

OULUN YLIOPISTO  
UNIVERSITY of OULU

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

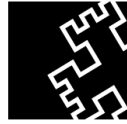
**Etäluettavien vesimittareiden käyttö kiinteistökohtai-  
sessa vedenmittauksessa**

Aki Vähäsöyrinki

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Diplomityö

Elokuu 2015



OULUN YLIOPISTO  
UNIVERSITY of OULU

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **Etäluettavien vesimittareiden käyttö kiinteistökohtaisessa veden mittauksessa**

Aki Vähäsöyrinki

Ohjaajat:

TkT Pekka Rossi, Oulun yliopisto

DI Toni Huuha, Ylivieskan Vesiosuuskunta

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Diplomityö

Elokuu 2015

# Tiivistelmä

## opinnäytetyöstä

Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö) Ympäristötekniikka		Pääaineopinnojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä Vähäsöyrinki, Aki Tuomas		Työn ohjaaja yliopistolla TkT Rossi P.	
Työn nimi Etäluettavien vesimittareiden käyttö kiinteistökohtaisessa veden mittauksessa			
Opintosuunta Vesi- ja yhdyskuntatekniikka	Työn laji Diplomityö	Aika Elokuu 2015	Sivumäärä 97 s., 3 liitettä
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä diplomityössä selvitettiin kiinteistökohtaisten etäluettavien vesimittareiden vaikutuksia vesihuoltolaitoksen toimintaan. Muutamat Suomen vesihuoltolaitoksista ovat aloittaneet mittareiden etäluentaan siirtymisen ja tällä hetkellä laitokset lukevat asennetut etäluettavat vesimittarinsa henkilöautosta mittarin ohi ajaen. Yksittäisen poikkeuksen tekee Forssan vesihuoltoliikelaitos, jolla on radiolinkkiverkon rakentaminen käynnissä ja sen tulisi olla valmis vuoden 2015 aikana. Radiolinkkiverkon kautta vedenkulutustietoa saadaan suoraan mittareilta vesihuoltolaitokselle.</p> <p>Diplomityön päätavoitteena oli laskea ja arvioida, onko vesihuoltolaitoksella kokonaistaloudellisesti perusteltua siirtyä perinteisistä mekaanisista mittareista ja perinteisestä luentatavasta ultraääniperiaatteella toimiviin etäluettaviin mittareihin ja täysin erilaiseen luentatapaan, jossa mittarit luetaan niiden ohi ajamalla. Ensimmäisenä osatavoitteena oli selvittää kiinteistökohtaisten etäluettavien vesimittareiden vaikutukset vesijohtoverkoston hydrauliseen hallintaan esimerkkikohteessa. Muita osatavoitteita olivat etäluettavien vesimittareiden aiheuttamien muiden hyötyjen ja mahdollisuuksien selvittäminen vesihuoltolaitoksen toimintoihin sekä Suomen markkinoilla toimivien mittareiden ja luontajärjestelmien toimittajien selvittäminen. Lisäksi osatavoitteena oli kartoittaa vesihuoltolaitoksen yhteistyömahdollisuuksia esimerkiksi sähkö- ja energia-yhtiöiden kanssa etäluennan toteuttamiseksi.</p> <p>Suomessa etäluettaviin vesimittareihin ja niiden mahdollistamiin hyötyihin liittyviä julkisia selvityksiä ja tutkimuksia on toistaiseksi tehty vielä vähän. Osaksi juuri tämän takia työhön sisällytettiin runsaasti puhelin- ja sähköpostikeskusteluissa läpikäytyjä asioita, joiden pohjalta voitiin arvioida kokonaistaloudellista kannattavuutta sekä mittareiden aiheuttamia hyötyjä. Tietoa etsittiin myös kirjallisuudesta sekä kasvatusten suoritetuilla haastatteluilta. Vesijohtoverkoston hydraulisen hallinnan tutkimusalueena toimi Ylivieskan Vesiosuuskunnan toiminta-alueella sijaitseva vedenmittausalue, jonne paineenkorotuspumpulla pumpattu vesimäärä voitiin nähdä litran tarkkuudella tunneittain Ylivieskassa sijaitsevassa kaukovalvontapisteessä. Kun alueelle pumpattu vesimäärä tunnettiin ja kiinteistökohtaista vedenkulutusta seurattiin litran tarkkuudella kahden eri vuorokauden ajan tuntitasolla sekä kahden kuukauden ajan vuorokausitasolla, voitiin laskea vesijohtoverkoston alueellinen vedenkulutus eri pituisille aikajaksoille vesitaseyhtälön avulla.</p> <p>Tehtyjen laskelmien perusteella voitiin todeta, että siirtyminen ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden luentaan mittareiden ohi ajamalla voidaan perustella taloudellisesti, jos vesihuoltolaitoksella on ollut tapanaan lukea mekaaninen vesimittarikantansa itse esimerkiksi neljän vuoden välein. Kokonaistaloudellisen kannattavuuden laskemiseen sekä arviointiin vaikuttavat kuitenkin useat eri tekijät ja sitä tulisi arvioida aina laitoskohtaisesti. Suurimmat erot mittareiden välillä aiheutuvat eri pituisista laskennallisista käyttövuosista ja sitä kautta muodostuvista vuosittaisista mittarinvaihtovolyymeistä, kokonaishankintahinnoista sekä mittareiden luennasta aiheutuvista kustannuksista.</p> <p>Alueellisella kiinteistöjen vuorokausikohtaisella vedenkulutuksen seurannalla voidaan parantaa verkostonhallintaa, jos tunnetaan myös alueelle pumpattu vesimäärä. Tehdyn tutkimuksen mukaan Ylivieskan Vesiosuuskunnan Säilynerän vesijohtoverkosto on tällä hetkellä hyväkuntoinen, sillä vuotovettä muodostuu keskimäärin vain noin 0,1 m<sup>3</sup>/verkosto-km vuorokaudessa. Jos halutaan minimoida kiinteistön sisäpuolisia vuotovahinkoja, vuorokausitasoinen data ei ole tällöin riittävää. Sen sijaan tuntitasoisella vedenkulutuksen seurannalla voidaan seurata tarkemmin kiinteistökohtaista vedenkulutusta, jolloin vuotoja voidaan ehkäistä ja niiden aiheuttamia vuotovahinkoja minimoida. Myös vuodon alkamisajankohta voidaan osoittaa huomattavan tarkasti. Tutkimuksessa tämä voitiin konkreettisesti huomata, kun tutkimusalueen erään kiinteistön vedenkulutus oli ensimmäisenä mittauspäivänä jatkuvasti vähintään 12 l/h. Syyksi paljastui vuotava WC-istuin.</p> <p>Etäluettavien vesimittareiden luentayhteistyömahdollisuuksia aloitettiin kartoittamaan tarkemmin sähkö- ja energia-yhtiö Herrforsin kanssa ja sähkömittareihin asennettavia moduuleja on tarkoitus asentaa kokeille useampia. Sähkömittarin kautta ei ole kuitenkaan mahdollista lukea nykyisistä etäluettavista vesimittareista kuin vuorokausikohtaisia kulutuslukemia, sillä vesimittarit tallentavat vain vuorokausikohtaista dataa ja sähkömittarit luetaan vain kerran vuorokaudessa.</p> <p>Muita tietoja</p>			

