Analysaattoreilla saadaan mitattua verkon häiriötaso ja testattua sähköverkon tiedonsiirto kahden pisteen välillä. Häiriön paikannus tehdään mittaamalla häiriötasot sähköverkon eri pisteissä. Suurin todennäköisyys häiriölähteen sijainnille on alueella, jossa on eniten kuulumattomia mittareita, mutta häiriölähde voi vaikuttaa myös epäsuorasti, jolloin häiriön aiheuttajaa ei heti löydetä.

Kun häiriön syy on selvitetty, häiriölähde on poistettava sähköverkosta. Yleensä häiriötä aiheuttava laite joudutaan vaihtamaan uuteen. Yleisiä sähköverkon häiriön aiheuttajia ovat hakkuriteholähteet, joita monet laitteet sisältävät. Häiriöt vääristävät PLC-signaalia ja mittareiden luenta kyseisessä muuntopiirissä estyy. Häiriön vaikutus riippuu siitä, missä kohtaa muuntopiiriä häiriötä aiheuttava laite sijaitsee. Kauempana keskittimestä sijaitseva laite aiheuttaa vähemmän häiriötä kuin lähellä keskitintä oleva laite, koska signaalin häiriö ehtii vaimentua sähköverkossa ennen keskittimelle tuleamista.

Sähköverkon häiriötasot muuttuvat verkkoon kytkettyjen laitteiden mukaan. Kuulumattomien mittareiden määrä saattaa kasvaa, kun häiriötasojen muutokset vaikuttavat luentayhteyden laatuun. Verkkoon joudutaan mahdollisesti asentamaan toistimia tai lisäämään keskittämiä, jotta yhteys saadaan kuntoon. Toistimia joudutaan asentamaan myös signaalien vaimeneman takia. Vaimenema ilmenee yleensä kuulumattomana mittarina. Toistin asennetaan esimerkiksi jakokaappiin, jolloin signaalin vaimeneminen saadaan estettyä.

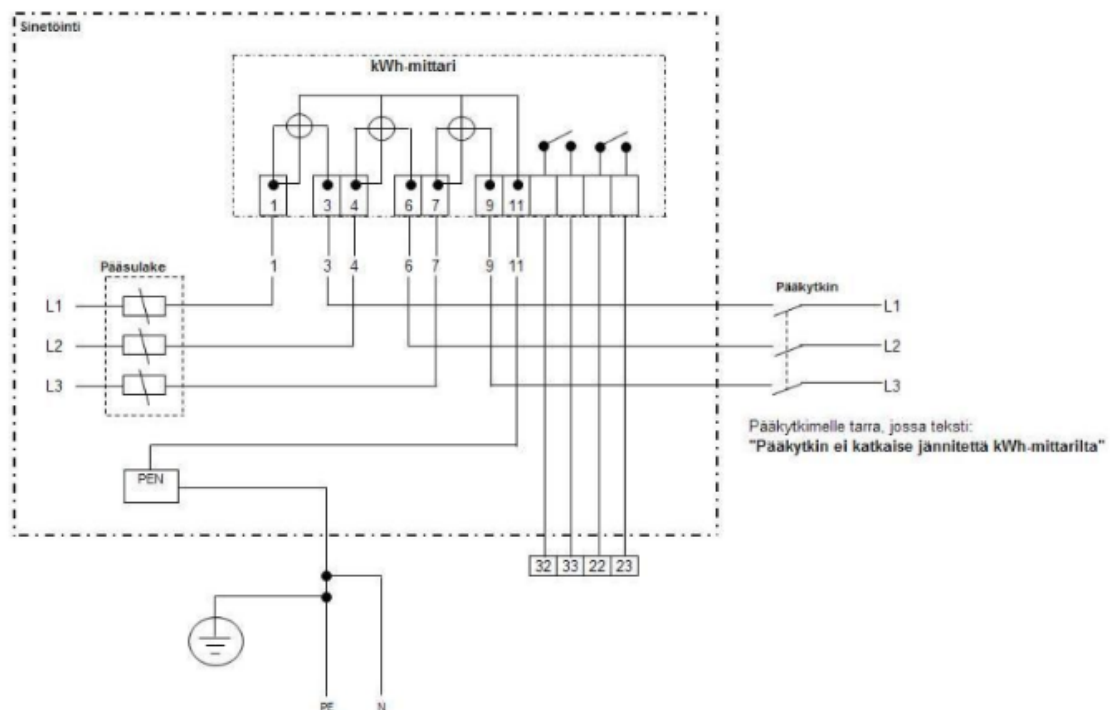
Myös jakorajamuutokset aiheuttavat yhteysongelmia. Jakorajamuutoksia voi tulla ennalta sovittuna verkon rakentamisen yhteydessä tai ennalta sopimattomissa tilanteissa. Jälkimmäisiä ovat esimerkiksi tilanteet, kun jakeluverkon vioituessa sähköä syötetään verkkoon esimerkiksi toisen muuntopiirin kautta. Yhteyttä ei mittarille saada ennen kuin mittarit on siirretty oikean keskittimen alle luentajärjestelmän topologianhallinnassa. Verkon rakentamisen yhteydessä tehtävistä jakorajamuutoksista pitäisi tulla tieto etukäteen, jolloin tarvittavat muutokset topologianhallinnassa voidaan tehdä heti jakorajamuutosten jälkeen. [16]

## 3.2 Mittaustavat

Sähköenergian kulutusta mitataan joko suoralla tai epäsuoralla mittauksella. Suorassa mittauksessa sähkö kulkee suoraan mittarin läpi, kun taas epäsuorassa mittauksessa käy-

tetään pienjännitepuolella virtamuuntajia. Sähköliittymissä käytetään suoraa mittausta, kun etusulakkeen koko on enintään 3x63 A. Mittaus suoritetaan käyttöpaikalla.

Suorassa mittauksessa sähkömittari on osa kulutuksen alaista virtapiiriä. Mittauksessa ei tarvita erillistä suojausta, vaan lähtö suojataan asunnon omilla etusulakkeilla. Suorassa mittauksessa mittari sijoitetaan pääkeskuksella pääsulakkeiden ja pääkytkimen väliin. Tällä varmistetaan, ettei pääkytkimen aukaisu katkaise mittarilta jännitettä, koska mittarin on oltava jännitteellinen koko ajan. AMR-mittarit lähettävät hallintajärjestelmään tiedon, mikäli mittari on jännitteetön. [17]. Mittaus voi olla kaksi- tai yksiaikainen. Kaksiaikaisessa mittauksessa mittarille tarvitaan tariffin ohjauslaite [9]. Kuvassa 3 on esitetty kytkentäkaavio suoralle mittaukselle.



**Kuva 3.** Kytkenäkaavio suoralle mittaukselle [16]

Kuvasta 3 nähdään, että mittari on sijoitettu pääsulakkeiden ja pääkytkimen väliin, kuten Energiateollisuus ry:n tuntimittaus suosituksessa esitetään. Vanhoissa keskuksissa pääkytkin on sijoitettu virtapiiriin ennen mittaria.

Epäsuoraa mittausta käytetään, kun käyttöpaikan etu- tai pääsulakekoko on 3x80A tai enemmän. Epäsuorissa mittauksissa käytetään virtamuuntajia. Ne muuttavat ensiöpuolen virran pienemmäksi toisiopuolelle, koska kulutuspaisteissa olevat sähkömittarit eivät kestä liian suurilla virroilla. Virtamuuntajan muuntosuhteella tarkoitetaan virtamuuntajan ensiö- ja toisiovirtojen suhdetta, joka saadaan kaavalla

$$\mu = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}, \quad (2)$$

missä  $\mu$  on muuntosuhde,  $I_1$  ensiövirta,  $I_2$  toisiovirta,  $N_1$  ensiökäämin kierrosluku ja  $N_2$  toisiokäämin kierrosluku [16]. Kolmivaiheisissa kohteissa jokaiselle vaiheelle pitää asentaa oma virtamuuntaja. Jokainen vaihe tulee mitata johtuen vaiheiden välisistä kuormaeroista, sillä jos mitataan vain yhtä vaihetta, mittaus voi vääristyä eikä näytä todellista kulutusta. [17]

Virtamuuntaja mitoitetaan ensiöpuolen nimellisvirran mukaan. Mittauksissa käytettävien virtamuuntajien nimellinen toisiovirta on 5 A. Jotta näin olisi, ensiöpuoli tulee mitoittaa maksiminimellisvirralle. Lähdön etusulakekoon ollessa 3x100 A ja toisiopuolen nimellisvirran 5A, saadaan muuntosuhteeksi 20. [17]

Jotta virtamuuntajat toimivat vaaditussa tarkkuusluokassa, tulee niiden taakan olla 25 - 100 % virtamuuntajan nimelliskuormituksesta. Taakalla tarkoitetaan mittarin, riviliittimien ja toisiopuolen johtimen poikkipinta-alan ja vyyhdin aiheuttamaa kuormaa. Johdinpituudella eli vyyhdillä voidaan vaikuttaa taakkaan eniten. Jakeluverkonhaltijoilla on omat suosituksensa vyyhdille [17]. Standardiarvoja nimellistaakalle ovat 2,5 – 60 VA. Nimellistaakka saadaan laskettua kaavalla,

$$S_n = (I_{sn})^2 \times Z_{2n}, \quad (3)$$

missä on  $S_n$  nimellistaakka,  $I_{sn}$  mitoitusvirta ja  $Z_{2n}$  suurin kuormitusimpedanssi. Kuormitusimpedanssi määrää tarkkuusluokassa käytettävän virtamuuntajan suurimman taakan. [9]

Virtamuuntajan toisiopuoli on oikosuljettava aina mittaria poistettaessa esimerkiksi vaihtotyön aikana. Jos toisiopiiriä ei oikosuljeta, ensiövirta magnetoiki koko rautasydäntä ja se kyllästyy. Suuri magneettivuo aiheuttaa paljon rautahäviöitä, jolloin virtamuuntaja kuumenee. Magneettivuo indusoiki myös toisiopuolelle suuren jännitteen. Näiden takia toisiota ei saa varustaa sulakkeilla tai kytkimillä. [9]

Jännitemuuntajia käytetään keski- ja suurjännitemittauksessa, jotta ensiöpuolen jännite saadaan muunnettua mittarille sopivaksi pienjännitteeksi. Muuntosuhteella tarkoitetaan ensiö- ja toisiojännitteiden välistä suhdetta, ja se lasketaan seuraavalla kaavalla

$$\mu = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}, \quad (4)$$

jossa on  $\mu$  muuntosuhde,  $U_1$  ensiöjännite,  $U_2$  toisiojännite,  $N_1$  ensiökäämin kierrosluku ja  $N_2$  toisiokäämin kierrosluku. [16]

## 4. TOIMITTAJAN JA TILAAJAN VÄLISET PALVELUSOPIMUKSET

Eltel on laajentanut toimintaansa sähkömittareiden etäluentapalveluihin. Etäluentapalvelulla tarkoitetaan jakeluverkkoyhtiölle tuotettavia sopimuksen mukaisia palveluja, josta tärkein on mittaustiedon toimitus. Palvelusta on olemassa kirjallinen sopimus, jota seuraavassa käydään läpi. Tilaajan ja Ertelin välillä on lisäksi sähkömittareiden asennus- ja tarkastuspalveluihin liittyvä sopimus, jota myös käydään läpi. Nämä kaksi palvelua toimivat tiiviissä yhteistyössä keskenään. Sopimuksissa on sovittu ehdot, joilla toimittaja eli Eltel toimittaa tilaajalle palvelussa vaadittavat asiat. Sekä etäluentaa että asennuspalvelusopimuksessa on määritelty palvelutasot, jotka toimittaja on sitoutunut saavuttamaan.

Toimittajan ja tilaajan välillä on SLA-sopimus (Service Level Agreement) eli palvelutasosopimus, joka ilmaisee toimitettavan palvelun sovitun palvelutason ja mahdolliset sopimussakot, jos sovittuja palvelutasoja ei saavuteta. Sopimuksissa on määritelty molempien sopimusosapuolten vastuualueet sekä sopimusrikkomuksista aiheutuvat seuraukset. Palveluiden toimittajana Ertelin tavoitteena on päästä vaadituille palvelutasoille. Mikäli näin ei tapahdu, seuraa tästä sopimusten mukaisia sanktioita. Riittävän palvelutason saavuttaminen toimiikin kannusteena onnistuneen palvelun tuottamiseen.

Molemmat osapuolet ovat sitoutuneita toimimaan sopimusehtojen mukaisesti. Sopimuksissa määriteltyjen toimittajalle ja tilaajalle kuuluvien tehtävien johdosta vastuunjakoa toimittajan ja tilaajan välillä on selkeä. Luenta- ja asennuspalveluja kuvaava prosessikaavio on työn liitteenä 1. Seuraavissa luvuissa käsitellään palvelusopimusten sisältöä tarkemmin.

### 4.1 Sopimus sähkömittareiden etäluentapalvelusta ja noudatettavista palvelutasoista

Etäluentapalvelusopimus on mittaustiedon keräämistä ja toimitusta varten tehty sopimus. Etäluentapalvelun tehtävänä on kerätä verkkoyhtiön taseselvitysprosessia varten verkkoyhtiön vastuualueella kuuluvilta käyttöpaikoilta tunneittain rekisteröitävät sähköenergian kulutus- ja tuotantolukemat. Tiedot kerätään verkkoyhtiön etäluentajärjestelmään, joka kommunikoi mittareiden kanssa. Jos lukemia ei saada kerättyä etäluentayhteydellä, aloitetaan luentapalvelussa puutteellisen mittaustiedon selvitystyö. Jos puuttuvia lukemia ei joiltain käyttöpaikoilta saada etäluettua, tehdään kohteille työmääräykset.

Etäluentapalvelusopimuksessa on määritelty, mitkä käyttöpaikat kuuluvat palvelutasoseurannan piiriin. Asennetut käyttöpaikat hyväksytään palvelutasoseurantaan toimittajan tekemän käyttöönottestin jälkeen. Mittauksiin aletaan soveltaa palvelutasoja hyväksytyyn käyttöönottestin jälkeisestä päivästä lähtien. Etäluentapalvelun piiriin käyttöpaikat tulevat kuitenkin heti asennuksen jälkeen, kun niistä saadaan mittaustietoa. Käyttöpaikat myös poistuvat palvelutasoseurannasta välittömästi mittalaitteen poiston jälkeen.

Etäluentapalvelun palvelutasojen laskennassa on määritelty poissuljettavat kohteet. Laskentaan ei esimerkiksi huomioida käyttöpaikkoja jonne ei päästä, jos käyttöpaikka on poistettu etäluennan piiristä tai jos käyttöpaikka on jokin erikoiskohde. Eltel on vastuussa poissuljettavien käyttöpaikkojen ylläpidosta.

Käyttöpaikan päivittäinen tai kuukausittainen mittaustiedon toimitus on onnistunut, kun kaikki kyseisen vuorokauden palvelutasoseurantaan kuuluvien tuntimittausten arvot on toimitettu tilaajan AIM-järjestelmään. Luentapalvelussa käytettäviä tietojärjestelmiä käydään tarkemmin läpi luvussa 5. Palvelutaso lasketaan kuukausittaisena keskiarvona käyttöpaikkojen mittaustietojen onnistuneiden toimitusten ja palvelutasoseurannasta poissuljettujen kohteiden lukumäärän suhteena kaikkien palvelutasoseurannan piiriin kuuluvien käyttöpaikkojen määrään. Taulukossa 3 on kuvattu mittaustiedon toimituksessa vaadittavat palvelutasot.