# Abstract for thesis

University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis)		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Environmental engineering			
Author		Thesis Supervisor	
Vähäsöyrinki, Aki Tuomas		PhD (tech.) Rossi P.	
Title of Thesis			
The use of smart water meters in households in Finland			
Major Subject	Type of Thesis	Submission Date	Number of Pages
Water and civil engineering	Master's Thesis	August 2015	97 p., 3 App.
Abstract			
<p>The aim of this Master's Thesis was to determine the effects of residential smart water meters to the operation of water utilities. At present in Finland a few water utilities have started to move in on smart metering and these utilities read the smart meters from a car with drive-by meter reading solutions. A single exception is a water utility in Forssa, which has started to build a radio-link network and it should be ready within this year 2015. Via the radio-link network the data of residential water consumption will move straight to the water utility.</p> <p>The primary aim of this study was to calculate and estimate if it is economically justified to change conventional mechanical water meters and conventional reading methods for the meters, which measure water volume by ultrasonic technique and are read in a different way by a remote reading device installed in a vehicle. The first part aimed to determine the effects of residential water meters to the hydraulic management of a water supply network. Additionally, other goals of the thesis were to determine if there were more benefits and potentials of smart water meters to the operation of water utilities and to determine the suppliers of meters and intelligent networks in Finland's market. Also the thesis aimed to determine cooperation possibilities for example with electric and energy companies in the reading of smart meters.</p> <p>At the present moment public studies and reports about smart water meters and their potential are scarce in Finland. Partly because of that many phone and email interviews were included in this study. These interviews were the basis in the estimation of cost-effectiveness and benefits of ultrasonic smart water meters. Information was also searched from literature and gathered from face to face interviews. The water-gauging area of Ylivieskan Vesiosuuskunta operated as a study area for the hydraulic management of a water supply network. The volume of pumped domestic water by a booster pump could be seen hourly from a telemonitoring office situated in Ylivieska with an accuracy of a liter. The volume of pumped domestic water was known for every hour and the residential water consumption was followed hourly for two days and during another two months on a daily basis. From this data the consumption of domestic water in a distribution system could be calculated for different time periods in the water consumption area.</p> <p>Based on calculations it could be noted, that the reading of ultrasonic smart water meters by a remote reading device installed in a vehicle can be justified economically, if the water utility has before read the mechanical water meters in person for example at intervals of four years. Various factors affect to the calculations and estimations of smart meter cost-effectiveness and because of that, it should be estimated always individually for different water utilities. The largest differences between the meter types are caused by different computational life expectancies which affect the total amount of meters to be changed every year, the total purchase price of meters and the costs of meter readings.</p> <p>The hydraulic management of a water supply network can be improved by following the daily regional residential water consumption, if the volume of pumped water is also known. Based on this study, the water distribution system of Säilynpöytä is in a good condition at the moment, because the amount of leaking water is on average only 0,1 m<sup>3</sup>/km/d. If the leaks are aimed to be minimized inside properties, daily data is not accurate enough. By acquiring hourly water consumption data more accurate water consumption in properties can be seen. Hourly data would help to reveal leakages to minimize damages. Also the starting time of a leakage can be indicated accurately. This was noticed in the Ylivieska case study, where water consumption of a property was in the first hourly gauging-day continuously at least 12 l/h. A leakage was found that was caused by a toilet-seat.</p> <p>The possible collaboration in the reading of smart meters was determined together with a local electric and energy company Herrfors and modules which are installed inside an electricity meter will be put in place to test them. Via an electricity meter it is only possible to read the daily water consumption, because current smart water meters save only daily data and electricity meters are read only once per day.</p>			
Additional Information			

## **Alkusanat**

Tämä diplomityö on tehty Ylivieskan Vesiosuuskunnalle ja tietoa siihen on kerätty eri tahoilta syksystä 2014 saakka. Ylivieskan Vesiosuuskunnan lisäksi työn rahoittajina ovat toimineet Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto, Maa- ja vesitekniikan tuki ry., Finanssialan Keskusliitto, Kamstrup A/S sekä Pohjois-Suomen Vesivaliokunta, joille esitän kiitokseni tämän työn mahdollistamisesta. Diplomityön aihe oli erittäin mielenkiintoinen, sillä etäluettavat vesimittarit ja siihen liittyvä muu toiminta kehittyy jatkuvasti.

Suuren kiitoksen haluan esittää Ylivieskan Vesiosuuskunnan toimitusjohtaja Toni Huuhalle, joka toimi tämän mielenkiintoisen diplomityön aiheen keksijänä, ohjaajana sekä tarkastajana. Kiitos kuuluu myös Oulun yliopiston vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmän tekniikan tohtori Pekka Rossille työni ohjaamisesta ja tarkastamisesta. Lisäksi ohjausta ja neuvoja työhön antoivat Ylivieskan Vesiosuuskunnan ammattitaitoinen henkilökunta, jota haluan kiittää myös edeltävistä kesäharjoitteluaajoista. Sain paljon hyödyllistä oppia ja arvostamaani käytännön työkokemusta vesihuoltoon liittyen.

Opiskeluaikani päättyy ainakin tältä erää ja haluan kiittää ”sisäpiirin innovaattoreita” mukavista hetkistä yliopistolla ja sen ulkopuolella. Erityiskiitoksen esitän avovaimolleni sekä perheelleni, jotka ovat tukeneet minua aina.

Oulussa, 28.8.2015

Aki Vähäsöyrinki

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Sisällysluettelo

Merkinnät ja lyhenteet

1 Johdanto .....	11
2 Kiinteistökohtainen vedenmittaus .....	14
2.1 Perusteet vedenkulutuksen mittaukselle .....	14
2.2 Perinteiset mekaaniset vesimittarit .....	16
2.3 Älykkäät etäluettavat vesimittarit .....	18
2.3.1 Termit ja määritelmät .....	18
2.3.2 Mittareiden ja luentajärjestelmien käyttö .....	19
2.3.3 Etäluentaominaisuudella varustetut mekaaniset mittarit Suomessa .....	22
2.3.4 Ultraääniperiaatteella toimivat etäluettavat vesimittarit .....	23
2.3.5 Etäluentajärjestelmät ja vaihtoehtoiset luentamenetelmät .....	26
2.3.6 Ultraäänivesimittareiden ja etäluentajärjestelmien toimittajat .....	29
2.4 AMR-tekniikalla toteutettavan luennan hyödyt .....	32
2.5 AMI-tekniikalla toteutettavan luennan potentiaaliset hyödyt .....	33
2.5.1 Kiinteistökohtaisten vuotovahinkojen torjunta .....	35
2.5.2 Vesijohtoverkoston hydraulinen hallinta ja verkoston vedenkulutus .....	36
2.5.3 Mitatun datan hyödyntäminen vesijohtoverkoston mallintamisessa .....	40
2.6 Viemäriverkoston hallinta .....	41
3 Ylivieskan Vesiosuuskunnan tutkimus .....	43
3.1 Ylivieskan Vesiosuuskunta .....	43
3.1.1 Yritysesittely .....	43
3.1.2 Vesijohtoverkoston mittaukset ja kaukovalvonta .....	43
3.1.3 Kiinteistökohtaiset etäluettavat vesimittarit .....	45
3.2 Sähkö- ja energiamittareiden etäluenta Ylivieskassa .....	45
3.3 Tutkimuksen suorittaminen ja siinä käytetyt menetelmät .....	47
3.3.1 Tutkimuskuvaus .....	47
3.3.2 Vedenmittausalueen valinta ja sen kuvaus .....	47
3.3.3 Vuorokausikohtainen vesitase .....	51
3.3.4 Tuntikohtainen vesitase .....	52
3.3.5 AMR – etäluennan kokonaistaloudellinen kannattavuus .....	53

4 Tutkimustulokset ja tulosten tarkastelu.....	56
4.1 Vuorokausikohtainen vesitase.....	56
4.1.1 Tutkimustulokset .....	56
4.1.2 Pohdintaa .....	59
4.2 Tuntikohtainen vesitase.....	61
4.2.1 Tutkimustulokset .....	61
4.2.2 Pohdintaa .....	69
4.4 AMR -etäluennan kokonaistaloudellinen kannattavuus.....	71
4.4.1 Skenaario 1 .....	71
4.4.2 Skenaario 2 .....	74
4.4.3 Skenaario 3 .....	77
5 Johtopäätökset ja suositukset .....	81
6 Yhteenveto .....	86
Lähdeluettelo.....	89

#### LIITTEET:

Liite 1. Säilynerän vedenmittausalueen vuorokausikohtaisia tietoja 13.6. – 19.7.2015.

Liite 2. Säilynerän vedenmittausalueen vuorokausikohtaisia tietoja 19.5. – 11.6.2015.

Liite 3. Säilynerän vedenmittausalueelle pumpatut tuntikohtaiset vesimäärät, tuntikohtaiset kulutukset sekä tuntikohtaiset vuotovesien määrät.

## Merkinnät ja lyhenteet

2G	<i>(Second Generation)</i> Nimitys toisen sukupolven matkapuhelinteknologioille
3G	<i>(Third Generation)</i> Nimitys kolmannen sukupolven matkapuhelinteknologioille
4G	<i>(Fourth Generation)</i> Nimitys neljännen sukupolven matkapuhelinteknologioille
A	Vesimittarin mittaososan poikkipinta-ala
AMI	<i>(Advanced Meter Infrastructure)</i> Mittarinluentainfrastruktuuri, jonka avulla kulutuslukemat saadaan siirrettyä haluttuun paikkaan
AMR	<i>(Automatic Meter Reading)</i> Automaattinen mittarinluenta mittarin ohi ajavasta autosta tai mittarin lähettyviltä
ANN	<i>(Artificial Neural Network)</i> Matemaattinen algoritmi, jota voidaan hyödyntää muun muassa vedenkulutuksen mallintamisessa
CE	<i>(Conformité Européenne)</i> CE-merkintä ilmoittaa, että tuote täyttää Euroopan unionin vaatimukset
DN	Vesimittarin kokoluokan ilmoittamisessa käytettävä arvo mittaososan sisähalkaisijasta mitattuna. DN-koko voidaan muuntaa millimetreiksi muuntotaulukon avulla
DTW	<i>(Dynamic Time Warping)</i> Matemaattinen algoritmi, jota voidaan hyödyntää muun muassa vedenkulutuksen mallintamisessa
EWP	<i>(European Water Partnership)</i> Euroopassa toimiva avoin foorumi eri sidosryhmille vesiongelmien liittyvien haasteiden ratkaisemiseksi
EY	Euroopan Yhteisö
GPRS	<i>(General Packet Radio Service)</i> Pakettikytkennäinen tiedonsiirtopalvelu, joka toimii toisen sukupolven matkaviestintäverkossa
GSM	<i>(Global System for Mobile communications)</i> Toisen sukupolven matkapuhelinjärjestelmä
HMM	<i>(Hidden Markov Model)</i> Matemaattinen algoritmi, jota voidaan hyödyntää muun muassa vedenkulutuksen mallintamisessa
ICT	<i>(Information and Communications Technology)</i> Tieto- ja viestintätekniiikka
ILI	<i>(Infrastructure Leakage Index)</i> Vesijohtoverkoston vuotavuusindeksi
IWA	<i>(The International Water Association)</i> Kansainvälinen vesiyhdistys

IWN	<i>(Intelligent Water Networks)</i> Etäluettavien vesimittareiden liittäminen osaksi liiketoimintaprosessia ja suunnittelua sekä vedenkulutustiedon hyödyntämistä toimintastrategian luomisessa ja investointien suunnittelussa
<i>Lm</i>	Vesijohtoverkoston kokonaispituus
<i>Lp</i>	Tonttijohtojen yhteispituus
M-Bus	<i>(Meter-Bus)</i> Tietoväylätekniikka, jota käytetään mittarinluennassa
Mesh	Mesh-verkossa laitteet muodostavat vapaasti toistensa välille yhteyksiä mukautuen eri tilanteisiin, kuten yksittäisen päätelaitteen rikkoutumiseen
MID	<i>(Measuring Instrument Directive)</i> Mittauslaitedirektiivi
MUC	<i>(Multi Utility Controller)</i> Kamstrupin toimittama luentamoduuli mittareiden yhteisluentaan
Mvp	Metriä vesipatsasta
<i>Nc</i>	Tonttijohtojen lukumäärä
<i>P</i>	Keskimääräinen vesijohtoverkoston paine
PE	<i>(Polyethylene)</i> Polyeteeni
PLC	<i>(Power Line Communication)</i> Sähköverkkotiedonsiirto
Q	Vesimittarin tilavuusvirta
Q <sub>1</sub>	Pienin vesimittarin tilavuusvirran mittaussarvo, jolla virherajat eivät ylitä
Q <sub>2</sub>	Vesimittarin välirajan tilavuusvirta, joka on pienimmän ja jatkuvan tilavuusvirran välissä olevan tilavuusvirran arvo. Tilavuusvirta-alue on jaettu ala- ja yläalueeksi, joilla molemmilla on suurimmat sallitut virheensä
Q <sub>3</sub>	Vesimittarin suurin sallittu jatkuva tilavuusvirta, jolla mittari toimii tyydyttävästi. Tilavuusvirrasta voidaan käyttää myös merkintää Q <sub>n</sub> , joka tarkoittaa nimellistilavuusvirta-aluetta.
Q <sub>4</sub>	Ylikuormitustilavuusvirta on suurin tilavuusvirta, jolla mittari toimii lyhyen ajan tyydyttävällä tarkkuudella
RF	<i>(Radio Frequency)</i> RF-keskitin toimii linkkinä etäluettavan mittarin ja yrityksen välillä, kun taas RF-reititin vahvistaa radiosignaalin kuuluvuutta mittarin ja keskittimen välillä
SWN	<i>(Smart Water Metering)</i> Mittausdatan integrointi osaksi liiketoimintaa (esimerkiksi laskutusjärjestelmään) ja datan jakaminen asiakkaan kanssa
<i>v</i>	Veden nopeus vesimittarin mittaussosan poikkipinta-alan kohdalla
<i>vvv</i>	Väistämätön vuotuinen vuotovesi

ZigBee Avoimeen tiedonsiirtostandardiin perustuva radioverkkotekniikka automaattiseen mittarinluentaan

# 1 Johdanto

Vesivarojen käyttö ja niiden tehokkaampi kohdentaminen ovat nousemassa yhä tärkeämmäksi asiaksi maapallolla. Noin 800 miljoonaa ihmistä maapallolla kärsii puhtaan juomaveden puutteesta ja perussanitaatio puuttuu jopa 2,5 miljardilta ihmiseltä (Katko ym. 2015).