**Taulukko 3.** *Etäluentapalvelun palvelutasot [18]*

<b>Palvelutaso</b>	<b>Aika mittausajan päättymisestä</b>	<b>Onnistuneiden toimitusten ja poissuljettujen kohteiden lukumäärä prosentteina</b>
Taso A	< 2 vrk (48 h)	> 98 %
Taso B	< 5 vrk (120 h)	> 99 %
Taso C	< 9 vrk (216 h)	> 99,5 %
Taso D	< 11 vrk (264 h)	100 %

Jokaisella palvelutasolla on pyrittävä toimittamaan kaikki tuntisarjat. Mikäli toimittaja ei kykene saavuttamaan palvelutasoja, aloitetaan tilaajan kanssa sovitut korjaavat toimenpiteet palvelutason saavuttamiseksi. Toimittajan on otettava mittalaitteet korjaavien toimenpiteiden piiriin viimeistään viiden vuorokauden kuluessa mittaustiedon puuttumisen havaitsemisesta.

Palvelutasot lasketaan tuntisarjatiedoille joka vuorokausi ja jokaiselle palvelutasolle erikseen. Ensimmäinen, eli A-taso, on tarkoitettu jokapäiväisten tuntiluentojen onnistu-

misen seurantaan. Myös B-taso on tarkoitettu jokapäiväisten luentojen seurantaan. B-tason toimituksilla on kuitenkin merkitystä siinä tapauksessa, jos epäonnistuneet luennat johtavat selvitystyön aloittamiseen. Toimittaja aloittaa selvitystyön etäluentajärjestelmässä ja tarvittaessa selvitystyö siirretään asennuspalvelulle tarkastettavaksi. Osa B-tason selvitystyöstä voi olla turhaa esimerkiksi ajoittain huonommin kuuluvien kohteiden takia.

C-taso on määritelty mittaustiedon toimituksille alle 9 vuorokauden kuluttua mittausajan päättymisestä. Toisin kuin B-taso, C-tasolla epäonnistuneet luennat aiheuttavat välittömän tarpeen selvitystyön aloittamiseksi kentällä. Selvitystyöstä kirjoitetaan työmääräys ja kohteeseen lähetetään asentaja. Työmääräyksiä käydään tarkemmin läpi luvussa 5.

D-tasolla turvataan tilaajan laskutus- ja taseselvitysprosessin toimivuus. D-tason tavoitteena on saada puuttuvan mittaustiedon kohteet selvitettyä ennen D-tason vaatimusta. Toimittajan tehtävänä on lukea kaikkia etäluentapalvelussa olevia kohteita, vaikka ne eivät palvelutason laskennassa olisikaan mukana. Tällaisista kohteista toimitetaan myös mittaustiedot tilaajalle. Kohteet lasketaan täydellisesti palveluiksi ja ne huomioidaan laskettaessa palvelutasojen saavuttamista.

Etäluennalle määritetyillä eri palvelutasoilla siis seurataan sekä luentojen jokapäiväistä onnistumista että laskutustietojen kannalta oleellisempaa pidemmän aikavälin mittaus-tietojen luentaa. Luentapalvelun tavoitteena on palvelutason D saavuttaminen, jotta palvelusopimuksen mukaisilta sanktioilta vältytään. Mikäli D-tasoa ei saavuteta, on toimittaja velvoitettu hyvittämään sopimuksessa määritelty osuus tilaajan maksamasta palvelumaksusta.

Saavutettu palvelutaso raportoidaan kerran kuukaudessa, kun kaikki edeltävän kuukauden palvelutasot ovat laskettavissa jokaiselle kuukauden päivälle. Tilaaja selvittää toimittajalle palvelutason onnistumista ja raportoi sen AIM-järjestelmässä. Etäluentapalvelu katsotaan raportointijakson osalta laskutuskelpoiseksi sen mukaan, mikä palvelutaso on saavutettu. Toimittaja ja tilaaja seuraavat palvelun onnistumista säännöllisin väliajoin pidettävissä palaverissa.

Sopimuksessa on määritelty hyvitykset palvelutason alenemasta. Hyvitys ovat tietty prosenttiosuus tilaajan kuukausittain maksamasta palvelumaksusta. Hyvityksen suuruus kasvaa, kun palvelutaso heikkenee. Toimittajalle seuraa sanktioita, mikäli D-tasoa ei saavuteta. D-taso on ainoa sanktioitu palvelutaso.

Mittaustiedon keräämisen ja sen onnistumisen seurannan lisäksi sopimuksessa on määritelty myös muita toimittajalle kuuluvia tehtäviä. Toimittajan tehtävänä on esimerkiksi tilaajan tekemien palvelupyyntöjen käsittely. Toimittaja on vastuussa kenttälaitteiden lataamisesta etäluentajärjestelmään ja kenttälaitteiden perustamisesta tilaajan asiakastieto-järjestelmään. Toimittaja vastaa myös työmääräysten luomisesta ja ilmoittamisesta

asentajille, sekä huolehtii työmääräysten suoritus- ja asennustietojen välityksestä järjestelmiin. Tilaaja taas vastaa kenttälaitteiden tilaamisesta sekä SLA-tasojen seurannasta ja raportoinnista. Raportoinnilla tarkoitetaan palvelutason kuukausittaista raportointia sekä tilaajan viikoittain toimittamaa keskeneräisten töiden listaa, josta nähdään, milloin työmääräykset on oltava valmiita. Tätä keskeneräisten listaa päivitetään luontopalvelussa sen mukaan, miten työmääräyksiä saadaan suoritettua. Keskeneräisten lista on tarkoitettu muistutukseksi erääntyvistä työmääräyksistä. Lista kommentoidaan, jos työmääräyksiä ei voida suorittaa määräajassa. Syy voi olla esimerkiksi se, että kohteeseen päästään asiakkaasta johtuen vasta kuukausien päästä. Tällöin käyttöpaikka suljetaan pois palvelutasoseurannan piiristä. Eltelin on kuitenkin huolehdittava, että tällaiset kohteet ovat keskeneräisten listassa kommentoituja. Mikäli ne eivät ole, lasketaan kohteet palvelutasoseurantaan mukaan.

Molemmat sopimusosapuolet informoivat toisiaan palvelun laatuun liittyvistä vioista tai ongelmatilanteista. Käyttöpaikkojen ja mittauksen muutoksista kertominen kuuluu sekä molempien osapuolten vastuulle. Huomioitava seikka on, että etäluennan toiminnalle ja tietosuojalle on asetettu täysin samat vaatimukset, vaikka verkkoyhtiön onkin ulkoistanut etäluentapalvelun.

Toimittaja vastaa siitä, että mittaus tieto on jatkuvasti ajantasaista sekä tekee tarvittavat muutokset ja korjaustoimenpiteet laskutusperusteisen mittaustiedon tuottamiseksi. Tästä etäluentapalvelun ylläpidosta, palvelutaso huomioiden, toimittaja voi laskuttaa tilaajaa raportointijakson mukaisesti. [18]

## **4.2 Sopimus sähkömittareiden asennus- ja tarkastuspalveluita**

Mittareiden asennus- ja tarkastuspalveluita koskeva sopimus on periaatteeltaan samanlainen kuin etäluentapalvelua koskeva sopimus. Myös asennus- ja tarkastuspalvelusopimuksessa määritellään laatuvaatimukset ja palvelutasot, joiden mukaan asennukset on suoritettava. Sopimuksessa määritellään, että sähkön käyttöpaikoille asennetuille mittareille toteutetaan testiluentaprosessi välittömästi mittarin asennuksen tai kytkennän jälkeen. Toimittajan vastuulla on suorittaa testiluenta. Mittareille tehtävä tarkastus katsotaan suoritetuksi, kun mittauskohteen tarkastustiedot ja -pöytäkirjat on toimitettu palvelun tilaajalle. Tarkastukset on suoritettava määräaikaan mennessä. [19]

Asennusvaiheessa tarkastetaan mittauskytkentöjen oikeellisuus esimerkiksi vaiheiden oikean kytkennän osalta, tiedonsiirtoyhteyden toimivuus, sinetöinnit, mittauslaitteen energia- ja teholumemat, mittarin tiedot ja ohjauskytkennät. Asennuksen yhteydessä suositellaan raportoitavaksi myös pääkytkimen tila, jolloin myöhemmässä vaiheessa voidaan tietää, miksi luenta ei jostain syystä onnistu. Asennuksen jälkeen voidaan tarkastaa myös mittausvirheen suuruus, epäsuorissa mittauksissa virta- ja jännitemuuntajien kunto ja vaihekohtaiset mittauksen takaiset jännitteet, virrat ja tehot. [3]

Käyttöpaikkojen mittariasennukset ja -tarkastukset on tehtävä määräaikaan mennessä. Vioittuneille mittareille, tarkastukseen meneville ja mittareiden massa-asennuksille sovitaan kaikille määräaikansa. Vioittuneiden mittareiden vaihdot on tehtävät mahdollisimman pian, mieluiten samana päivänä. Tarkastukseen menevät mittarit on hoidettava kuntoon siten, että etäluentapalvelun palvelutaso D toteutuu, eli 11 vuorokauden sisällä viimeisestä saadusta luennasta. Näin ollen asennus- ja tarkastuspalveluiden toiminnalla on suora vaikutus myös luentapalvelussa saavutettavaan palvelutasoon. Yhteistyön toimivuus näiden kahden palvelun välillä on merkittävä.

Massavaihdoille ja -tarkastuksille sovitaan erikseen määräajat tilaajan ja toimittajan kesken. Mittausasennusten palvelutaso määräytyy, kun käyttöpaikat tulevat käyttöönnottestin jälkeen etäluennan piiriin. Palvelutason alenemasta aiheutuvat hyvitykset määräytyvät tekemättömien asennusten/tarkastusten määrän mukaan, ja hyvitys on tietty prosenttiosuus sopimuksen mukaisesta mittauksen asennushinnasta. Keskeneräisten asennustöiden osalta palvelutasoa raportoidaan toimittajalle viikoittain.

Myös asennuspalvelulle on määritelty palvelutason seurannasta poissuljettavat kohteet. Näidenkin kohteiden ylläpidosta vastaa toimittaja. Esimerkiksi massavaihdoille voidaan sopia uusi ajankohta, koska ne eivät ole kiireellisimpiä töitä. Palvelun toimittaja on kuitenkin velvollinen ilmoittamaan poissuljettavista kohteista aina tilaajalle, jotta ne voidaan huomioida saavutetun palvelutason laskennassa.

Asennus- ja tarkastuspalvelusopimuksessa on samalla lailla kuin etäluentapalvelusopimuksessa määritelty vastuunjako toimittajan ja tilaajan välillä. Toimittaja on velvollinen toimittamaan asennusten tarkastustiedot ja -pöytäkirjat sekä raportoimaan poissuljettujen kohteet tilaajalle. Taulukkoon 4 on koottu molempien palvelusopimusten toimittajan ja tilaajan välisiä tehtäviä. [19]

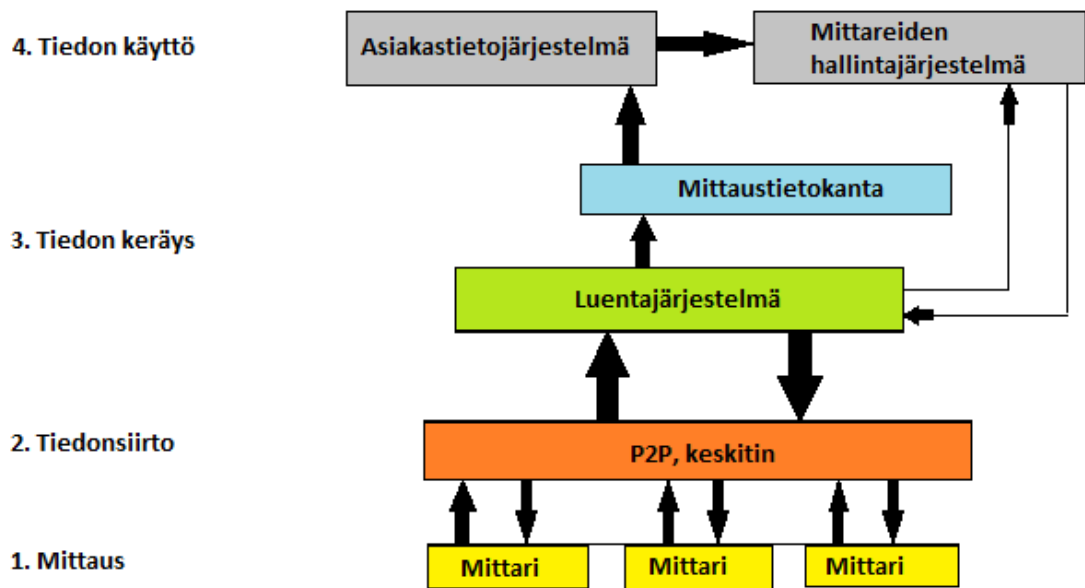
**Taulukko 4.** *Palvelusopimusten vastuunjako toimittajan ja tilaajan välillä [18,19]*

Toimenpide	Vastuullinen
Kenttälaitteiden tilaaminen	Tilaaja
Kenttälaitteiden perustaminen tietojärjestelmiin	Toimittaja (Luentapalvelu)
Työmääräysten luominen	Toimittaja (Luentapalvelu)
Työmääräysten suoritus	Toimittaja (Asennus- ja tarkastuspalvelu)
Asennustietojen käsittely luentajärjestelmässä	Toimittaja (Luentapalvelu)
Mittaustietojen keruu ja sen onnistumisen seuranta	Toimittaja (Luentapalvelu)
Puutteellisten mittaustietojen selvitys	Toimittaja (Luentapalvelu)
Kuulumattomien laitteiden huoltopyynnöt	Toimittaja (Luentapalvelu)
SLA-tasojen seuranta ja raportointi	Tilaaja
Poissuljettavien käyttöpaikkojen ylläpito	Toimittaja (Luentapalvelu)
Tarkastustietojen ja -pöytäkirjojen palauttaminen Tilaajalle	Toimittaja (Asennus- ja tarkastuspalvelu)

Sopimuksissa korostuu luenta- ja asennuspalveluiden välinen yhteistyö. Mikäli asennuspalvelussa tapahtuu työmääräysten suorittamisessa myöhästymisiä, ei luentapalvelussakaan voida saavuttaa sopimuksen mukaista palvelutasoa. Asennuspalvelussa taas pitäisi löytyä tasapaino luentapalvelusta saatavien työmääräysten sekä muiden työmääräysten välille. Tällöin asennuspalvelu tukisi luentapalvelun palvelutason saavuttamista, mutta pystyisi myös suorittamaan muut asennuspalvelua koskevat työmääräykset aikataulussa.

## 5. ETÄLUENTAPALVELU

Etäluentajärjestelmä muodostuu mittaustiedon keruujärjestelmästä, käyttöpaikoille asennetuista mittareista ja tiedonsiirtoverkosta. Tiedonsiirtoon käytettäviä yhteyksiä ja mittaustapoja käytiin luvussa 3 läpi. Etäluentajärjestelmän tärkein tehtävä on kerätä mittarin tallentamat tuntilukemat talteen käyttöpaikoilta. Tämän lisäksi niitä käytetään muun muassa sähkönlaadun seurantaan. Luentaa varten mittaustiedot prosessoidaan niin, että tiedot voidaan tallentaa ja siirtää eteenpäin [20]. Etäluentajärjestelmä on osa mittaustiedon hallintajärjestelmää, joka se voidaan jakaa kerroksiin sen toiminnollisuuksien perusteella [10]. Kuva 4 havainnollistaa mittaustiedon hallinnan toimintaa kokonaisuudessaan.