Brysselissä toimivan European Water Partnershipin (EWP) johtaja Sergey Morozin mukaan tulevaisuudessa vettä tulee pystyä hallinnoimaan samalla tavalla kuin pankit hallinnoivat varantojaan. Tämä edellyttää tarkempien mittaustekniikoiden ja kattavampien hallintajärjestelmien jatkuvaa kehittämistä, jotta tiedetään, paljonko vettä on saatavilla ja paljonko sitä voidaan kuluttaa. (Puoskari 2014)

Suomalainen on tottunut saamaan vetensä hanasta aina tarpeen vaatiessa ja keskiverto ihminen käyttääkin vettä noin 155 litraa vuorokaudessa (Motiva 2014). Samanaikaisesti vesihuoltolaitokset ovat suurten muutosten kynnyksellä, sillä ikääntyvä vesijohtoverkosto asettaa paineita saneerausvelan taltuttamiseksi ja laitosten tulisi kyetä takaamaan asiakkailleen korkealaatuista vettä kustannustehokkaasti ja toimintavarmasti (Kuokkanen & Puttonen 2014). Vesihuoltotekniikan professori Riku Vahalan mukaan omaisuuden hallinnan kannalta ei riitä enää tieto, kuinka paljon rapistuvaa vesihuoltoverkostoa tulisi korjata, vaan vesihuoltolaitosten pitäisi tietää myös missä, milloin ja millä menetelmillä tulisi korjata (Häyrynen 2015). Myös ihmisten kulutustietoisuus lisääntyy ja vaatimukset senkin täyttämiseksi kasvavat (Kuokkanen & Puttonen 2014; Motiva 2014).

Kiinteistö- ja rakennusalalla lähestymme parhaillaan digitaalisuuden aikakautta, jossa saatavilla oleva data on palveluiden polttoainetta. Samalla sen luokittelu ja analysointi korostuu. Digitaalisuus tarjoaa myös vesihuoltokentälle reaaliaikaisuutta, virheettömyyttä, vain kerran tehtävän tallentamisen ja täydellisen dokumentaation mahdollisuuden. (ROTI 2015, s. 41) Käytännössä tämä voi tarkoittaa etäluettavien vesimittareiden ja niiden langattomien etäluentajärjestelmien hyödyntämistä kiinteistökohtaisessa vedenmittauksessa.

Veden tarkemmat ja kehittyneemmät mittaustekniikat tarjoavat mahdollisuuksia tehostaa vesivarojen kohdentamista sekä vesijohtoverkoston hallintaa. Niinpä etäluettavat vesimittarit sekä niiden etäluentajärjestelmät ovatkin kovaa vauhtia yleistymässä ympäri maailmaa. Myös Suomessa etäluettavat vesimittarit ovat alkaneet yleistymään perinteisten mekaanisten mittareiden rinnalla kiinteistökohtaisessa vedenmittauksessa. Etäluentan esiinmarssi vesihuoltoalalla on kuitenkin vielä alkuvaiheessa varsinkin kehittyneiden etäluentajärjestelmien osalta.

Etäluettavalla tai älykkäällä vesimittarilla (Smart meter) tarkoitetaan mittaria, jossa on erilaisia tarkoituksia palvelevaa laskentakapasiteettia sekä muistia kulutustietojen säilyttämiseen (Koponen ym. 2008, s. 10). Mittareiden etäluennalla tarkoitetaan kulutuslukemien siirtoa etäluettavalta vesimittarilta jakeluyhtiön mittaustietokantaan tiedonsiirtoverkkoja hyväksi käyttäen (Piispanen 2010, s. 1).

Vesihuoltolaitoksien johtajat maailmalla uskovat vakaasti etäluentajärjestelmien välitömiin hyötyihin ja taloudellisuuteen. Ulkoiset tekijät, kuten ilmastonmuutoksen vaikutukset, kuivuus, väestönkasvu sekä kaupungistuminen ovat lisänneet vesihuoltopalveluiden tuottajien tarvetta ottaa käyttöön kestävämpiä lähestymistapoja kaupunkien vesihuoltoon. Kustannuksien kattaminen, vuotovesien kontrollointi ja asiakkaiden vaatimukset kohtuullisista vesilaskuista sekä moitteettomasta asiakaspalvelusta ovat eräitä keskeisiä vesihuollon nykyhaasteita. (Boyle ym. 2013, s. 5)

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää etäluettavien vesimittareiden kokonaistaloudelliset vaikutukset vesihuoltolaitoksen toimintaan perinteisiin mekaanisiin vesimittareihin verrattuna. Ensimmäisenä osatavoitteena oli selvittää etäluettavien vesimittareiden vaikutukset alueelliseen vesijohtoverkoston hallintaan. Toisena osatavoitteena oli selvittää etäluettavien vesimittareiden vaikutukset ja mahdollisuudet vesihuoltolaitoksen toimintoihin. Kolmantena osatavoitteena oli selvittää ja etsiä tietoa etäluettavien vesimittareiden luentajärjestelmistä sekä niiden toimittajista. Myös yhteistyömahdollisuuksia esimerkiksi energiayhtiön kanssa oli tavoitteena kartoittaa.

Tutkimusmenetelminä käytettiin tiedon keräämisen monenlaisia muotoja, koska kiinteistökohtaiseen vedenmittaukseen liittyen on vain hyvin rajallinen määrä julkisia lähteitä saatavilla. Tietoa etsittiin kirjallisuuden lisäksi paikan päällä suoritetuilla haastatteluilta sekä puhelin- ja sähköpostihaastatteluilla. Haastatteluista kohdennettiin vesihuolto-

laitoksille, vesimittareiden toimittajille ja huoltoliikkeille sekä etäluentaratkaisuiden kehittäjille.

Kiinteistökohtaisten etäluettavien vesimittareiden vaikutuksia alueelliseen vesijohtoverkoston hallintaan selvitettiin Ylivieskan Vesiosuuskunnan Säilynperän vedenmittausalueella. Vedenmittausalueen tuntikohtaisen ja vuorokausikohtaisen vesitaseen määrittämiseksi Säilynperän jokaiseen kiinteistöön asennettiin ultraääniperiaatteella toimiva etäluettava vesimittari. Tuntikohtaisen vedenkulutustiedon saamiseksi vesimittareiden lähettämät kulutuslukemat kerättiin tunnin välein henkilöautolla mittarin ohi ajaen ja lukemia kerättiin kahtena eri vuorokautena kesällä 2015. Vedenmittausalueelle pumpattu vesimäärä nähtiin Ylivieskan Vesiosuuskunnan kaukovalvontapisteeltä jopa litran tarkkuudella tunneittain. Vuorokausikohtaisen vesitaseen määrittämiseksi kahden kuukauden ajalle etäluettavien vesimittareiden tallentamat kulutuslukemat voitiin käydä lukemassa jälkeinpäin, kun taas alueelle pumpattu vesimäärä nähtiin samalla tavoin kuin tuntikohtaisenkin vesitaseen määrittämisessä.