*Kuva 4. Periaatekuva mittaustiedon hallinnan rakenteesta. Muokattu lähteestä [10].*

Mittaustiedon hallinta voidaan jakaa mittaukseen, tiedonsiirtoon, tiedon keräykseen ja tiedon käyttöön. Mittaus sisältää kaikki mittaritoiminnot, kuten kulutuksen mittauksen ja ohjaustoiminnot. Mittarit lähettävät käyttöpaikoilta mittaustiedon tietyin aikavälein ja ne kerätään kootusti luentajärjestelmään. Tiedonsiirto voidaan hahmottaa väylänä mittauksen ja tiedon keräyksen välillä. Sen tehtävänä on kaksisuuntainen viestin välitys. Tiedonkeräys koostuu luentajärjestelmästä ja mittaustietokannasta. Luentajärjestelmästä tiedot siirretään mittaustietokantaan, johon käyttöpaikkojen kulutuslukemat tallenne-

taan. Nämä kolme ”kerrosta” muodostavat AMR-järjestelmän. Tiedonkäyttö toimii näiden yläpuolella, ja sieltä löytyvät verkkoyhtiön omat tietojärjestelmät, kuten asiakastietojärjestelmä ja mittareiden hallintajärjestelmä. Eltelin verkkoyhtiölle tarjoama etäluentapalvelu on kuvassa näkyvään luentajärjestelmään kuuluvat tehtävät. Seuraavassa käydään läpi etäluentajärjestelmää ja etäluentapalvelun sisältöä. [10]

## 5.1 Etäluentajärjestelmä

Kuten aiemmin jo todettiin, etäluentapalvelun tehtävänä on toimittaa tilaajalle laadullisesti hyviä mittauslukemia jakeluverkkoyhtiön vastuualueelle kuuluvilta käyttöpaikoilta. Luentojen suorittamiseen tarvitaan etäluentajärjestelmä. Eltelillä on käytössään Landis+Gyrin Gridstream AIM etäluentaratkaisu. Sen avulla mittaustieto kerätään, varastoidaan ja hallitaan etäluentajärjestelmässä. Gridstream AIM on älykäs mittaustietojärjestelmä, joka tarjoaa käyttäjälleen tiedonhallintaominaisuuksia. AIM-järjestelmällä voidaan esimerkiksi tarkastella käyttöpaikan kulutusta tuntikohtaisesti. Gridstream AIM:n sisällä liikkuu kaikki tieto verkkoyhtiön mittauspalveluista. Järjestelmä sisältää käyttömoduuleja, joilla ohjataan luentaa, raportointia ja tiedonsiirtoa. AIM:lla yhdistetään Landis+Gyrin tietotekniset järjestelmät palvelemaan verkkoyhtiön tarpeita.

Gridstream AIM:iin voidaan liittää sähkön etäluentan lisäksi veden, lämmön ja kaasun etämittaukset. AIM:lla saadaan kerättyä mittaustieto reaaliaikaisesti jokaiselta käyttöpaikalta. AIM:iin kuuluu myös tiedonkeruusovellus Site Manager, jolla hallitaan työmääräyksiä esimerkiksi mittariasennuksista ja korjaustoista [9]. Eltelillä on käytössään oma työnohjausjärjestelmä, jota käydään tarkemmin luvussa 5.2 läpi. Site Managerilla ei siis ole suurta roolia luentapalvelun tuottamisessa, mutta joitain korjauksia työmääräyksiin sillä joudutaan luentapalvelussa ajoittain tekemään.

Etäluentavaran mittarin tärkein ominaisuus on mitata käyttöpaikan kulutuslukemat. Kulutusta mitataan tällä hetkellä tuntienergiolina. AMR-mittarit pystyvät myös sähkön laatuureiden seurantaan ja kaksisuuntaiseen tiedonsiirtoon, eli ohjaus- ja vikatietoja sekä ohjelmistopäivityksiä voidaan hoitaa etätyönä. Tämä nopeuttaa huomattavasti esimerkiksi asiakkaan siirtotuotteen vaihtoa. Kuvassa 5 on Gridstream AIM:n tietojen keruun aloitusvalikko.



**Kuva 5.** Gridstream AIM:n tietojen keruun aloitusvalikko.

AIM:sta löytyy toiminnallisuudet kaikelle etälennassa tarvittavalle. Käyttömoduulista löytyvät mittaus- ja valvontatyökalut. Mittaustyökalujen avulla voidaan hallita mittauslaitteiden asetuksia, mittauspisteitä ja mittauspisteiden välisiä kytkentöjä. Valvontatyökaluilla taas voidaan valvoa järjestelmän toimintaa työlokin ja hälytyslokin avulla. Luentamoduulissa luennoille saadaan määritettyä uusia tiettyyn kellonaikaan tehtäviä luentatöitä ja luentoja pystytään suorittamaan myös välittömästi kyseisellä ajanhetkellä. Ohjaustoiminnoilla taas määritellään ajastettuja ohjauksia mittareille ja sillä voidaan esimerkiksi tehdä mittarille päälle/pois - tyyppisiä ohjauksikomentoja. AIM:illa voidaan lähettää myös ajanasetuskomentoja mittareille, jos mittarin kello halutaan siirtää samaan aikaan AIM-järjestelmän ajan kanssa. Tämä suoritetaan Master ajan asetus – moduulilla.

AIM mahdollistaa sekä keski- että pienjänniteverkon topologianhallinnan. Sekä keskijänniteverkon topologianhallinnassa hallitaan tiedonsiirtoon käytettävien mittareiden, alasemien, keskittimien ja toistimien verkkotopologian rakennetta ja laitteiden asetuksia. Esimerkiksi, jos topologianhallinnasta valitaan jokin keskitin, näkyviin saadaan kaikki keskittimen alle asennetut mittarit ja toistimet.

Luennat suoritetaan Gridstream AIM:n luentatyökalun avulla. Luennat tehdään mittalaittekohtaisesti ja luennassa voidaan käyttää suoraa luentaa tai uudelleenluentaa. Suora luenta -ikkunassa valitaan mittauslaite, jolle luentatyö halutaan tehdä. Uudelleenluentatyö tehdään epäonnistuneen luennan jälkeen. Uudelleenluentatyöllä haetaan sarjarekisterin epäonnistuneet luennat, jotka saadaan näkyviin omalla välilehdellään.

Komennot lähetetään mittarille yksi kerrallaan. Mittauslaitteiden tiedot luetaan joko tietynä vuorokauden aikana tai haluttuna ajanhetkenä. Mittaustiedot tallentuvat tietokan-

taan, jossa niitä voidaan myöhemmin tarkastella. Luentatyökalun avulla voidaan uusien luentojen lisäksi myös muokata vanhoja luentoja. Luentaan voidaan käyttää esimerkiksi keskitinratkaisua, josta kerrottiin luvussa 3. AIM:lla lähetetään luentapyyntö keskitinratkaisulle, joka kerää sen alle liitetyiltä mittareilta mittaustiedot. Keskitin välittää luennan jälkeen tiedot etäluentajärjestelmään.

Samalla tavalla etäohjauksella voidaan hoitaa myös siirtotuotteiden vaihdot tai sähköjen kytkentä ja katkaisu. Vaikka luentoja hoidetaan luentapyyntöillä, järjestelmän on pysyttävä lukemaan tiedot myös automaattisesti. Yhteyden on oltava jatkuva-aikainen ja kaksisuuntainen. Näin luenta pystytään suorittamaan milloin tahansa.

Myös tiedot käyttöpaikkojen sähkökatkoista saadaan ajastetulla tai suoralla luennalla. Kerran vuorokaudessa suoritettavan ajastetun luennan mukana tulevat tiedot sähkökatkoista kaikista luetuista mittalaitteista. Suoralla luennalla saadaan tiedot katkoista heti näkyville. Sähkökatkotiedot rekisteröidään mittarin muistiin ja jokaiselta mittarilta saadaan tieto ainakin käyttöpaikan sähkökatkon pituudesta ja katkojen kokonaismäärästä. Mittalaitteelle asetettuja vaatimuksia sähkökatkojen rekisteröinnistä käytiin läpi luvussa 2. [9]

AIM:lla voidaan hoitaa kuormien porrastettu ohjaus kohteissa, joissa on käytössä kaksiaikatariffi. AIM:n avulla nähdään myös verkon vikatilanne jokaisessa mittauspisteessä. Tämä on mahdollista, koska luentajärjestelmällä on rajapinta verkkoyhtiön käytöntukijärjestelmän kanssa. Näin voidaan selvittää, millä käyttöpaikoilla sähkönjakelu on keskeytynyt. Selvitys onnistuu myös jälkikäteen, jos asiakas haluaa esimerkiksi tietää sähkökatkonsa pituuden verkkoyhtiöltä.

Järjestelmästä löytyy kaikki toiminnot, mitä etäluentapalveluiden tuottamiseen tarvitaan. Kun tuntilukemat on luettu, niitä voidaan tarkastella AIM:ssa. Kuvassa 6 on esitetty yhden käyttöpaikan tuntikohtaisia mittaustuloksia kuukauden ajalta.

Kuukausittaiset tiedot

◀ Tammikuu ▶ 2018 Näytä yhteenvedet Aikavyöhyke Mittarin aika  Normaaliaika  Käyttäjän aika Värät

Säädi sarakkelevyettä

Alkamis...	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31
00:00	0,18	0,2	0,21	0,18	0,18	0,21	0,21	0,17	0,2	0,17	0,21	0,2	0,23	0,18	0,22	0,17	0,2	0,18	0,22	0,18	0,15	0,2	0,18	0,2	0,17	0,2	0,19	0,2	0,19	0,19	0,2
01:00	0,21	0,18	0,17	0,19	0,19	0,25	0,18	0,22	0,2	0,2	0,15	0,17	0,16	0,19	0,16	0,2	0,17	0,21	0,19	0,19	0,23	0,2	0,23	0,17	0,2	0,18	0,17	0,17	0,15	0,17	0,1
02:00	0,16	0,2	0,17	0,15	0,19	0,25	0,19	0,14	0,17	0,16	0,23	0,21	0,2	0,19	0,21	0,19	0,24	0,18	0,17	0,2	0,16	0,2	0,18	0,22	0,21	0,2	0,2	0,2	0,21	0,18	0,1
03:00	0,21	0,18	0,19	0,19	0,17	0,25	0,16	0,23	0,18	0,22	0,15	0,15	0,19	0,15	0,17	0,18	0,15	0,19	0,19	0,18	0,2	0,18	0,21	0,18	0,16	0,16	0,16	0,18	0,17	0,19	0,1
04:00	0,19	0,19	0,21	0,19	0,2	0,24	0,21	0,16	0,19	0,16	0,22	0,22	0,17	0,24	0,21	0,19	0,2	0,19	0,19	0,18	0,16	0,19	0,19	0,21	0,21	0,21	0,21	0,17	0,18	0,17	0,2
05:00	0,18	0,17	0,16	0,2	0,18	0,24	0,17	0,22	0,19	0,19	0,16	0,18	0,19	0,14	0,15	0,18	0,2	0,21	0,18	0,19	0,22	0,17	0,19	0,16	0,15	0,17	0,16	0,19	0,18	0,22	0,1
06:00	0,2	0,19	0,21	0,16	0,2	0,25	0,2	0,15	0,2	0,18	0,22	0,18	0,17	0,19	0,2	0,21	0,18	0,17	0,2	0,2	0,16	0,23	0,21	0,23	0,24	0,19	0,2	0,18	0,17	0,14	0,2
07:00	0,27	0,33	0,3	0,39	0,31	0,21	0,19	0,37	0,37	0,32	0,28	0,36	0,35	0,18	0,4	0,39	0,35	0,4	0,33	0,33	0,79	0,3	0,36	0,31	0,3	0,34	0,42	0,19	0,36	0,34	0,2
08:00	0,28	0,24	0,25	0,28	0,86	0,44	0,79	0,26	0,56	0,29	0,26	0,27	0,21	0,33	0,24	0,23	0,26	0,28	0,3	0,73	0,29	0,28	0,3	0,26	0,25	0,21	0,77	0,32	0,22	0,25	0,2
09:00	0,25	0,29	0,2	0,4	0,48	0,4	0,27	0,26	0,54	0,39	0,17	0,33	0,27	0,23	0,18	0,25	0,23	0,19	0,17	0,58	0,34	0,3	0,17	0,24	0,22	0,31	0,47	0,27	0,25	0,18	0,2
10:00	0,24	0,17	0,24	0,69	0,34	0,63	0,36	0,2	0,34	0,19	0,35	0,23	0,46	0,27	0,3	0,26	0,27	0,19	0,25	1,45	0,24	0,24	0,34	0,19	0,23	0,39	0,19	0,19	0,26	0,51	0,2
11:00	0,32	0,21	0,16	0,24	0,29	0,34	0,2	0,29	0,17	0,18	0,73	0,18	0,35	0,77	0,2	0,17	0,57	0,26	0,49	0,66	0,31	0,41	0,28	1,09	0,2	0,45	0,2	0,61	0,44	0,22	0,5
12:00	0,43	0,51	0,82	0,51	0,43	0,73	0,26	0,39	0,2	0,58	0,18	0,39	0,62	0,91	0,67	0,21	0,31	0,21	0,87	0,8	0,63	0,24	0,24	0,7	0,44	0,38	0,44	0,78	0,21	0,18	
13:00	0,29	0,2	0,25	0,18	0,32	0,57	0,53	0,34	0,18	0,23	0,23	0,28	0,32	0,6	0,23	0,19	0,27	0,24	0,23	0,34	0,28	0,42	0,2	0,24	0,48	0,68	0,25	0,29	0,19	0,2	
14:00	0,36	0,25	0,22	0,2	0,31	0,81	0,22	0,19	0,32	0,23	0,23	0,22	0,29	0,32	0,22	0,28	0,22	0,29	0,27	0,4	0,31	0,22	0,2	0,19	0,55	1,15	0,29	0,31	0,38	0,23	

**Kuva 6.** Käyttöpaikan tuntikohtaiset kulutuslukemat

Kaikkia tunti lukemia ei ole saatu käyttöpaikalta luettua. Tuntilukemat voidaan merkitä eri väreillä niiden luotettavuuden mukaan. Tunnit, joilta luennat puuttuvat näkyvät järjestelmässä punaisina ruutuina. Kuvan 6 käyttöpaikalta puuttuu lukemat kolmelta tunnilta. Häiriöajankohdat taas näkyvät tuntilukemissa keltaisina ruutuina. Tällaisia ovat esimerkiksi sähkökatkot. Keltaisena ruutuna näkyvät myös lukemat, joissa on poikkeava kellonaika luentajärjestelmän ja mittarin välillä. Kellonaikojen väliselle erotukselle on määritelty suurin sallittu raja-arvo. Kuvassa 7 on koottu selitykset tuntiluenta-arvoille.

Taulukon värät

Väri	Merkitys
	Ei tilabittejä käytössä
12345	Tilabitit käytössä
12345	Tarkistettu. ei tilabittejä käytössä
12345	Tarkistettu. tilabitit käytössä
12345	Laskettu puutteellisten tietojen ...
	Puuttuva arvo
12345	Kesä- tai talviaika alkaa

**Kuva 7.** Värikoodit luenta-arvojen tiloille.

Kuten kuvasta 7 nähdään, jos tuntilukemia joudutaan tarkastamaan tai laskemaan puutteellisten mittaustietojen vuoksi, on niille olemassa omat värikoodinsa. Jos käyttöpaikalla on käytössä vuodenaikatariffi, talvi- tai kesäaikaan siirtyminen näkyy turkoosina tuntiarvona.