## 2 Kiinteistökohtainen vedenmittaus

### 2.1 Perusteet vedenkulutuksen mittaukselle

Vesihuoltolaitos perii maksuja, joilla voidaan kattaa uus- ja korjausinvestoinnit sekä kustannukset pitkällä aikavälillä. Maksut koostuvat käyttömaksuista, liittymismaksuista sekä perusmaksuista. Käyttömaksu koostuu kiinteistön kuluttamasta talousvedestä ja poisjohdettavasta jäteveden määrästä. Käyttömaksuun voi vaikuttaa lisäksi jäteveden poikkeuksellinen laatu ja sitä voidaan perii myös hulevesien viemäröinnistä. (Hollo 2014, s. 216)

Kiinteistökohtainen vedenkulutuksen mittaus on välttämätöntä, jotta vesihuoltolaitos voi laskuttaa käyttömaksun oikeudenmukaisesti (Kajosaari 1981, s. 199). Talousveden kulutusta mitataan vesihuoltolaitoksen toimesta mittareilla, joiden toiminta voidaan mitausperiaatteella jaotella hydraulisiin, magneettisiin, elektromagneettisiin tai ultraäänimenetelmiin. Yleisimmät vedestä mitattavat hydrauliset suureet ovat virtaama, paine ja nopeus. (Karttunen 1998, s. 40) Vesihuoltolaitoksen asiakkaiden vedenkulutusta mitataan tavallisesti mekaanisella mittausperiaatteella toimivalla vesimittarilla ja nykyisin yhä enemmän myös ultraäänimenetelmällä toimivalla vesimittarilla. Molempien vesimittarityyppien toiminta perustuu tilavuusvirran kaavaan (Karttunen 1998, s.45). Tilavuusvirta voidaan määrittää kaavalla (1):

$$Q=Av, \tag{1}$$

missä  $Q$  on tilavuusvirta [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],

$A$  on mittausosan poikkipinta-ala [ $\text{m}^2$ ] ja

$v$  on veden nopeus mittausosan poikkipinta-alan kohdalla [ $\text{m/s}$ ].

Mittauslaitelaki 707/2011 tuli voimaan 1.7.2011 alkaen ja sen tavoitteena on turvata mittauslaitteiden toiminnan sekä mittausmenetelmien ja -tulosten luotettavuus. Laki perustuu Euroopan unionin mittauslaidirektiiviin ja mittauksia koskevan lainsäädännön osalta uusi laki korvaa vanhan vakauslain 219/1965. Mittauslaitelaki velvoittaa las-

kuttajaa, eli vesihuoltolaitosta huolehtimaan mittauslaitteen luotettavuudesta koko käytön ajan riippumatta mittarin omistajasta. Lain noudattamista valvovat Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) sekä aluehallintovirastot. (Tukes 2011)

Mittauslaitedirektiivi (Measuring Instrument Directive, MID) tuli voimaan 30.4.2004 ja sen soveltaminen alkoi 30.10.2006 kaikissa Euroopan unionin jäsenmaissa. Soveltamiselle annettiin myös 10 vuoden siirtymäaika, jonka aikana markkinoille on voitu tuoda myös mittauslaitteita, jotka ennen direktiivin soveltamista täyttivät vaatimukset ja niiden tyyppihyväksyntä on voimassa kyseisen 10 vuoden ajan. Mittauslaitedirektiivi koskettaa muun muassa polttoainemittareita, taksimittareita sekä vesi-, kaas- ja sähköenergiamittareita ja vesimittareiden osalta sitä täydentävät standardit sekä harmonisoidut dokumentit. (Tukes 2012)

Direktiivi määrittää vesimittarin olevan laite, joka mittaa, tallentaa ja näyttää mittausmuuntimen läpi virranneen vesimäärän tilavuuden. Mittauslaitedirektiivi määrittää vesimittarille tilavuusvirrat, eli pienimmän tilavuusvirran ( $Q_1$ ), välirajan tilavuusvirran ( $Q_2$ ), jatkuvan tilavuusvirran ( $Q_3$ ) sekä ylikuormitustilavuusvirran ( $Q_4$ ). Direktiivi edellyttää, että mittarinvalmistajan on määritettävä vesimittarin painealue, lämpötila-alue, virtalähde sekä suurimmat sallitut virheet. (Mittauslaitedirektiivi 2004/22/EY)

Vesimittarin tulee olla tyyppihyväksytty, jotta sitä voidaan käyttää laskutuksen perusteena. Uusien käyttöön otettavien vesimittareiden on oltava 30.10.2016 jälkeen MID -tyyppihyväksytyjä, mutta sitä ennen myös EY-tyyppihyväksytyjä (Euroopan Yhteisö) vesimittareita saa pitää markkinoilla ja ottaa käyttöön. MID -tyyppihyväksyntä muuttaa vesimittareiden tilavuusvirtaamien merkintätapoja, kuten edellä mainittiin, ja varustaa mittarit CE -merkinnällä (Conformité Européenne), mutta itse mittarin toimintaan se ei vaikuta. (Tukes 2013)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 (2007, s. 11) mukaisesti kiinteistön vesimittari tulisi sijoittaa paikkaan, jossa sille on varattu ohjeessa esitetty riittävä määrä tilaa siten, että asennus-, huolto- ja vaihtotoimenpiteet ovat helposti suoritettavissa. Mikäli mahdollista, vesimittari asennetaan välittömästi perusmuurin sisäpuolelle huonetilaan, jossa on lattiakaivo. Huonetila on yleensä niin sanottu tekninen tila, johon on sijoitettu tavallisesti myös muun muassa sähkö- ja kaukolämpömittarit. Jollei toisin mainita, kiinteistön vesimittarin varusteineen asentaa aina vesihuoltolaitos ja pääsääntöisesti se

myös omistaa mittarin. Usein vesimittarin liitostyöhön käytetyt osat, kuten liitoskappalet ja takaiskuventtiili, jäävät kiinteistön omistajan omaisuudeksi.

Tammikuussa 2011 Ympäristöministeriön määräyksen mukaisesti Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 (2010) muutos tuli voimaan siten, että uuteen kiinteistöön, jossa on useampi huoneisto, tulee asentaa päävesimittarin lisäksi myös huoneistokohtaiset vesimittarit. Vastaavanlainen säädös astui voimaan myös korjausrakentamiseen 1.9.2013 alkaen (Kihl & Mononen 2014). Sekä tulevan kylmän että lämpimän käyttöveden mittaaminen tulee olla laskutuksen perusteeksi soveltuvaa ja huoneistokohtaisten vesimittareiden toiminnasta vastaa lähtökohtaisesti kiinteistön omistaja.

## **2.2 Perinteiset mekaaniset vesimittarit**

Mekaaniset vesimittarit voidaan jaotella yksi- ja monisuihkuisiin sekä turbiinityypisiin vesimittareihin (Harju 2006, s. 30). Mittari näyttää kumulatiivisen vedenkulutuksen litroina ja sen kerrannaisina ja sen oleelliset osat koostuvat virtausmittausosassa olevista siipipyörästä ja summanäytöstä sekä virtauskammiosta ja siinä olevasta suodatimesta (Harju 2006, s. 30; Armatec 2012, s. 1). Mekaanisten vesimittareiden valmistusmateriaali riippuu sen koosta, mutta nykyään yleisin materiaali on pallografiittirauta. Muita materiaaleja ovat messinki, punametalli ja valurauta. (Kekki ym. 2007, s. 66)

Mekaanisen vesimittarin toiminta perustuu veden virtauksen aiheuttamaan siipipyörän pyörimiseen. Yksi- ja monisuihkuisissa mittarityypeissä vesisuihku- tai suihkut saavat tangentiaalisesti aikaan siipipyörän pyörimisen, kun taas turbiinityypisen mittarin siipipyörän akseli on virtauksen suuntaisesti ja pyöriminen aiheutuu johtosiipiin kohdistuvasta virtauksesta. Siipipyörän pyöriminen saa aikaan mittarilukeman kasvua rumpulasurissa ja summanäytössä. (Harju 2006, s. 30)

Mekaanisten vesimittareiden keskimääräisenä käyttöikänä on pidetty pienimmillä vesimittareilla (DN 20) esimerkiksi kymmentä vuotta (Osuuskunta Valkeavesi 2015) tai kahdeksaa vuotta (Viitanen 2015, s. 24) toimintahäiriöiden välttämiseksi. Suurkuluttajan vesimittarin (DN 25-40) vaihtoväli on lyhempi, esimerkiksi viisi vuotta. (Keravan Vesihuolto 2015; Armatec 2012, s. 3) Mittarityypin ongelmiksi saattavat muodostua käyntiinlähtökynnyksen kohoaminen mittarin likaantuessa ja ikääntyessä, alttius me-

kaanisille epäpuhtauksille sekä epälineaarinen ominaiskäyrä (Säteri 1997, s. 45). Myös mekaanisen siipipyörän kuluminen aiheuttaa mittariin toimintahäiriötä (Viitanen 2015, s. 24).

Suotuisassa tilanteessa, mikäli sulkuventtiilit ja putkistot ovat toimintakuntoiset, aikaa pienimpien mittareiden vaihtamiseen kuluu noin 15 minuuttia ja suurimpien mittareiden vaihtamiseen 30 minuuttia. Mittarit saattavat sijaita kuitenkin erittäin haastavissakin paikoissa, kuten WC-istuimen takana, lämmityskattilan ja seinän välissä tai pahimmassa tapauksessa jopa seinän sisällä. Tällöin sijainti vaikeuttaa huomattavasti mittarin vaihtoa ja lukemistoimenpiteitä. (Laukkarinen 2006) Mittareiden vaihtotyö tehdään pääsääntöisesti vesihuoltolaitoksen omana työnä, mutta se soveltuu hyvin myös LVI-toimialalle ulkoistettavaksi. SerVesi -tutkimusprojektin kysely- ja haastattelututkimuksen mukaan 72 vesihuoltolaitoksesta kuitenkin vain kaksi laitosta oli ulkoistanut vesimittareidensa vaihtotyön. Useilla vesihuoltolaitoksilla olisi laitoksen koosta riippumatta mielenkiintoa ulkoistaa mittareidensa vaihtotyö, mutta kokonaisvaltaiseen ulkoistamiseen ei ole halukkuutta. Mittareiden vaihtotyön kautta vesihuoltolaitoksella on hyvä paikka ylläpitää asiakassuhteita, joka kokonaisvaltaisen ulkoistamisen myötä vähenisi huomattavasti. (Heino & Pietilä 2012)

Vesihuoltolaitos laskuttaa asiakasta vähintään kerran vuodessa (VVY 2001). Pienkuluttajaa laskutetaan tavallisimmin neljä kertaa vuodessa (Ylivieskan Vesiosuuskunta 2015) ja suurkuluttajaa useasti jopa joka kuukausi (Järvenpään Vesi 2015; Keravan Vesihuolto 2015). Tavallisimmin myös suurkuluttajaa laskutettaneen kuitenkin neljä kertaa vuodessa (Huuha 2015). Pienkuluttajien laskuista kolme on niin sanottuja arviolaskuja, jotka perustuvat edellisen vuoden kulutukseen. Neljäs lasku on tasauslasku, jota varten vesihuoltolaitos lähettää asiakkaalle mittarinlukukortin. (Osuskunta Valkeavesi 2015) Tämän kerran vuodessa suoritettavan fyysisen mittarinluvun suorittaa siis tavallisesti asiakas, mutta vesihuoltolaitoksen olisi suositeltavaa lukea mittarinsa myös itse noin 1-4 vuoden välein (VVY 2001). Vaikeissa tai epäselvissä tilanteissa vesihuoltolaitos voi joutua lukemaan mittarin joka vuosi paikan päällä. Tällaisia tilanteita voivat olla edellä mainitut mittarin haastavat sijainnit (Laukkarinen 2006).

Asiakas ilmoittaa vesimittarinsa lukeman vesihuoltolaitokselle mittarinlukukortilla postitse, puhelimitse, käymällä vesihuoltolaitoksen toimistolla paikanpäällä tai viime vuosina yleistyneiden laskutusjärjestelmien selainliittymäpalveluiden kautta (Huuha 2015;

Kankaanpään Vesihuoltolaitos 2014). Palvelun kautta asiakas voi nähdä myös vedenkäyttöhistoriansa sekä ennusteet tulevista vesilaskuista vuositasolla (Ylivieskan Vesi-  
osuuskunta 2015). Mittarinlukukortilla tai puhelimitse ilmoitetut vesimittarilukemat täytyy syöttää mekaanisesti laskutus- ja asiakastietojärjestelmään vesihuoltolaitoksella (Huuha 2015). Poikkeustilanteissa, jos asiakas ei ilmoita mittarilukemaansa sovitusti, vesihuoltolaitos käy lukemassa vesimittarin (VVY 2001). Tästä voidaan tapauksesta riippuen periä vesimittarin luentamaksu kilometrikorvauksineen (Kokkolan Vesi 2012; KRS-Vesi 2014).

Mekaaniset siipipyöräiset vesimittarit ovat tähän asti olleet yleisin vesimittarityyppi kiinteistökohtaisessa vedenmittauksessa lähinnä niiden edullisen hinnan vuoksi (Säteri 1997, s. 45; Hänninen 2015, s. 35). Halvimmillaan mekaanisen vesimittarin ilman etä-  
lukuominaisuutta voi hankkia jopa alle 20 eurolla (Hänninen 2015, s. 35). Suuremman DN 40 kokoisen vesimittarin hankintahinta on noin 100 euroa.

## **2.3 Älykkäät etäluettavat vesimittarit**

### **2.3.1 Termit ja määritelmät**

Etäluettavalla tai älykkäällä vesimittarilla (Smart meter) tarkoitetaan mittaria, jossa on erilaisia tarkoituksia palvelevaa laskentakapasiteettia sekä muistia kulutustietojen säilyttämiseen (Koponen ym. 2008, s. 10). Etäluentajärjestelmät voivat olla joko yksi- tai kaksisuuntaisia ja ne voivat tukea tai olla tukematta avoimia tiedonsiirtostandardeja (Beal & Flynn 2014, s. 30). Laitteiden energiankulutusta lisäävä kaksisuuntainen tiedonsiirto on esimerkiksi sähköyhtiöille tärkeää, sillä sen avulla suoritetaan esimerkiksi etäkytkennät sekä kulutuksen irti kytkeminen tai rajoittaminen (Koponen ym. 2008, s. 8). Tällä hetkellä vesiyhtiöille riittänee hyvin yksisuuntainen tiedonsiirto, jossa etäluettavilta vesimittareilta saadaan kulutuslukemia esimerkiksi pulssitietona, mutta mittareita ei kyetä kuitenkaan ohjaamaan etänä. Avoimet rajapinnat ja standardoidut tiedonsiirto-  
tekniikat mahdollistavat usean mittausjärjestelmätoimittajan osallistumisen markkinoille ja paremman yhteistyön jakeluverkkoyhtiöiden välillä. Suurin osa markkinoilla olevista etäluentajärjestelmien toimittajista käyttää kuitenkin patentoituja tiedonsiirtotekniikoita ja suljettuja rajapintoja. (Aksela & Piispanen 2012, s. 8)

Kun kirjoitetaan tai puhutaan etäluentajärjestelmistä, on hyvä ymmärtää eri termien väliset erot, jotka voivat olla selitettynä hieman eri tavoin riippuen tietolähteestä (Savolainen ym. 2013, s. 5; WSAA 2010, Bealin & Flynnin 2014, s. 31 mukaan). Australiassa termillä AMR (Automatic Meter Reading) tarkoitetaan automaattista mittarinluentaa, mutta toimenpide vaatii mittarinlukijan käymistä kiinteistössä tai lähellä vesimittaria (WSAA 2010, Bealin & Flynnin 2014, s. 31 mukaan). Suomessa AMR-termiä on käytetty, kun on tarkoitettu mittarilukujen siirtoa suoraan etäluentajärjestelmään tai ohi aja-vaan autoon (Savolainen ym. 2013, s. 5; Aksela & Piispanen 2012, s. 9).