AIM:sta nähdään luennan häiriön syyn, kun tietokoneen hiiri siirretään kyseisen tunnin kohdalle. Jos AIM näyttää 0-lukemaa, on mittarilta voitu katkaista sähkö. Jos taas kohteesta ei saada minkäänlaista lukemaa, sähkö on voitu katkaista pääkytkimeltä. Tällöin tiedot on tarkastettava ja selvitettävä kohteen katkon syy [14]. Mikäli luenta epäonnistuu, suoritetaan uudelleenluentatyö. Kuvassa 8 on erään sähkön käyttöpaikan tunneittain rekisteröidyt sähköenergian kulutuslukemat yhdeksän tunnin ajalta.

Mittaus aloitettu	Mittaus päättynyt	Rek. arvo	Mittayksikkö	Arvon tila	Kertyvä arvo
31.1.2018 3:00:00	31.1.2018 4:00:00	0,1600	kWh	0	19976,2700
31.1.2018 4:00:00	31.1.2018 5:00:00	0,2300	kWh	0	19976,5000
31.1.2018 5:00:00	31.1.2018 6:00:00	0,1500	kWh	0	19976,6500
31.1.2018 6:00:00	31.1.2018 7:00:00	0,2000	kWh	0	19976,8500
31.1.2018 7:00:00	31.1.2018 8:00:00	0,2800	kWh	0	19977,1300
31.1.2018 8:00:00	31.1.2018 9:00:00	0,2600	kWh	0	19977,3900
31.1.2018 9:00:00	31.1.2018 10:00:00	0,2300	kWh	0	19977,6200
31.1.2018 10:00:00	31.1.2018 11:00:00	0,2600	kWh	0	19977,8800
31.1.2018 11:00:00	31.1.2018 12:00:00	0,5400	kWh	0	19978,4200

**Kuva 8.** Käyttöpaikan tuntikohtaiset sähköenergian kulutuslukemat

Kuvan 8 käyttöpaikalta on rekisteröity sähköenergian kulutus tunneittain. Mittayksikkönä on siis kilowattitunti. Käyttöpaikan mittarityyppinä on E120Lt. Kyseisen mittarin tuntisarjatietojen siirto tapahtuu pienjänniteverkkoa pitkin keskittimelle, josta matkapuhelinverkon avulla tunti tiedot siirretään etäluentajärjestelmään. Mittarityypistä riippuen AIM:iin rekisteröidään joko tuntienergiat tai tuntienergioista muodostetut keskitehot. Luennoista nähdään niiden alkamis- ja päättymisajankohta sekä *Kertyvä arvo* eli mittalaitteen rekisteröimän sähköenergian kumulatiivinen lukema. Kuvassa 8 nähdään myös luennan *Arvon tila* – sarake, joka kertoo, miten luenta on onnistunut. Arvon ollessa 0, luenta on luotettava eikä siinä ole korjattavaa. Taulukkoon 5 on koottu eri *Arvon tiloille* selitykset.

**Taulukko 5.** *Tuntiluenta-arvot ja niiden selitykset*

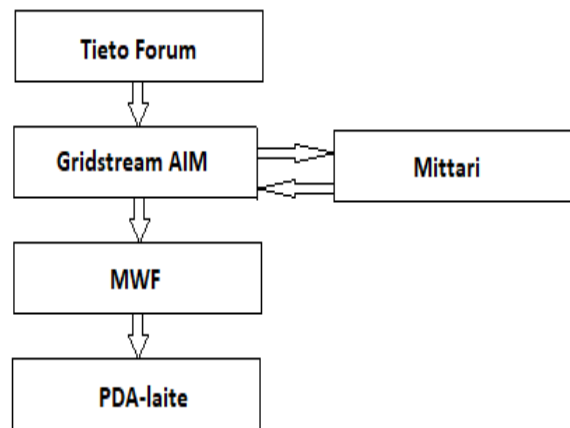
Arvo	Kuvaus
1	Ajan säätö mittauksen aikana
2	Sisäinen/ulkoisen virhe mittauksen aikana
3	Useita virheitä
4	Sähkökatko mittausjakson aikana
5-7	Useita virheitä
8	Virheellinen arvopyyntö
9-15	Useita virheitä
16	Virhe luettaessa ulkoista laitetta

Jos esimerkiksi luennan aikana mittarin kelloa on säädetty etäluentajärjestelmän kellon kanssa samaan aikaan, luennan arvoksi tulee 1. Kun käyttöpaikalta rekisteröidään sähkökatko mittausjakson aikana, saadaan arvoksi 4. Virheilmoituksille on omat arvonsa. Virheilmoitukset voivat kertoa useasta ongelmasta mittarin luennassa.

AIM käsittelee kerätyt mittaustiedot ja toimittaa ne eteenpäin. Asiakkaiden ja sähkösovimusten tiedot siirretään asiakastietojärjestelmästä AIM:iin ja AIM:sta siirretään tuntimittaus- ja asiakastiedot takaisin tilaajan asiakastietojärjestelmään. AIM kommunikoi jatkuvasti kaksisuuntaisella yhteydellä mittareiden kanssa.

## 5.2 Työmääräykset

Mittauslaitteiden asennustöitä ja luennan ongelmatilanteita varten on tehtäville määritettävä työmääräykset. Tämä kappale käsittelee luentapalvelun määrittämiä työmääräyksiä, jotka liittyvät mittareiden kuuluvuusongelmien selvittelyyn. Eltelillä on vastuu käyttöpaikkojen luennan saannosta, ja etäluennan epäonnistuessa kenttälaitteet on otettava korjaavien toimenpiteiden piiriin viimeistään 5 vuorokauden kuluttua viimeisestä saadusta luennasta. Selvitystyö aloitetaan etäluentapalvelussa. Jos luentaongelmien selvitys ei onnistu luentapalvelussa, perustetaan työmääräys ja lähetetään se asennuspalveluun suoritettavaksi. Työmääräyksiä varten Eltelillä on käytössä omat tietojärjestelmät, joilla työmääräyksiä hallinnoidaan ja välitetään asentajille. Kuvassa 9 on esitetty kaaviona, kuinka työmääräykset siirtyvät eri järjestelmien välillä lopulta asentajille toteutettavaksi.



**Kuva 9.** Periaatekuva työmääräysten siirtymisestä eri järjestelmien välillä.

Työtehtävät määritellään Tieto Forum-järjestelmässä, joka on tilaajan asiakastietojärjestelmä. Forumista työtehtävät siirtyvät etäluentajärjestelmä AIM:iin, josta edelleen MWF:n (Mobile WorkForce) kautta PDA-laitteelle (Personal Digital Assistant). Näistä Tieto Forum ja Gridstream AIM ovat tilaajan tietojärjestelmiä, joihin luentapalvelulla on käyttöoikeus. MWF taas on Eltelin oma järjestelmä työmääräysten hallinnointiin. Kuvassa 10 on esitetty mittauksen tehtävä Tieto Forumissa.

**Mittauksen tehtävä** tietoforum

Tehtävän tunnus: [redacted] Avoin tehtävä 10193138 Työlaji Luenta

Työlaji: TA Mittalaitteen tarkastus

Tehtävän syy: 1100 Mittalaitteen asennus

Tilaava yksikkö: 40 Katkaisu

Työntekijä: [redacted] Jälleenkytkentä

Tehtävämaksu: [redacted] Luenta

Huomautus: Ei luku Mittalaitteen ja tuotteen vaihto

Tapahtuma: [redacted] Mittalaitteen poisto

Käyttöpaikka: [redacted] Pariston vaihto

Sisäänkäynti: Huonei Rekisterin vaihto

Huomautus (reitti): [redacted] Mittalaitteen tarkastus

Tuotteen muutos

Mittalaitteen vaihto

Sovittu päivä: 30.1.2018

Suunniteltu päivä: [redacted]

Toteutunut päivä: 1.2.2018

Klo: [redacted] - [redacted]

Laskutus heti

Muodosta LU-tehtävä

[Lukema...](#)

[Tulosta...](#)

Tehtävä

Tulostettu

Valmis

[MTH siirto...](#)

Mp	Mittalaite	Laitetyyppi
1	1	E450 2G/3G
2	1	E450 2G/3G
3		
4		
5		

**Kuva 10.** Mittauksen tehtävä Tieto Forumissa.

Tieto Forumissa tehtäville määritellään työlaji. Luentapalvelun määrittämiä työlajeja ovat mittalaitteen asennus, katkaisu, jälleenkytkentä, luenta, mittalaitteen ja tuotteen

vaihto, mittalaitteen poisto, mittalaitteen tarkastus, tuotteen muutos ja mittalaitteen vaihto. Kuvan 10 mittauksen tehtävän työlajiksi on valittu luenta.

Kun työlaji on määritelty, valitaan tehtävän syy, eli miksi kyseinen tehtävä suoritetaan. Jos työlaji on esimerkiksi mittalaitteen tarkastus, voidaan tehtävän syyksi valita, ettei mittaria ole saatu luettua etäluentayhteydellä. Työlajin ja syyn lisäksi tehtävä sisältää tiedon käyttöpaikasta, tehtävän suorittajasta, mittalaitteesta ja työn toteutukselle sovitusta päivämäärästä. Pakolliset tiedot ovat kuvassa merkitty tähdellä. Jokaiselle tehtävälle on oma numeronsa eikä samalle käyttöpaikalle voida kirjata päällekkäin kahta eri mitaustehtävää. Huomautus-kenttään merkitään lisätiedot suoritettavasta työstä. Jos esimerkiksi mittalaitteen tarkastuksen yhteydessä suoritetaan luenta, voidaan huomautukseen lisätä, milloin mittalaitteelta on viimeisin lukema saatu. Tieto Forumilta tehtävät siirtyvät automaattisesti AIM:n kautta MWF:ään, jossa ne näkyvät työmääräyksinä.

MWF on Eltelin omassa käytössä oleva töiden hallintajärjestelmä, joka on tarkoitettu mittareiden asennus- ja huoltotöiden hallintaan. MWF:llä jaetaan töitä asentajille suoritettavaksi. MWF:llä aikataulutetaan työmääräyksiä ja hallinnoidaan työntekijöiden toimintaa. MWF kerää uusien mittariasennuksien ja -vaihtojen yhteydessä PDA-laitteilta tiedot työsuorituksista. Sen kautta siirtyvät tiedot suoritetuista työmääräyksistä takaisin asiakastietojärjestelmään. MWF on osa projekti- ja materiaalihallintaan tarkoitettua toiminnanohjausjärjestelmää. Sillä hoidetaan muun muassa töiden laskutus.

MWF:stä nähdään asiakastietojärjestelmässä määritellyt tehtävät kuten mittarin manuaalinen luenta, asennus, vaihto tai poisto. Kuvassa 11 on esitetty työmääräykset MWF:ssä. Työlajina kuvan esimerkissä on mittarin vaihto. MWF:ssä nähdään työmääräyksistä työlajin lisäksi käyttöpaikan siirtotariffi ja luentayhteys. Työmääräyksessä näkyvät myös käyttöpaikan osoite ja työn sovittu valmistumispäivämäärä.

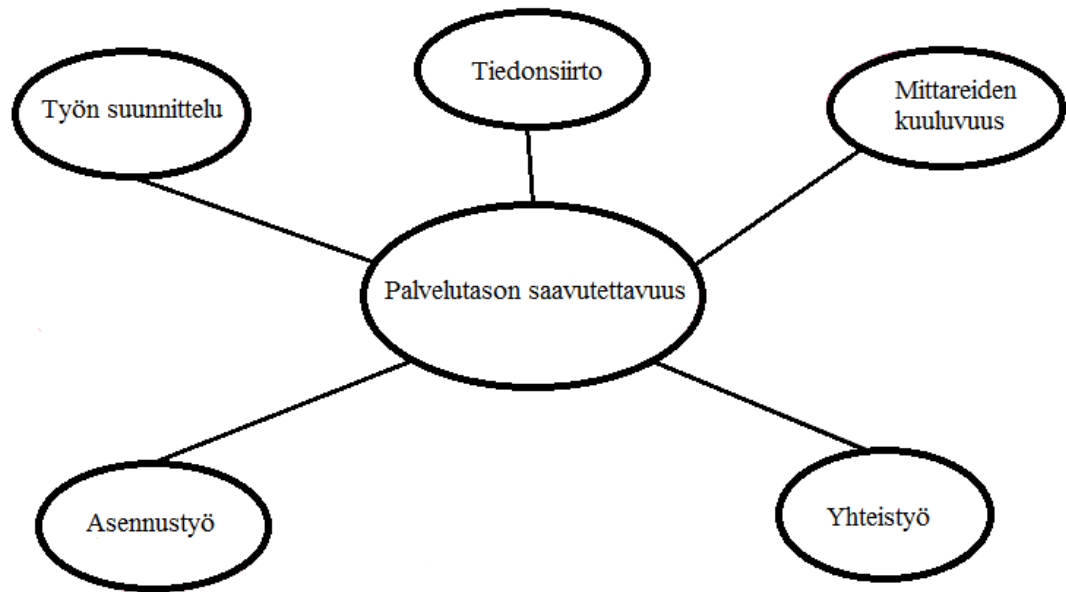


## 6. PALVELUIDEN TUOTTAMINEN

Tämän diplomityön tavoitteena on tarkastella aiemmin kuvattuja palveluprosesseja, tunnistaa palveluiden toimittamiseen vaikuttavia ongelmakohtia ja kehittää palveluiden toimintaprosesseja. Palveluista pitäisi saada toimivampi kokonaisuus, jotta työmääräysten suorituksissa vältettäisiin myöhästymiset. Palveluiden toimittamisella on myös taloudellinen vaikutus, koska palvelutason alenemisesta johtuen palveluiden tuottamisesta saatava korvaus pienenee.

Luenta- ja mittariasennuspalvelun kehittämiseksi haastateltiin sekä Eltelin omaa että palvelujen tilaajan henkilökuntaa. Haastattelut olivat rakenteeltaan vapaamuotoisia ja jokaiseen haastatteluun valittiin kysymykset sen mukaan, mistä näkökulmasta haastateltava henkilö luenta- ja asennuspalveluja tarkastelee, ja mikä on henkilön rooli palvelun tuottamisessa. Etelistä haastateltiin aluepäällikköä, tiimipäällikköä, tiimiesimiestä ja luentapalvelussa työskenteleviä henkilöitä.

Etäluentapalvelu on aloitettu Eltelillä vuoden 2017 aikana. Haastatteluissa selvitettiin aluksi, millaisesta lähtökohdasta etäluentapalvelua on alettu tuottamaan ja mitä ongelmia palvelun tuottamisessa kohdattiin alkuhetkillä. Asennuspalveluja on toimitettu jo pidemmän aikaan, mutta luentapalvelun myötä ne ovat muodostaneet yhden palvelukokonaisuuden. Haastatteluissa painotettiin erityisesti palveluiden nykyistä tilannetta. Samalla selvitettiin myös, miten palvelut voivat laajentua tulevaisuudessa. Haastatteluissa selvitettiin, mitä haasteita luenta- ja asennuspalveluiden päivittäisessä työssä kohdataan, ja kuinka haasteet vaikuttavat palveluiden tuottamiseen. Kuvassa 12 on esitetty haastatteluissa ilmenneitä palvelutasojen saavutettavuuteen vaikuttavia osa-alueita. Palveluja käsitellään ongelmakohtien tunnistamisen osalta yhtenä kokonaisuutena.



*Kuva 12. Palvelutason saavutettavuuteen vaikuttavia asioita*

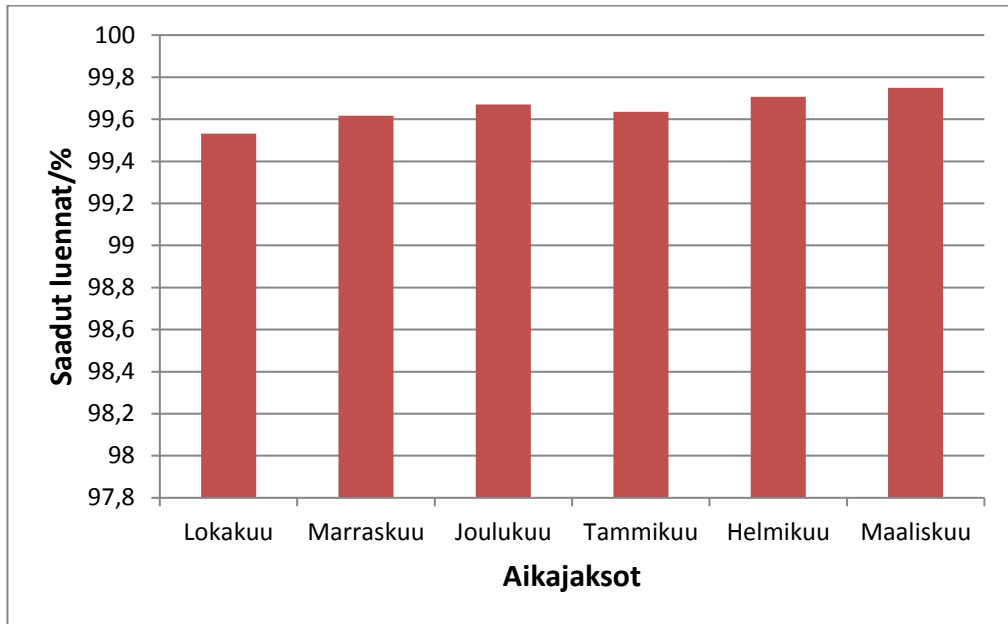
Taseselvitysprosessin lyheneminen 11 vuorokauteen on vähentänyt luennan saantoon ja etäluennan kuuluvuusongelmien selvittämiseen käytettävissä olevaa aikaa. Näin ollen työn suunnittelulla ja aikataulutuksella on entistä suurempi merkitys työmääräysten suorituksessa ja samalla palvelutason saavutettavuudessa. Järjestelmien välinen tiedonsiirto sekä mittareiden kuuluvuusongelmat tuovat omat haasteensa palvelutason saavutettavuuteen. Lisäksi asennustyöllä ja eri sidosryhmien välisellä yhteistyöllä on vaikutusta. Vaikutuksia ja palveluiden ongelmakohtia käydään tarkemmin läpi luvussa 6.2.

Nykyisten toimintamallien kehittämisen lisäksi palvelutason saavuttaminen on tärkeää myös palveluiden mahdollisen laajentumisen takia. Kun palveluiden tuottamisessa päästään lähemmäksi vaadittuja palvelutasoja, on laajentumisen mukana tuleva lisätyö helpompia omaksua. Erityisen merkittävää tämä on etäluentapalvelulle, joka voi saada seurattavakseen sähköenergian mittausten lisäksi myös kaukolämpö- ja vesimittaukset. Lisäksi sähkön laatuun liittyvät ominaisuudet voivat tulla etäluentapalvelun seurantaan tulevaisuudessa.

## 6.1 Saadut luennat

Palvelusopimuksissa määriteltiin aikarajat käyttöpaikkojen kuuluvuusongelmien selvittämiseen. Tilajalle toimitetuista mittaustiedoista pidetään tilastoa, joka raportoidaan kuukausittain palvelun toimittajalle. Luennan saanto kuvaa, kuinka monelta käyttöpaikalta on onnistuttu toimittamaan kulutuslukemat vaaditussa ajassa. Se kuvaa myös, kuinka hyvin luentapalvelun palvelutaso on toteutunut. Kuvassa 13 on havainnollistettu käyttöpaikkojen luentojen kuukausittaista saantoa lokakuun 2017 ja maaliskuun 2018

väliseltä ajalta. Luennan saannolla tarkoitetaan tässä yhteydessä luennan onnistumista taseselvitysajan eli 11 vuorokauden sisällä.



*Kuva 13. Palvelutason D mukainen sähköenergian kulutuslukemien toimitus kuukausittaisena keskiarvona.*

Saadut luennat on esitetty prosentuaalisena arvona onnistuneiden toimitusten lukumäärän suhteena kaikkien palvelutason seurantaan kuuluvien käyttöpaikkojen määrään. Kuukauden jokaiselle päivälle on laskettu prosentuaalinen osuus saaduista luennoista ja näistä on laskettu kuukausittainen keskiarvo. Esimerkiksi maaliskuussa 2018 mittaus-tiedoista on jäänyt toimittamatta noin 0,25 % kaikista verkkoyhtiön vastuualueelle kuuluvista käyttöpaikoista. Kuvasta nähdään, ettei sopimuksessa määritelty palvelutaso D ole toteutunut vielä kertaakaan seurattavien kuukausien aikana. Onnistunut palvelutason D toimittaminen tarkoittaa, että kaikilta palvelutason seurannan piirin kuuluvilta käyttöpaikoilta saadaan sähköenergian kulutuslukemat viimeistään 11 vuorokauden kuluttua viimeisestä saadusta luennasta. Luennan saanto on tosin parantunut, kun verrataan loka-kuun 2017 ja maaliskuun 2018 tilanteita. Osasyyn tähän on varmasti se, että luentapalvelun toimintaa on päästy harjoittelemaan ja toimintatavat ovat selkeämpiä.

## 6.2 Ongelmakohtien tunnistaminen

Mittareiden asennus- ja tarkastuspalvelu on ollut yksi Etelin tarjoamista palveluista jo pidemmän aikaa, mutta luentapalvelu otettiin käyttöön vasta kevään 2017 aikana. Luentapalvelun aloittaminen ei ole ollut ongelmattonta. Oma haasteensa luentapalvelun tuottamisessa on ollut se, ettei tämän tyyppistä palvelua ole Etelin toimesta ennen tehty. Palvelun tuottaminen ja kaikki siihen liittyvät toiminnot on jouduttu opettelemaan lähes alusta. Pehdytykseen on kuulunut verkkoyhtiön luentajärjestelmä AIM:n ja asiakastietojärjestelmä Forumin käytön opettelu. Niitä tarvitaan luentapalvelun päivittäisessä

työssä mittaustiedon keräämiseen ja työmääräysten tekemiseen. Järjestelmätoimintojen opettelua varten laadittiin perehdytysohjelma, joka on aloitettu jo ennen tämän työn aloitusta.

Asennus- ja tarkastuspalvelujen tuottaminen ei ole uutta, mutta sen toimintaa on vaikeuttanut taseselvitysprosessin lyheneminen. Tämä on vähentänyt työmääräysten toteuttamiseen käytettävissä olevaa aikaa. Toisaalta, kun sekä asennus- että luentapalvelulla on sama palveluntuottaja, toiminnassa pitäisi olla vähän viiveitä ja keskeytyksiä. Urakoitsijan vastuulla toki on, miten palveluja tuotetaan, mutta mitä vähemmän toimintaketjussa on tekijöitä sitä parempi. Tiivistä yhteistyötä pitäisi hyödyntää myös työmääräysten toteutuksessa, koska suoritusajat ovat lyhyitä.

Luentapalvelu on tuonut myös hyvän lisän kokonaispalvelun tuottamiseen asennus- ja tarkastuspalvelun rinnalle. Toimintaympäristö on tuttu ja Eltelin henkilökunnan aiempi kokemus asennuspalveluista on helpottanut luentapalvelun omaksumista. Seuraavassa käydään läpi sekä etäluentaa- että asennus- ja tarkastuspalvelussa ilmenneitä ongelma-kohtia.

### **6.2.1 Työmääräysten toteuttaminen ja aikataulutus**

Työmääräysten suorittamiseen käytettävissä aika on lyhentynyt taseselvitysprosessin lyhenemisen myötä. Normaalina aikana, kun kuuluvuusongelmien määrä on suhteellisen pieni, määräaikojen noudattaminen onnistuu hyvin. Ongelmat kasaantuvat, kun kuuluvuusongelmien ja rikkinäisten mittareiden määrä kasvaa esimerkiksi ukkosien takia ja samaan aikaan pitäisi huolehtia myös asennuspalvelun saamien muiden työmääräysten suorituksista. Kiireellisissä tilanteissa korostuu toiminnan suunnittelu sekä yhteistyö luenta- ja asennuspalveluiden välillä. Palveluiden tuottamisessa on huolehdittava turhien viiveiden syntymisestä, kun toiminta-aika on aiempaa lyhyempi.

Oleellinen osa työmääräysten suoritusta ja jakoa on, että jokainen asennustyötä tekevä henkilö pystyy suorittamaan kaikkia asennuspalvelulle kuuluvia tehtäviä. Tämän diplomityön tekemisen aikana työmääräysten toteuttamista joudutaan miettimään tarkkaan, koska kaikki asennuspalvelun työntekijät eivät pysty suorittamaan epäsuorien mittaus-ten asennuksia eikä niiden jälkitarkastuksia. Epäsuoria mittauksia koskeva koulutus olisi tärkeä järjestää erityisesti kiireellisten aikojen takia.

Taseselvitysprosessin lyheneminen on tuonut omat haasteensa myös asennuspalvelun henkilöresurssien kohdistamiseen. Kun työmääräyksien suorittamiseen käytettävä aika on lyhyempi, joudutaan asennuspalvelussa miettimään, kuinka vältytään töiden myöhästymisiltä. Asennuspalvelu saa työmääräyksiä sekä etäluentapalvelusta että tilaajalta. Etäluentapalvelusta saatavat työmääräykset koskevat mittareiden kuuluvuusongelmia, ja verkkoyhtiöltä saatavat työmääräykset esimerkiksi mittareiden massavaihtoja. Kun myös verkkoyhtiöltä saataviin työmääräyksiin on määritelty aikataulut, on asennuspal-

velulla haasteita kaikkien työmääräysten hoitamisessa ilman myöhästymisiä. Tästä syystä töiden aikatauluttaminen on entistä tärkeämpää. Hyvällä työn suunnittelulla pystytään hoitamaan samaan aikaan sekä verkkoyhtiöltä että luentalpalvelusta saatavia työmääräyksiä.

Työmääräysten toteuttamisen kannalta tärkeää olisi myös tietojärjestelmien käytön koulutus. Järjestelmistä erityisesti PDA-laitteen käytön opastusta olisi hyvä lisätä mittari-asennuksia tekeville henkilöille. Tietojärjestelmillä on iso rooli työmääräysten suoritus- ja työmääräykset pitäisi saada nopeasti palautettua asiakastietojärjestelmään. Lisäksi maastotietokoneiden käyttö voisi olla yksi vaihtoehto muuttaa työmääräysten suoritusta. Mittareiden yhteyskokeilut voisi tehdä suoraan käyttöpaikalta, mikä vähentäisi työkuormaa luentalpalvelulta. Tällä hetkellä mittareiden yhteyskokeilut hoidetaan soittamalla luentalpalveluun. Maastotietokoneiden käyttöönotto vaatisi kuitenkin koulutusta, joten ensin on tärkeämpää opettaa asennustyöhön liittyviä toimintoja ja nykyisten tietojärjestelmien käyttöä.

Työmääräysten toteuttamisessa olisi tärkeää pysyä määräaikojen sisällä myös sen takia, että viivästykset aiheuttavat paljon lisätyötä tilaajan puolella. Erityisen tärkeää tämä on etäluentalpalvelusta saatavien työmääräysten kanssa. Jos sähköenergialukemia ei saada käyttöpaikoilta 11 vuorokauden sisällä, aiheuttaa se virheitä tilaajan taseselvitysprosessissa. Mitatuista sähköenergialukemista muodostettavat aikasarjat pitää lähettää sähkömarkkinaosapuolille taseikkunan sisällä. Verkkoyhtiö on kuitenkin velvollinen toimittamaan energiamittaustietoja myös taseikkunan ulkopuolella. Jos lukemat lähetetään taseikkunan ulkopuolella, tilaaja joutuu tekemään korjauksia laskutuksiin jälkikäteen, eli myöhästymiset aiheuttavat lisätyötä. Jos lukemia ei saada määräajassa, laskutuksessa käytetään arvioituja lukemia. Näitä arvioituja lukemia joudutaan sitten korjaamaan seuraavassa laskutuksessa vastaamaan todellista kulutusta.

### **6.2.2 Kuuluvuus- ja tiedonsiirto-ongelmat**

Kuuluvuusongelmia aiheuttavat GPRS-verkon yhteysongelmat, PLC-tiedonsiirtohäiriöt ja yksittäisten mittareiden vikaantumiset. Matkapuhelin- ja sähköverkosta johtuvia yhteysongelmia ja niiden selvittelyä käsiteltiin jo aiemmin luvussa 3. Kuuluvuusongelmat ovat vähentyneet verkko-operaattoreiden kehittyneiden tiedonsiirtoyhteyksien vuoksi, mutta ajoittain niitä esiintyy. Myös yksittäisten mittareiden vikaantumiset aiheuttavat luentalyhteyksien katkeamisia. Esimerkiksi tiettyjen mittarityyppien kanssa on esiintynyt etäluentalongelmia, koska niiden komponentteja on mennyt rikki. Joillakin alueilla myös vanhat keskittimet ovat aiheuttaneet kuuluvuusongelmia. Keskitin saattaa kerätä mitaustiedot sadoilta mittareilta, joten niiden vikaantuminen aiheuttaa suuria kuuluvuusongelmia. Monesti keskitin joudutaan resetoimaan paikan päällä, ennen kuin se saadaan taas toimimaan.

Joissain kohteissa, kuten kesäasunnoilla asiakas voi katkaista käyttöpaikan sähköt pääkytkimellä. Tällaiset pääkytkinkohteet ovat vähentyneet huomattavasti, kun mittareiden kytkentätapoja on muutettu. Pääkytkinkohteita ilmaantuu kuitenkin ajoittain ja ne aiheuttavat palveluille lisätyötä. Aina kun tällaisessa kohteessa käydään, kytkennät muutetaan siten, ettei pääkytkimen kääntäminen katkaise mittarilta sähköä.

Kuuluvuusongelmat vaikuttavat suoraan saatujen luennan määrään. Kaikkia kuuluvuusongelmia ei voida kokonaan välttää, mutta ne voidaan selvittää nopeasti luenta- ja asennuspalveluiden välisellä yhteistyöllä. PLC-tekniikkaa häiritsevät laitteet löydetään yleensä nopeasti ja ne saadaan poistettua verkosta.

Kuuluvuusongelmia ovat aiheuttaneet myös verkon rakentamisen yhteydessä tehtävät jakorajojen muutokset. Luentapalvelu ei ole aina saanut urakoitsijalta tietoja verkon saneerausten yhteydessä tehtävistä jakorajamuutoksista. Tällöin luentapalvelulla ei ole tietoa siitä, mihin muuntopiiriin ja minkä keskittimen alle käyttöpaikat kuuluvat. Kun käyttöpaikoille syötetään saneerauksen jälkeen sähkö uudesta rakennetusta verkosta, tai kun käyttöpaikka vaihdetaan toisen muuntopiiriin alle, luentajärjestelmän topologianhallinnassa pitäisi pystyä heti sähkön syötön muutoksen jälkeen siirtämään käyttöpaikka oikean keskittimen alle. Näin luentayhteys mittarille saadaan heti kuntoon. Asia saadaan kyllä selvitettyä, mutta jakorajamuutosten yhteydessä luentapalvelulle saattaa aiheutua turhaa lisätyötä. Luentapalvelulla on jo ennestään tarpeeksi tekemistä kuuluvuusongelmien selvittelyssä. Tästä syystä luentapalveluun pitäisi aina lähettää tiedot saneerauskohteista ja listat jakorajamuutoksista.