AMI-termillä (Advanced Metering Infrastructure) tarkoitetaan langatonta tiedonkeräys-järjestelmää, jolla etäluettavien vesimittareiden lukematiedot saadaan siirrettyä halut-tuun paikkaan. SWM (Smart Water Metering) tarkoittaa järjestelmäkokonaisuutta, jonka kautta mittausdata on mahdollista siirtää suoraan esimerkiksi laskutusjärjestelmään tai jakaa tieto asiakkaille. AMI ja SWM tarkoittavat siis hyvin paljon samaa asiaa (Savo-lainen ym. 2013, s. 5). Termillä IWN (Intelligent Water Networks) tarkoitetaan älykkäi-den vesimittareiden integrointia osaksi liiketoimintaa siten, että tietoja voidaan hyödyn-tää investointien ja toimintastrategian suunnittelussa. (WSAA 2010, Bealin & Flynnin 2014, s. 31 mukaan)

Tässä työssä käytetään AMR- ja AMI-termejä erottamaan kaksi eri etäluentatoiminnan tasoa toisistaan. AMR-tekniikalla tarkoitetaan etäluettavan vesimittarin lukemista ohi ajavasta autosta tai sen lähettyviltä ja AMI-tekniikalla tarkoitetaan mittareiden lukema-tietojen siirtoa haluttuun paikkaan langattoman tiedonsiirtojärjestelmän avulla.

### **2.3.2 Mittareiden ja luentajärjestelmien käyttö**

Vesihuoltolaitoksilla on Suomessa niin sanottu luonnollinen monopoliasema, sillä tie-tylle alueelle ei ole järkevää rakentaa kuin yksi vesi- ja viemäriverkosto (Hukka & Kat-ko 1999, s. 16). Täten vesihuoltolaitoksille ei synny kilpailullista tilannetta, joka pakot-taisi vesihuoltolaitoksen jatkuvaan kehittämistoimintaan esimerkiksi ICT-puolella (In-formation and Communications Technology) asiakaspalvelutason parantamiseksi (Jati-ko Oy 2013, s. 7). Tällä ja taloudellisten kannustimien puuttumisella voi olla hidastavia vaikutuksia etäluentajärjestelmien yleistymisessä ja myöhemmin myös niiden kehittä-misessä Suomessa.

Suomessa kiinteistökohtaisia etäluettavia vesimittareita on kuitenkin aloitettu asentamaan useilla vesihuoltolaitoksilla (Humppilan Vesihuolto Oy 2015; Inarin Lapin Vesi Oy 2015; Ylivieskan Vesiosuuskunta 2015). Forssan vesihuoltoliikelaitos on yksi edelläkävijöistä, sillä siellä etäluettavat vesimittarit on vaihdettu jo lähes kaikkiin omakotitaloihin. Yhteensä ultraääniperiaatteella toimivia mittareita on siellä käytössä noin 3 600 kappaletta (Viitanen 2015, s. 24).

Mittareiden vaihtotyö suoritettiin Forssassa vuosina 2013–2014 ja vuonna 2015 on tarkoituksena vaihtaa myös suurempien kiinteistöjen, kuten kerros- ja rivitalojen, noin 300 mittaria etäluettaviin malleihin. Mittareiden hankintakustannukset ovat noin 400 000 euroa. Vesihuoltolaitoksen tavoitteena on rakentaa mittareiden etäluentaa varten myös radiolinkkijärjestelmä vuoden 2015 loppukesään mennessä, mutta sitä ennen mittarit luetaan AMR-tekniikalla henkilöautolla mittarin ohi ajaen. (Viitanen 2015, s. 24)

Muilla Suomen vesihuoltolaitoksilla kiinteistökohtaisten etäluettavien vesimittareiden luentajärjestelmiä ei tiettävästi ole vielä suunniteltu käyttöön otettavaksi. Sen sijaan huoneistokohtaisen vedenmittauksen etäluentaa on yleistynyt osittain vuonna 2011 voimaan tulleen Ympäristöministeriön määräyksen johdosta, joka velvoittaa uuden kiinteistön huoneistokohtaiseen vedenmittaukseen. Määräystä huoneistokohtaisesta vedenmittauksesta perustellaan Ympäristöministeriön yli-insinööri Kaisa Kaukon mukaan muun muassa parantuvalla energiatehokkuudella. (Kihl & Mononen 2014)

Sähköyhtiöt ovat tutkineet etäluentaa erilaisilla pilot-hankkeilla jo 1990-luvulla. 2000-luvulla hankkeiden määrä kasvoi ja ne laajenivat suurempiin mittakaavoihin. (Piispanen 2010, s. 27) Vuonna 2009 tuli voimaan Valtioneuvoston asetus, joka velvoittaa sähköyhtiöitä siirtymään sähkömittareiden etäluentaan. Lainsäädännöllä veloitetaan myös mittareiden tuntiluenta. (Valtioneuvoston asetus 2009) Pääosa sähkömittareista on nyt vaihdettu asetuksen mukaisiin mittareihin ja samalla ne on liitetty etäluentajärjestelmien kautta uudistettuihin ohjaus- ja luentajärjestelmiin sekä mittautustieto-, asiakastieto- ja taloustietojärjestelmiin. Konseptin avulla energiayhtiöt voivat hyödyntää etäluettavien mittareiden potentiaalia tasehallinnassa, laskutuksessa, valvonnassa, vianhallinnassa, kuormanohjauksessa sekä kulutustietojen välittämisessä asiakkaalle. (Savolainen ym. 2013, s. 3)

Myös kaukolämpöyhtiöt ovat edelläkävijöitä etäluentahankkeissa vesihuoltolaitoksiin nähden. Ensimmäiset etäluentahankkeet saivat kaukolämpöyhtiöissä alkunsa 2000-luvulla ja vuosina 2008–2010 kasvu oli erittäin voimakasta. Vuonna 2009 etäluettavista energiamittareista 84 prosenttia luettiin kuukausittain ja 16 prosenttia oli tuntiluennassa. (Piispanen 2010, s.29)

Etäluettavat vesimittarit ja etäluentajärjestelmät ovat yleistymässä vesihuoltolaitoksien käyttöön ympäri maailman. Esimerkiksi Yhdysvalloissa, New Yorkin osavaltiossa, Bayonnessa on asennettu 11 000 etäluettavaa vesimittaria, jotka luetaan etäluentajärjestelmän kautta. Etäluettavat vesimittarit ja etäluentajärjestelmä kattavat 95 prosenttia kaupungin kiinteistöistä. (Hackney 2014) Myös Yhdysvaltojen Cedar Hill -kaupungissa on keväälle 2015 suunniteltu 16 000 ikääntyvän vesimittarin vaihtamista etäluettaviin vesimittareihin kaupungin eteläisessä lähiössä. Kaupungin johtajat odottavat 9 miljoonan dollarin investoinnin maksavan itsensä takaisin pitkällä aikavälillä. (Simnacher 2014)