Luentapalvelussa on ilmennyt myös järjestelmien välillä olleita tiedonsiirto-ongelmia, jotka ovat vaikeuttaneet töiden hoitamista. Jotkin työmääräykset ovat saattaneet esimerkiksi jäädä asiakastietojärjestelmään, eivätkä ne ole tulleet Eltelin omiin järjestelmiin asti. Tiedonsiirto-ongelmien aiheuttajia ei aina tiedetä, mutta niitä selvitettyä on käynyt ilmi, että esimerkiksi työmääräyksiä tehdessä sattuvat näppäilyvirheet voivat estää niiden siirtymisen järjestelmien välillä. Tällaisia tilanteita on selvinnyt, kun keskenräisten työmääräysten lista on tullut viikoittain nähtäväksi. Työmääräykset ovat näkyneet asiakastietojärjestelmässä, mutta eivät MWF:ssä. Näissä tapauksissa työmääräykset joudutaan poistamaan asiakastietojärjestelmästä ja tekemään uudelleen. Ylimääräistä työtä tulee lisää ja tilanne aiheuttaa myös epäselvyyttä, kun keskenräisten listassa on työmääräyksiä, joita ei ole aiemmin edes huomattu.

### **6.2.3 Yhteistyön toimivuus**

Kun työmääräykset on luentapalvelussa tehty, siirretään ne mittareiden asennus- ja tarkastuspalvelun suoritettavaksi. Jotta mittautustiedot saadaan verkkoyhtiölle 11 vuorokauden kuluessa toimitettua, pitää asennuspalvelulle jäädä mahdollisimman paljon toteutusaikaa työmääräysten suoritukselle. Tämä tarkoittaa sitä, että luentapalvelun on rea-

goitava nopeasti, jos mittaustietoja ei saada etäluettua. Yhteistyön merkitys korostuu näiden kahden palvelun välillä.

Haastatteluissa kävi ilmi, että luentapalvelussa saatettiin alkuun viivytellä liian pitkään työmääräysten tekemisessä ja siirrossa asennuspalvelulle. Tilanne on kuitenkin parantunut huomattavasti, kun kokemusta etäluentapalvelun toimittamisesta on saatu lisää. Työmääräysten tekemisessä on huomioitava, ettei mittareiden yhden tai kahden päivän kuulumattomuuden takia välttämättä kannata työmääräyksiä tehdä, vaan ottaa tällaiset kohteet ainoastaan seurantaan. Muutaman päivän kestävät kuuluvuusongelmat voivat johtua puhelinoperaattoriverkossa olevista vioista ja selvitystyö on tällöin turhaa. Jos taas ilmoitus vioittuneesta mittarista tulee asiakkaalta itseltään, selvitystyö kannattaa tehdä jo samana päivänä.

Yhteistyön merkitys korostuu myös muiden Eltelin sidosryhmien välillä. Aiemmassa luvussa kerrottiin, millaisia ongelmia esiintyy verkon saneerausten yhteydessä, kun jakorajamuutoksista ei ole aina luentapalvelussa ajantasaista tietoa. Tämä on yksi hyvä esimerkki siitä, kuinka yhteistyötä pitäisi parantaa.

Toinen esimerkki yhteistyön merkityksestä on työmaakeskusten asennukset, jolloin etäluennan yhteyskokeilu ja mittarin lukemien kerääminen on saattanut unohtua. Jos mittarin lukemia ei asennettaessa kerätä talteen, käyttöpaikan kulutustakaan ei välttämättä tiedetä. Tällaiset tilanteet aiheuttavat ongelmia tilaajan puolella. Käyttöpaikan toteutunutta kulutusta ei tiedetä eikä asiakasta voida laskuttaa. Väliaikaisten käyttöpaikkojen mittareilta pitäisi aina kerätä mittarin numero, lukemat ja keskuksen kytkentäaika sekä testata mittarin etäluentayhteys. Näin verkkoyhtiö voi laskuttaa asiakasta ilman ongelmia. Työmaakeskukset tulevat samalla tavalla SLA-tason seurannan piiriin kuin muutkin käyttöpaikat.

#### **6.2.4 Asennus- ja mittausvirheet**

Asennus- ja mittausvirheitä ilmenee satunnaisesti ja yleensä ne ovat inhimillisiä. Asennusvirheet sattuvat uuden mittarin asennuksen tai mittarin vaihdon yhteydessä, jolloin voi tapahtua erilaisia kytkentävirheitä. Asennuksiin tulee kiinnittää huomiota, ettei asennusvirheistä johtuvia korjaustoimenpiteitä jouduta tekemään paljon jälkikäteen.

Asennustyön lisäksi mittausvirheet voivat johtua myös tietojärjestelmissä tehdyistä virheistä. Kun tietojärjestelmiin lisätään tietoja kenttälaitteista, voi tapahtua näppäilyvirheitä. Esimerkki näppäilyvirheestä on tilanne, jossa asiakas ilmoittaa käyttöpaikan epätyypillisestä sähkönkulutuksesta. Kulutus voi asiakkaan epäilyksen mukaan olla esimerkiksi huomattavasti liian pieni. Ilmoituksen myötä selviää, että kohteessa, jossa on epäsuora mittaus, virtamuuntajan muuntosuhde on kirjattu mittaustiedonhallintajärjestelmään väärin. Järjestelmään kirjattu muuntosuhde ei vastaa virtamuuntajan oikeaa kerrointa ja käyttöpaikalta saadaan virheellisiä energiamittaustietoja. Jos virhettä ei huoma-

ta ajoissa, joudutaan asiakkaan laskutusta korjaamaan jälkikäteen. Mittausvirheitä huomataan välillä kauan mittarin asennuksen jälkeen. Tulevaisuudessa sähkön kulutus- ja laatutiedot otetaan tarkempaan seurantaan, jolloin mittausvirheet havaitaan aiemmin.

Asennus- ja mittausvirheiden välttäminen on tärkeää myös mittaustietojen toimituksen takia. Oikein suoritettu asennustyö yhdessä toimivan luentayhteyden kanssa mahdollistaa sen, että sähköenergian kulutuslukemat saadaan luettua ja toimitettua tilaajalle ajoissa. Samalla sopimusten mukaiset palvelutasot ovat paremmin saavutettavissa. Asennusten laatu on tärkeä myös tilaajan näkökulmasta. Tilaaja haluaa aina korkealaatuista mittaustietoa ja pyrkii saamaan kaikkien käyttöpaikkojen aikasarjat kuntoon taseikkunan sisällä. Mittausvirheiden takia aikasarjoja joudutaan korjaamaan taseikkunan ulkopuolella ja se aiheuttaa lisätyötä. Asennusten huolelliseen ohjeistukseen onkin käytetty paljon aikaa ja näin pyritty parantamaan asennusten laatua.

Mittauksen laatuun liittyvä asia on myös työmääräysten palauttaminen PDA-laitteelta asiakastietojärjestelmään. Tällä on merkitystä erityisesti silloin, kun tehdään mittareiden massavaihtoja. Vaihtoja saatetaan suorittaa jopa satoja yhden päivän aikana. Kun vanhalle mittarille suoritetaan luenta ja vaihdetaan uusi mittari tilalle, työmääräykset pitäisi kuitata tehdyksi PDA-laitteella välittömästi asennuksen jälkeen. Jos asennus tehdään aamulla ja kyseisen kohteen työmääräyksen palautus vasta esimerkiksi iltapäivällä, mittauksen laatu heikkenee päivän tuntien osalta. Sähköverkkoyhtiö tarjoaa asiakkailleen energiankulutuksen seurantapalvelua, jolla on rajapinta AIM:n kanssa. Kun työmääräyksen palautus tehdään iltapäivällä, päivän tuntien osalta sähköenergian kulutuslukemat näyttävät seurantapalvelussa nolaa. Taseselvitysprosessissa taas arvioidaan kyseisten tuntien lukemat, ja arvioidut lukemat näkyvät myös asiakkaan laskussa. Verkkoyhtiö saa asiaan liittyen paljon kyselyitä, koska asiakkaat näkevät seurantapalvelussa eri lukemat kuin mitä sähkölaskussa. Näin ollen työmääräysten palautus vaikuttaa mittauksen laatuun on tärkeä myös verkkoyhtiön asiakaspalvelun kannalta. Asiakkaalle on helppompi perustella mittarivaihdon yhteydessä yhden tunnin ajalta puuttuvat kulutuslukemat kuin koko päivän ajalta puuttuvat lukemat.

## 7. TOIMINTAMALLIEN KEHITTÄMINEN

Haastatteluissa ilmenneiden palveluiden ongelmakohtien pohjalta lähdettiin miettimään, kuinka palvelutoimintaa voitaisiin kehittää siten, että päästäisiin lähemmäksi sopimusten mukaisia palvelutasoja. Kuten edellisessä luvussa käytiin läpi, taseselvitysprosessin aikana saatujen luentojen määrä on parantunut viimeisen puolen vuoden aikana. Yksi syy tälle on varmasti se, että palveluiden toimintatapoja on päästy harjoittelemaan ja erityisesti etäluentapalvelun toiminta on selkiytynyt. Pienillä muutoksilla voidaan kuitenkin päästä lähemmäksi vaadittuja palvelutasoja.

Suurimmaksi ongelmaksi luentapalvelun palvelutason saavuttamisessa on muodostunut se, ettei kaikkia tehtyjä työmääräyksiä ehditä suorittamaan määräaikaan mennessä. Vaikka kuulumattomista kohteista on työmääräykset tehty ja annettu asennuspalvelulle tarpeeksi ajoissa, niiden suorittamisessa on ollut viiveitä. Tällöin kaikkia tuntisarjoja ei pystytä toimittamaan ajoissa tilaajalle, eikä saavuteta etäluentapalvelusopimuksen mukaista palvelutasoa D. Työsuoritusten myöhästymisiä tulee luonnollisesti eniten kiireellisenä aikana, jolloin työn suunnittelu korostuu entisestään. Työn suunnittelulla on suuri rooli myös, kun työmääräyksiä pyritään tekemään kustannustehokkaasti. Seuraavassa käsitellään kehitysehdotuksia luenta- ja asennuspalvelujen päivittäiseen toimintaan. Palveluja käsitellään erikseen.

### 7.1 Luentapalvelu

Päivittäiseen työhön luentapalvelussa ei kannata tehdä isoja muutoksia, koska toimintatavat ovat muodostuneet alun jälkeen selkeäksi. Pieniä muutoksia voidaan kuitenkin tehdä luentapalvelun päivittäisen työn helpottamiseksi sekä esimerkiksi yhteistyön parantamisessa Eltelin sisällä.

Luentapalvelun toiminnallisuuksien perehdyttäminen on tehty jo ennen tämän diplomityön aloitusta. Perehdytys on sisältänyt verkkoyhtiön etäluenta- ja asiakastietojärjestelmän käytön opetteluun. Järjestelmien perustoiminnallisuuksien lisäksi koulutus on sisältänyt järjestelmätasolla mittalaitteiden asennukseen ja ylläpitoon sekä tekniseen toimivuuteen liittyviä tehtäviä. Taulukkoon 6 on koottu tehtäviä, jotka kuuluivat perehdyttämishjelmaan.

**Taulukko 6.** *Luentapalvelun perehdytystehtävät ja tehtävien frekvenssit*

<b>Etäluentajärjestelmän käyttö</b>		<b>Frekvenssi</b>
	Mittareiden toimivuuden tarkastaminen ilmoituksesta	Päivittäin
	Hälytys-, työ-, ja ala-asemalokien seuranta	Päivittäin
	Hälytysten selvitystyö	Tarvittaessa
	Keskittimien vaihto	Tarvittaessa
	Uusien topologioiden perustaminen	Tarvittaessa
	Ala-asemayhteydet	Päivittäin
	Master ajanasetukset	Tarvittaessa
	Uusien mittalaitteiden perustaminen etäluentajärjestelmään	Tarvittaessa
<b>Asiakastietojärjestelmän käyttö</b>		
	Työmääräysten tekeminen	Päivittäin
	Uusien mittalaitteiden perustaminen asiakastietojärjestelmään	Tarvittaessa
	Tuotteen muutokset	Tarvittaessa
	Käytöstä poistettavat mittarit	Tarvittaessa
<b>Mittalaitteiden asennukseen ja ylläpitoon liittyvät tehtävät</b>		
	Mittareiden tehdasohjelmien muutokset	Tarvittaessa
	Mittareiden toiminnan valvonta	Päivittäin
	Mittalaitteen lukeminen vaihdon yhteydessä	Tarvittaessa
	Yksiköiden siirto uuteen muuntopiiriin	Tarvittaessa
	Mittareiden kellonajan muutokset	Tarvittaessa
<b>Mittalaitteiden toimivuuteen liittyvät tehtävät</b>		
	Toistinasennusten suunnittelu	Tarvittaessa
	Toimimattomien tiedonsiirtoyhteyksien ilmoitus palvelun tilaajalle	Tarvittaessa
	Käytöntukijärjestelmästä tulevat ilmoitukset	Tarvittaessa

Osa luentapalvelun tehtävistä on päivittäisiä ja osa tehdään vain tarvittaessa. Esimerkiksi mittareiden toiminnan valvonta on päivittäistä työtä. Suurinta osaa toiminnallisuuksista tarvitaan kuitenkin viikoittain.

Tällä hetkellä etäluentapalvelun tekemät työmääräykset kulkevat asennuspalvelun työjohtajan kautta, joka jakaa työmääräykset MWF:stä asentajille. Toinen vaihtoehto työmääräysten jakamisessa olisi siirtää ne luentapalvelusta suoraan asentajille, jolloin yksi välivaihe siirrosta jäisi kokonaan pois. Näin voitaisiin vähentää turhien viiveitä ja saada enemmän aikaa asennustyön suorittamiseen.

Työmääräysten siirto luentapalvelusta suoraan asentajille onnistuu, kun asennuspalvelulle tehdään selkeä viikko- ja päiväohjelma. Tällöin luentapalvelulla on aina ajankohdainen tieto työntekijöiden sijainnista. Luentapalvelusta voidaan tällöin myös ottaa suo-

raan yhteys asentajaan, jos suoritettavaksi saadaan jokin kiireellinen työmääräys. Luentapalvelulla on myös aina paras tieto siitä, millä alueella on kyseisellä ajanhetkellä etäluentaongelmia, mitkä työmääräykset on tehty ja mitkä ovat tekemättä. Luentapalvelu ylläpitää keskeneräisten töiden listaa ja hoitaa mittareiden yhteyskokeilut asennusten yhteydessä, joten työmääräysten jako suoraan etäluentapalvelusta olisi selkeämpi vaihtoehto. Asennuspalvelun työnjohdolle jäisi enemmän aikaa perehdyttää työntekijöitä esimerkiksi uusien mittareiden ja erityisesti epäsuorien mittauksien asennusten ohjeistukseen, johon tarvitaan koulutusta.

Haastatteluissa selvisi myös, ettei etäluentapalvelulla ole selkeää työkalua kuulumattomien käyttöpaikkojen seurantaan. Tämä aiheuttaa sen, että useampi työntekijä etäluentapalvelussa saattaa seurata samojen käyttöpaikkojen kuuluvuutta. Luentapalvelulla tulisi olla seurattavia kohteita varten käytössä oma lista, josta näkisi aina reaaliaikaisen tilanteen selvittävistä kohteista. Näin välttyttäisiin turhalta päällekkäiseltä työltä. Seuratavat käyttöpaikat tai kenttälaitteet olisivat aina kaikkien tiedossa ja listaa voisi päivittää tehdyn selvitystyön mukaan. Kuulumattomia kohteita on välillä paljon, joten edellisenä päivänä seuratut kohteet saattavat helposti unohtua, mikäli niistä ei pidetä minkäänlaista kirjaa. Yhteiseltä listalta pystyttäisiin aina tarkastamaan, jos joku henkilö etäluentapalvelussa on jo ottanut huonosti kuuluvan alueen tai tietyn käyttöpaikan seurattavakseen.

Seuranta varten laadittiin pilvipalveluun Excel-taulukot, joista jokainen etäluentapalvelun työntekijä näkee ajantasaisen tilanteen mittareiden etälueennan ja työmääräysten osalta. Pilvipalvelussa taulukot ovat kaikkien käytettävissä. Taulukot ovat etäluentapalvelun omaan toimintaan tarkoitettuja työkaluja. *Mittareiden luenta* - taulukkoon kerätään seurattavaksi kohteita, joiden mittaustiedon kerääminen on epävarmaa. Taulukkoon kerätään seurattavasta kohteesta päivämäärä, muuntopiiri, mittarin/kenttälaitteen numero ja tyyppi, käyttöpaikan numero, osoite, mittalaitteen alkuperäinen ja uusi sijainti (topologian hallinnassa), luenta-aika (aika, jolloin luenta testataan), todellinen luenta-aika AIM:ssä sekä *huomautus* - kenttään mahdolliset lisätiedot kohteesta. Mittalaitteen sijainnit merkitään taulukkoon, jotta tiedetään, kuinka niiden sijaintia on topologianhallinnassa muutettu ja voidaan tarvittaessa palauttaa niiden sijainnit alkuperäisiksi. Mittalaitteiden sijainnin muutoksia tehdään, kun yritetään parantaa niiden kuuluvuutta. Listaan merkataan värikoodeilla, mikä seurattavan kohteen tilanne on. Taulukkoon 7 on koottu *Mittareiden luenta* - taulukon värikoodien selitykset.

**Taulukko 7.** Värikoodit mittareiden luentayhteyksien seurannassa

Väri	Selitys
	Mittari OK
	Mittarilta ei viimeisimpiä lukemia
	Mittari vaihtunut
	Seuranta
	Työmääräys tilattu

Kun jokin mittari otetaan luentapalvelussa seurantaan, tehdään siitä taulukkoon oma rivi. Riville lisätään yllämainitut tiedot ja merkitään kohde *Mittarilta ei viimeisimpiä lukemia* - selitteellä. Jos luentayhteys saadaan mittarille toimimaan, merkitään kohde *Mittari OK* - selitteellä. Kun seurattavasta kohteesta joudutaan tekemään työmääräys, merkitään kohteen selitykseksi *Työmääräys tilattu*. Jos jollekin käyttöpaikalle vaihdetaan mittari, merkitään selitteeksi *Mittari vaihdettu*. Muuten seurannassa olevat kohteet merkitään myös omalla värillään. Tällaisia ovat esimerkiksi muuntopiirit, joissa on muutama huonosti kuuluva käyttöpaikka. Kohteiden kuuluvuutta on helpompi seurata, kun kaikki seurattavat löytyvät samasta tiedostosta. Mittareiden luentaa varten tarkoitettu Excel-tilukko on työn liitteenä 2.

Samanlainen taulukko laadittiin myös työmääräysten suoritusten seurantaan. Taulukkoon siirretään seurattavat kohteet, joista on työmääräys tehty. Jokaisesta työmääräyksestä lisätään tarvittavat tiedot eli päivämäärä, käyttöpaikan numero, tehtävätyyppi, työmääräyksen suorittaja, paikkakunta ja tarvittavat huomautukset. Työmääräyksen tila merkitään taulukkoon samalla tavalla värikoodein kuin luentayhteyksien seurannassa. Taulukkoon 8 on koottu selitykset työmääräysten seurannan värikoodeille.

**Taulukko 8.** Värikoodit työmääräysten seurannassa

Väri	Selitys
	Työmääräys siirtämättä
	Työmääräys tekemättä
	Valmis

Työmääräykset luodaan tilaajan asiakastietojärjestelmässä, mutta niiden seuraamista varten on hyvä olla myös oma Excel-tilukko. *Työmääräys siirtämättä* tarkoittaa, ettei työmääräys ole vielä siirtynyt järjestelmien välillä asennuspalveluun suoritettavaksi, vaikka työmääräys on tehty asiakastietojärjestelmässä. Siirtymisessä voi kestää esimerkiksi vuorokauden verran, joten unohduksen välttämiseksi ne lisätään taulukkoon heti niiden luomisen jälkeen. Työmääräykset lisätään taulukkoon myös sen takia, että osa työmääräyksistä ei syystä tai toisesta ole aina siirtynyt asiakastietojärjestelmästä MWF:ään. Tällaiset tilanteet voidaan seurantataulukon avulla huomata jälkikäteen. Taulukossa *Työmääräys tekemättä* tarkoittaa, ettei työtä ole vielä suoritettu. Kun työmääräys saadaan tehtyä ja palautettua PDA-laitteelta, kuitataan se myös taulukkoon valmiiksi. Valmiina oleva työmääräys voidaan tarvittaessa siirtää takaisin luentayhteyden seurantaan. Työmääräysten seurantaan tarkoitettu taulukko on työn liitteenä 3.

Excel-tilukoiden käyttö vähentää muistinvaraisen työn määrää ja helpottaa yhteistyön tekemistä luentapalvelun sisällä. Kaikki seurattavat kohteet ovat aina listattuna ja muut luentapalvelun työntekijät tietävät, missä vaiheessa käyttöpaikkojen kuuluvuusongelmien selvitys on. Taulukot voidaan ottaa käyttöön myös, jos kaukolämpö- ja vesimitaukset tulevat luentapalvelun seurantaan.

Luentapalvelun toimivuuden kannalta korostuu myös yhteistyö Eltelin omien sidosryhmien sisällä. Kuten aiemmin kerrottiin, etäluentapalvelulla ei ole verkon saneerausten yhteydessä aina ajantasaista tietoa jakorajamuutoksista. Luentapalvelussa joudutaan selvittämään jakorajamuutoksia, jotta etäluentajärjestelmän topologianhallinnassa voidaan tehdä mittareiden siirrot oikean keskittimen alle. Asia ei varsinaisesti vaikuta palvelutason saavutettavuuteen, koska muutokset saadaan kyllä selvitettyä, mutta se teettää turhaa ylimääräistä työtä jo ennestään kiireiseen luentapalveluun. Tieto jakorajamuutoksista pitäisi verkon saneerausten yhteydessä aina toimittaa luentapalveluun. Muutokset topologianhallinnassa on tällöin helppo tehdä heti, kun asentaja ottaa yhteyden luentapalveluun. Lisäksi työmaakeskusten asennusten yhteydessä pitää aina muistaa ottaa yhteys luentapalveluun yhteyskokeilun vuoksi. Mittarilta pitää myös muistaa kerätä kulu- tuskuluku, numero sekä käyttöpaikka, jotta käyttöpaikan sähkön kulutus voidaan las- kuttaa normaalisti. Jos tietoja ei kerätä, saattaa tilanne aiheuttaa ongelmia käyttöpaikan taseselvitysprosessiin. Työnjohdon rooli on opastaa työntekijöitä, jotta käyttöpaikat saadaan etäluennan piiriin.

## 7.2 Asennuspalvelu

Asennuspalvelun suurin ongelma on, ettei työmääräyksiä ehditä tekemään ajoissa. Työmääräysten myöhästymisen takia luentapalvelun palvelutasoa D ei saavuteta, vaikka kuulumattomista kohteista olisikin tehty työmääräykset. Tästä syystä asennustyön suunnittelun ja työmääräysten priorisoinnin merkitys korostuu. Työmääräysten suorittami- selle tarvitaan selkeämpi suunnitelma. Tavoitteena on välttää turhat myöhästymiset, jot- ta päästäisiin mahdollisimman lähelle vaadittua palvelutasoa.

Asennuspalvelun työmääräysten suoritusta varten laaditaan viikko- ja päiväsuunnitel- mat. Viikkosuunnitelma tehdään aina edellisen viikon viimeisenä työpäivänä. Viikko- suunnitelman avulla seuraavan viikon työmääräysten suorittamiselle on olemassa selkeä suunnitelma. Viikkosuunnitelmassa asentajat jaetaan alueittain, ja vastuualuetta vaihde- taan aina tietyin väliajoin. Aluejaosta on kerrottu lisää seuraavassa luvussa. Päiväsuun- nitelmat tehdään yksittäisten työmääräysten suoritusta varten, ja koska taseselvityspro- sessin aiheuttamien kiireellisten työmääräysten takia aikataulut voivat muuttua nopeasti. Päiväsuunnitelma tehdään muuttuvien tilanteiden vuoksi aina edellisen päivän aikana. Asentajalla on itsellään vastuu seurata hänelle määrättyjen työtehtävien määräaikoja ja suunnitella oma päiväohjelmansa. Asennuspalvelun työnjohto laatii yhdessä luentapal- velun kanssa suunnitelmat. Näin myös luentapalvelulla on ajantasainen tieto työnteki- jöiden sijainnista. Myös saman päivän aikana voi tulla uusia, kyseiselle päivälle määrät- tyjä kiireellisiä tehtäviä. Viikko- ja päiväsuunnitelmien tekeminen kuitenkin selkeyttää asennuspalvelun toimintaa huomattavasti ja muuttuviin tilanteisiin reagoiminen on hel- pompaa.

Kuten jo aiemmin mainittiin työmääräykset siirtyvät tällä hetkellä asennuspalveluun työnjohtajan kautta. Uudessa suunnitelmassa ehdotetaan, että työmääräykset jaetaan

suoraan etäluentapalvelusta asentajille. Samalla kiireellisten töiden jakaminenkin helpottuu, kun etäluentapalvelusta otetaan suoraan yhteys asentajaan.

### 7.2.1 Aluejako

Osana viikkosuunnitelmaa asennuspalvelun työntekijät jaetaan alueittain. Jokainen työntekijä suorittaa vastuualueellensa kuuluvia työmääräyksiä. Aluejaolla on suuri vaikutus myös työn kannattavuuteen, koska palvelun tilaavan verkkoyhtiön vastuualue on laaja ja välimatkat työkohteiden välillä ovat ajoittain pitkiä. Siirtymiset työkohteesta toiseen lisäävät kustannuksia, eikä samassa ajassa ehditä tekemään yhtä paljon työtehtäviä kuin pienemmällä alueella. Työpäivät on suunniteltava etukäteen siten, että työmääräykset ehditään toteuttamaan kustannustehokkaasti. Mittareiden massavaihdoissa tilanne on selkeämpi, koska työkohteet sijaitsevat usein vierekkäin. Esimerkiksi kerrostaloissa vaihdetaan kymmeniä mittareita, eikä työkohdetta tarvitse vaihtaa saman päivän aikana.

Asennuspalvelu saa kuuluvuusongelmien selvittelyn lisäksi myös muita työmääräyksiä. Toimivan kokonaisuuden aikaansaamiseksi ei siis riitä, että asennuspalvelu suorittaa vain kuuluvuusongelmiin liittyviä työmääräyksiä. Työn suunnittelussa täytyy ottaa huomioon myös tilaajalta saatavat muut tehtävät, kuten mittareiden massavaihdot ja määräaikaistarkastukset. Kyseisillä tehtävillä on suora vaikutus asennus- ja tarkastuspalvelun oman SLA-sopimuksen palvelutason saavutettavuuteen, joten sopimusta koskevat työmääräykset on myös suoritettava ajoissa. Jos työmääräyksiä ei saada määräaikaan mennessä suoritettua, joudutaan asennushinnasta hyvittämään tietty prosenttiosuus tilaajalle.

Aluejako toimii myös etäluentapalvelun tukena. Tällöin etäluentapalvelulla on jatkuvasi tieto jokaisen työntekijän sijainnista. Kun työmääräykset jaetaan luentapalvelusta, voidaan kiireelliset tehtävät kohdistaa helposti tietylle henkilölle. Aluejakoon voi tosin vaikuttaa myös työmääräysten aikarajat, jolloin jakoa joudutaan muuttamaan lyhyellä aikavälillä. Aluejako on kuitenkin työn ennakoimisen kannalta tärkeää, jotta nopeat muutokset eivät aiheuta liikaa epäselviä tilanteita. Työmääräysten suorituksesta tulee selkeämpää, kun toiminta on etukäteen suunniteltua.

Aluejaon onnistuminen edellyttää, että jokainen asennuspalvelun työntekijä pystyy tekemään kaikkia vastuualueelleen kuuluvia työmääräyksiä. Haastattelussa kuitenkin ilmeni, että epäsuorien mittauksien osalta tarvitaan lisää koulutusta, joten aluejaon toteuttaminen on vielä haastavaa. Epäsuorien mittauksien asennuksia koskeva koulutus onkin aloitettu tämän diplomityön aikana.

## 7.2.2 Työmääräysten priorisointi

Kuten aiemmin on kerrottu, asennuspalvelu saa suoritettavakseen useita erilaisia työmääräyksiä. Jos työmääräyksiä halutaan suorittaa tehokkaasti, tulisi ne priorisoida niiden tärkeyden ja määräaikojen mukaan. Työsuoritusten tekemistä viimeisenä päivänä tulisi välttää, koska muitakin kiireellisiä tehtäviä voi tulla suoritettavaksi saman päivän aikana.

Jos tehtävien määräaika on seuraavana päivänä, priorisoidaan sellaiset työt ensimmäiseksi. Tällä vältetään palvelutasoon D vaikuttavien tuntisarjojen toimitus myöhässä. Päiväohjelmiin voi tulla muutoksia nopealla aikataululla, mikä aiheuttaa omat haasteensa työmääräysten suoritukselle.

Työmääräyksiä ei voida kuitenkaan priorisoida pelkästään päivämäärän mukaan, koska toiminnassa pitää huomioida myös muut näkökulmat. Esimerkiksi sähkön toimitusvarmuus tulee olla aina ensimmäisenä prioriteettilistalla. Työtyyppinä on paljon, joten työmääräykset priorisoidaan myös tehtäväkohtaisesti. Seuraavassa etäluentapalvelusta ja tilaajalta saatavat työmääräykset on priorisoitu omiin taulukkoihin. Luentapalvelusta saatavat työmääräykset koskevat etäluennan yhteysongelmia. Taulukkoon 9 on priorisoitu etäluentapalvelusta saatavat tehtävät.

**Taulukko 9.** *Luentapalvelusta saatavien työmääräysten priorisointi*

Priorisointi	Tehtävä
1.	Muuntopiirien kuuluvuusongelmat
2.	Yksittäisten mittareiden kuuluvuusongelmat

Kiireellisimpänä etäluentapalvelun tekemänä työmääräyksinä ovat kokonaisten muuntopiirien tai useamman vierekkäisen käyttöpaikan kuuluvuusongelmien hoitaminen. Kokonaisen muuntopiirin yhteysongelmat saattavat aiheuttaa satojen mittareiden kuuluvuuttomuuden, mikä laskee palvelutasoa huomattavasti. Tämän takia isojen alueiden kuuluvuusongelmat pitäisi ratkaista mahdollisimman nopeasti. Suurempien alueiden yhteysongelmissa vika on todennäköisesti muuntopiirin keskittimessä, master-mittarissa tai PLC-tiedonsiirrossa. Ensimmäiseen prioriteettiin kuuluvat siis keskittimien resetoinnit, uusien keskittimien ja toistinten asennukset, sekä PLC-tiedonsiirron häiriöiden selvitys. Toisena listalla ovat yksittäisten mittareiden kuuluvuusongelmat, joiden vaikutus palvelutasoon on pienempi.

Asennuspalvelu saa muitakin työmääräyksiä kuin etäluennan kuuluvuusongelmien selvittelyyn liittyviä tehtäviä. Nämäkin työmääräykset pitää suorittaa määräajassa. Taulukkoon 10 on priorisoitu tilaajalta saatavat muut työmääräykset.

**Taulukko 10.** *Muiden työmääräysten priorisointi*

Priorisointi	Tehtävä
1.	Mittariviat
2.	Kytkentä- ja katkaisutehtävät
3.	Mittauksen tarkkuus
4.	Yksittäiset mittariasennukset/liittymätyöt
5.	Mittareiden massavaihdot
6.	Mittareiden määräaikaistarkastukset

Kiireellisimpänä tehtävänä ovat sähkön toimitusta koskevat mittariviat ja asiakkaiden lämmityksenohjaukseen liittyvät viat. Lämmityksenohjauksioista ei aina tiedetä, onko vika asiakkaan omissa laitteissa vai verkkoyhtiön sähköverkossa, mutta kohteet on aina tarkastettava mahdollisimman pian. Mittarivikoihin liittyvät työmääräykset menevät aina muiden edelle, koska sähkön toimitusvarmuus on tärkeämpi kuin mittareiden etäluentaominaisuus.

Toisena listalla ovat kytkentä- ja katkaisutehtävät, joita ei ole voi suorittaa etäkytkentänä. Etenkin kytkentätehtävissä korostuu työmääräyksen viimeisen päivämäärän merkitys, koska verkkoyhtiö on asiakkailleen luvannut sähkön toimituksen tiettyyn päivämäärään mennessä. Kolmantena ovat mittauksen tarkkuuteen liittyvät viat. Nämä korostuvat sähkön kulutukseltaan suurissa kohteissa, joissa on käytössä epäsuoramittaus. Nekin on tärkeää korjata mahdollisimman pian, koska verkkoyhtiö joutuu pitkään jatkuneiden virheellisten mittausten vuoksi tekemään korjauksia asiakkaan laskutukseen jälkikäteen.

Asennuspalvelu saa tehtäväkseen myös uusien sähköliittymien kytkenät. Nämäkin on suoritettava määräaikaan mennessä. Viimeisenä listalla ovat mittareiden massavaihdot ja määräaikaistarkastukset. Näiden suoritukselle on sovittu yleensä pidempi aikajakso ja määräaikoja voidaan tarvittaessa muuttaa tilaajan kanssa. Massavaihtojen tarkoitus ei ole lisätä työkuormaa ajoille, jolloin kuulumattomien mittareiden selvitystyöhön sekä muihin kiireellisimpiin töihin joudutaan käyttämään paljon aikaa.

Koska kaikkia työmääräyksiä tehdään rinnakkain, muodostavat ne yhteisen kokonaisuuden. Tästä syystä ei riitä, että työmääräykset on lajiteltu luentapalvelusta saatavien ja muiden tehtävien kesken, vaan työmääräykset priorisoidaan yhdelle listalle. Taulukkoon 11 on priorisoitu kaikki asennuspalvelulle kuuluvat tehtävätyypit.

**Taulukko 11.** Työmääräysten prioriteetit

Priorisointi	Tehtävä
1.	Mittariviat
2.	KytKentä- ja katkaisutehtävät
3.	Muuntopiirien kuuluvuusongelmat
4.	Yksittäisten mittareiden kuuluvuusongelmat
5.	Mittauksen tarkkuus
6.	Yksittäiset mittariasennukset/liittymätyöt
7.	Mittareiden massavaihdot
8.	Mittareiden määräaikaistarkastukset

Ensimmäisenä prioriteettina on edelleen mittarivikojen hoitaminen ja toisena kytkentä- ja katkaisutehtävät. Näiden jälkeen tulevat etäluennan yhteysongelmien selvitykset. Sähkön toimitukseen liittyvät tehtävät ovat listalla ennen mittareiden yhteysongelmiin liittyviä tehtäviä, koska ne menevät aina mittareiden etäluentayhteyden toimivuuden edelle. Tämän jälkeen listalla tulevat muut tilaajalta saatavat tehtävät.

Kuten taulukosta 11 nähdään, suoritettavia tehtävätyyppejä on paljon. Täydellisen viikko- tai päiväsuunnitelman tekeminen ja tehtävien priorisoiminen on haastavaa jatkuvasti muuttuvien tilanteiden takia. Nämä luovat kuitenkin pohjan sille, että työmääräykset voidaan suorittaa määräajassa, ja samalla saavuttaa palvelusopimusten mukaiset palvelutasot.

Työmääräysten suunnittelun ja toteutuksen lisäksi asennuspalvelussa tulisi kiinnittää huomiota työmääräysten suoritusten jälkeen myös niiden palauttamiseen takaisin asiakastietojärjestelmään. Palautus korostuu etenkin, kun tehdään mittareiden massavaihtoja. Jos työmääräyksen palautus tehdään heti mittarivaihdon jälkeen, saadaan käyttöpaikalta mittaustietoa heti. Jos palautus tehdään vasta myöhemmin, jää käyttöpaikalta usean tunnin mittaustiedot saamatta. Työmääräysten palautuksella voidaan vaikuttaa mittauksen laatuun kyseisen päivän osalta. Työmääräysten palautus heti työn jälkeen palvelee sekä verkkoyhtiötä että verkkoyhtiön asiakkaita.

### 7.3 Toimenpiteiden aikataulut

Kappaleissa 7.1 ja 7.2 käsiteltiin erilaisia toimenpiteitä palveluiden toimintamallien kehittämiseksi. Etäluentapalvelun perehdyttämisohjelma on toteutettu jo ennen tämän diplomityön aloitusta. Kun sähkön laatuun liittyvät ominaisuudet tulevat tarkempaan seurantaan, pidetään myös niitä varten perehdytys. Lisäksi luentapalvelu saa seurantaan myös kaukolämpö- ja vesimittauksia, joten myös näitä varten tarvitaan järjestelmäkoulutukset.

Luentapalvelun päivittäisen työn helpottamiseksi tehdyt taulukot kuuluvuusongelmien ja työmääräysten seurantaan on otettu käyttöön tämän diplomityön aikana. Etäluentaja

asennuspalvelun yhteistyön nopeuttamiseksi ehdotetaan, että työmääräykset jaetaan etäluentapalvelusta suoraan asentajille ja vähennetään turhia viiveitä.

Asennuspalvelulle ehdotetaan käyttöönotettavaksi aluejakoa, jossa jokaisella asentajalla on oma vastuualueensa. Aluejaon avulla työmääräysten jakaminen onnistuu suoraan luentapalvelusta asentajille. Jokaisen henkilön vastuualueet on määritelty viikkosuunnitelmassa ja niitä vaihdetaan aina tietyin väliajoin. Päiväsuunnitelma on määritelty nopeasti muuttuvia tilanteita varten. Sen tueksi laadittiin työmääräysten priorisointilista.

Aluejaon toteutus kuitenkin vaatii, että jokainen asennustöitä tekevä henkilö pystyy suorittamaan kaikkia työmääräystyyppejä. Tämän diplomityön aikana asennuspalvelussa tarvitaan osittain koulutusta epäsuorien mittausten asennustyössä. Koulutukset epäsuorien mittausten asennukseen on aloitettu, joten aluejaon ja viikkosuunnitelman toteutus onnistuu, kun koulutukset on järjestetty.

## 8. YHTEENVETO

Jakeluverkkoyhtiöt ovat suurimmaksi osin muuttaneet verkkoalueelleen kuuluvat sähkömittarit etäluettaviksi. Käyttöpaikkojen sähkönkulutusta ja -tuotantoa voidaan mitata esimerkiksi tunnin tarkkuudella. Tulevaisuudessa niitä todennäköisesti mitataan vieläkin lyhyemmissä ajanjaksoissa. Mittaustiedot luetaan etäluentajärjestelmällä. Verkkoyhtiöt muodostavat mittaustiedoista aikasarjat ja toimittavat ne eri sähkömarkkinaosapuolien käyttöön. Verkkoyhtiöt voivat halutessaan ulkoistaa sähkömittareiden etäluennan ja asennustyön.

Eltel toimittaa verkkoyhtiölle sähkömittareiden etäluenta- ja asennuspalveluja. Asennuspalvelu on kuulunut Eltelin toimintaan jo pidempään, mutta sähkömittareiden etäluentapalvelu on aloitettu vuoden 2017 aikana. Etäluentapalvelun siirtyminen Eltelille tarkoittaa, että kenttätöiden lisäksi kuuluvuusongelmia selvitetään myös etäluentapalvelussa. Nämä kaksi palvelua toimivat tiiviissä yhteistyössä. Etäluentapalvelu tekee kuumattomista kohteista työmääräykset ja asennuspalvelu suorittaa niitä.

Tilaajan ja Eltelin välillä on palveluista olemassa palvelusopimukset, joissa on määritelty vaadittavat palvelutasot. Palvelusopimusten mukaisesti, mittaustiedon toimitus ja mittariasennukset suoritettava niille annetuissa määräajoissa. Taseselvitysprosessin lyheneminen on vähentänyt mittaustiedon toimitukseen ja asennustöiden suoritukseen käytettävissä olevaa aikaa, ja tuonut omat haasteensa etäluenta- ja asennuspalvelun päivittäiseen toimintaan. Diplomityössä tarkasteltiin näitä palveluja prosessien kehittämisen näkökulmasta. Tavoitteena oli löytää palveluille uusia toimintamalleja, jotka tukevat verkkoyhtiön vaatimien palvelutasojen saavuttamista.

Työssä määriteltiin etäluenta- ja asennuspalveluiden nykyinen tilanne ja toimintamallien ongelmakohdat. Tätä varten haastateltiin sekä Eltelin että palvelun tilaavan verkkoyhtiön henkilökuntaa. Luenta- ja asennuspalveluiden toimintamallien muuttamiseksi määritettiin erilaisia kehitysehdotuksia. Palveluihin vaikuttavia ongelmakohtia tarkasteltiin yhtenä kokonaisuutena, mutta kehitysehdotukset tehtiin palveluille erikseen.

Palvelutasojen saavutettavuuteen vaikuttaviksi asioiksi tunnistettiin haastatteluiden perusteella työn suunnittelu, asennustyön toteutus ja erilaiset viiveet työmääräyksissä. Palvelutason saavutettavuuden lisäksi tunnistettiin myös palveluiden sujuvuuteen vaikuttavia asioita. Mittareiden kuuluvuusongelmat, tiedonsiirrossa olevat ongelmat ja yhteistyö palveluiden välillä ovat merkittäviä palveluiden sujuvuuden kannalta.

Ehdotettujen toimenpiteiden tarkoitus on selkeyttää sekä etäluenta- että asennuspalveluiden päivittäistä työtä. Etäluentapalvelutoimintojen helpottamiseksi laadittiin pilvipalveluun taulukot, jotka on tarkoitettu etäluentaongelmien sekä asennuspalvelulle annettujen työmääräysten seurantaan. Näiden lisäksi ehdotettiin muutosta luentapalvelun määrittämien työmääräysten jakamiseen. Asennuspalvelulle ehdotettiin käyttöönotettavaksi aluekohtaisia viikko- ja päiväsuunnitelmia työsuoritusten selkeyttämiseksi. Tämän lisäksi asennuspalvelun suorittamat eri työmääräystyypit priorisoitiin, joka helpottaa viikko- ja päiväsuunnitelmien laadintaa. Asennuspalvelussa tarvitaan kuitenkin epäsuorien mittausten osalta vielä lisää koulutusta ennen kuin viikkosuunnitelmia voidaan täydellisesti toteuttaa.

Toimintamallien kehittäminen on oleellista myös palveluiden laajentumisen takia. Luentapalvelu voi saada sähkömittausten etäluennan lisäksi seurattavakseen myös kaukolämpö- ja vesimittaukset. Sähkön laatuun liittyvät ominaisuudet tulevat myös tarkempaan seurantaan, joten etäluentapalvelulle on tiedossa lisää työtä. Ehdotettujen toimenpiteiden tarkoitus on helpottaa palvelun laajentumisen omaksumista. Seurantatyökalut voidaan ottaa käyttöön myös kaukolämpö- ja vesimittausten osalta.

## LÄHTEET

- [1] J. Rauhala, Toisen sukupolven älykkään sähkömittarijärjestelmän toiminnallisuusmäärittely, Diplomityö, Aalto-yliopisto, 2017, 98 s.
- [2] A. Sianoja, Jakeluverkkoyhtiön energiamittaustiedon laadun kehittäminen, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, 2015, 88 s.
- [3] Energiateollisuus, Tuntimittauksen periaatteita 2016. [viitattu 17.1.2018]. Saatavissa: [https://energia.fi/files/1153/Tuntimittaussuositus\\_paiv\\_20161012.pdf](https://energia.fi/files/1153/Tuntimittaussuositus_paiv_20161012.pdf)
- [4] Sähkömarkkinalaki 588/2013. [viitattu 17.1.2018]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>
- [5] Energiavirasto, Sähkön kulutuksen mittaus. [viitattu 16.1.2018]. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/sahkon-kulutuksen-mittaus>
- [6] K. Lindholm, Datahubin merkitys jakeluverkonhaltijalle Case: Vantaan Energia Sähköverkot Oy, Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2016, 102 s.
- [7] Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 66/2009. [viitattu 5.2.2018]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090066>
- [8] Energiateollisuus, Sähköntoimituksen laatu- ja toimitustapavirheen sovellusohje. [viitattu 17.1.2018]. Saatavissa: [https://energia.fi/files/881/Sahkontoimituksen\\_laatu\\_ja\\_toimitustapavirheen\\_sovellusohje\\_2014.pdf](https://energia.fi/files/881/Sahkontoimituksen_laatu_ja_toimitustapavirheen_sovellusohje_2014.pdf)
- [9] A. Tainio, Mittaustiedon hallinta ja hyödyntäminen sähkömarkkinoilla, Opinnäytetyö, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2013, 113 s.
- [10] M. Piispanen, Synergioiden saavutettavuus automaattisessa mittarinluennassa sähkö, kaukolämpö- ja vesihuolto-yhtiöiden välillä, Diplomityö, Aalto-yliopisto, 2010, 91 s.
- [11] M. Miettinen, Sähkömagneettinen yhteensopivuus sähköverkkotiedonsiirrossa, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, 2016, 80 s.
- [12] O. Salonen, Sähkön kysyntäjoustopuormanoijain tekniset toteutusmallit pienkiinteistöissä, Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2017, 107 s.

- [13] J. Kuokkanen, Mittarointiprojektin asennuslaadun valvonnan jalkautus ja kehitys, Insinöörityö, Metropolia ammattikorkeakoulu, 2012, 45 s.
- [14] T. Aalto, Mittaustiedonhallinnan tietojärjestelmien tiedonsiirto-ongelmat, Opinnäytetyö, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2013, 39 s.
- [15] T. Karkkulainen, Sähkölaitteiden kaukoluennan kannattavuus ja käyttöönotto sähköverkkoyhtiössä, Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2005, 123 s.
- [16] T. Kukkonen, Energiamittauksen laadun kehittäminen, Insinöörityö, Metropolia Ammattikorkeakoulu, 2015, 74 s.
- [17] L. Partanen, Sähköenergian hinnoittelu ja mittaaminen pienjännitepuolella, Opinnäytetyö, Karelia-ammattikorkeakoulu. 2015, 38 s.
- [18] Sopimus sähkömittareiden etäluentapalvelusta ja noudatettavista palvelutasoista, Eltelin ja tilaajan välinen palvelusopimus.
- [19] Sopimus sähkömittareiden asennus- ja tarkastuspalvelusta, Eltelin ja tilaajan välinen palvelusopimus.
- [20] J. Larinkari, Palvelusektorin sähkökäytön tutkiminen tuntimittaustietojen avulla, Diplomityö, Aalto-yliopisto, 2012, 89 s.