Tekniikka & Talous -lehti uutisoi 17.2.2015, että Yhdysvaltojen Pohjois-Carolinassa sijaitsevassa Caryn kaupungissa vesimittarien automatisoinnilla ja etäluennalla saavutetaan jopa 10 miljoonan dollarin säästöt alkukustannuksien jälkeenkin. Kaupungissa on vaihdettu 60 000 perinteistä mittaria etäluettaviin mittareihin, jotka ovat luettavissa etäluentajärjestelmän kautta. Mittareista saadaan tuntikohtaista dataa, jota kuluttaja voi tarkkailla verkossa. Järjestelmä tuottaa yksinkertaisia kulutusraportteja verkkoportaaliin tunti-, päivä- ja kuukausitasolla. Niitä analysoimalla voidaan huomata muun muassa epänormaalit poikkeamat kulutuksessa. Ennen kokonaisvaltaisen järjestelmän käyttöönottoa mittarit luettiin Caryn kaupungissa manuaalisesti kämmentietokoneen avulla. (Puolakka 2015)

Bealin ja Flynnin (2014) mukaan Australiassa ja Uudessa-Seelannissa on asennettu 250 000 etäluettavaa vesimittaria tai niiden asentaminen on suunnitteilla lähiaikoina. Tehdyt tutkimukset osoittavat, että enemmistö (51 %) haastatelluista vesihuoltolaitoksista hyödyntää mittareiden luennassa kaksisuuntaisia AMI- ja SWM-teknologioita. Matkapuhelinverkot ovat tutkimusten mukaan tyypillisesti 3G- tai 4G -verkkoja, mutta suurin osa yrityksistä käyttää kuitenkin matalataajuuksisia mesh-radioverkkoja. Mesh-verkossa toisiinsa nähden lähimmät älykkäät päätelaitteet tai tukiasemat muodostavat yhteyksiä toistensa välille ja datan siirto tapahtuu reitittäen päätelaitteelta toiselle (Piis-

panen 2010, s. 13). Suurin osa vastanneista vesihuoltolaitoksista Australiassa ja Uudessa-Seelannissa saa vähintään tuntikohtaista vedenkulutustietoa ja loput laitoksista saavat 30 minuutin tai jopa 15 sekunnin sykleillä mitattua dataa. Kulutustieto tulee laitoksille usein kuitenkin paljon harvemmin kuin se mitataan, sillä useille laitoksille data saapuu laskutusaikataulun mukaisesti. Laitoksista 39 % saa lukematietoja päivittäin ja jopa 6 % saa lukemia tunneittain.

### **2.3.3 Etäluentaominaisuudella varustetut mekaaniset mittarit Suomessa**

Useissa mekaanisissa mittarityypeissä on valmiiksi etäluentaominaisuus pulssiyhteytenä, joka on mahdollista ottaa käyttöön erillisen Reed-anturin kautta (Zenner-Korkeamaki 2015; Ko-Ka Ky 2015). Pulssiyhteys ei ole kuitenkaan niin luotettava ja järjestelmien kannalta vaivaton kuin datayhteys ja siksi muut tiedonsiirtotavat ovatkin syrjäyttämässä pulssiliitännät (Koponen ym. 2008, s. 37). Datavalmiutta, kuten radiotai M-Bus (Meter-Bus) -valmiutta, ei kuitenkaan löydy kovin useasta mekaanisesta mittarityypistä. (Zenner-Korkeamaki 2015; Ko-Ka Ky 2015) M-Bus -valmiudella tarkoitetaan etäluentaa varten kehitettyä tietoliikenneväyläteknikkaa, joka on Eurooppalainen standardi EN 13757-2 kaikenlaisille kulutusmittareille (Piispanen 2010).

Ko-Ka Ky toimittaa B-Metersin mekaanisia impulssiominaisuudella varustettuja vesimittareita, joihin on tarjolla lisävarusteena impulssilähetin. Lähetin muuttaa impulssitiedon langattomaksi M-Bus -signaaliksi ja näin ollen mittari voidaan lukea B-Metersin USB -porttiin liitettävällä RX2-vastaanottimella. (Ko-Ka Ky 2015) Kiinteistökohtaiseen vedenmittaukseen B-Meters tarjoaa myös Hydrolink-Remote -nimistä langattomaan M-Bus -tiedonsiirtoon perustuvaa ratkaisua, jossa vesimittarit ovat varustettu laskennalliselta kestoikänsä 10 vuoden akuilla. Tällöin mittarin lähetin lähettää M-Bus -signaalin 30 sekunnin välein. (B-Meters 2013) Huomion arvoisena yksittäisenä seikkana mainittakoon, että mittareiden etäluentaan käytettävät ohjelmat eivät välttämättä sovellu eri mittarimerkkien luentaan. Hänninen (2015, s. 32) totesi tutkimuksessaan, että esimerkiksi B-Metersin ja Kamstrupin mittarit on luettava omilla luentaohjelmillaan.

Myös useat muut mittarintoimittajat markkinoivat B-Metersin tavoin samalla periaatteella toimivia mittariratkaisuja (Taulukko 1). Armatec toimittaa Sensus - kylmävesimittareita, jotka voidaan varustaa erillisellä HRI-impulssilaitteella, joko pulssi- tai datalähdöllä (Armatec 2012). Saint-Gobain markkinoi muun muassa R-TK kier-

tomäntämittaria radiomoduulilla sekä Residia Jet -mekaanista vesimittaria, jossa on optio tiedonsiirtomoduuliin (Saint-Gobain Pipe Systems Oy 2014). Zenner-Korkeamäki toimittaa sen sijaan mekaanisia Zenner –mittareita, jotka on varustettu etäluentaominaisuudella (Zenner-Korkeamäki 2015).

Taulukko 1. Etäluentaominaisuudella varustettuja mekaanisia mittareita ja niiden toimittajia.

Mittarimerkki	Toimittaja
Sensus	Armatec
Residia Jet	Saint-Gobain
Zenner	Zenner-Korkeamäki

### 2.3.4 Ultraääniperiaatteella toimivat etäluettavat vesimittarit

Esimerkiksi Kamstrup A/S:n toimittamien akkukäyttöisten Multical® 21-mittareiden rakenne koostuu virtausputkesta ja elektroniikkaosasta. Virtausputki sisältää ultraäänilähettimeä ja vastaanottoparit. Elektroniikkaosa sisältää pienoistietokoneen varustettuna muistilla ja langattomalla tiedonsiirto-ominaisuudella. Ultraääniperusteiset mittarit eivät sisällä liikkuvia tai kuluvia osia, joten esimerkiksi vedessä olevat partikkelit eivät häiritse mittarin toimintaa. (Multical® 21 2014)

Etäluettavien, ultraääniperiaatteella toimivien vesimittareiden toiminta perustuu ultraäänien kulku-aikaan, kun tiedetään, että äänen nopeus on nesteessä vakio. Toinen ultraäänisignaali kulkee veden virtauksen suuntaisesti ja toinen virtausta vastaan siten, että virtauksen suuntaan kulkeva äänisignaali etenee nopeammin. (Karttunen 2004, s. 47) Ultraäänien kulku-aikaeron perusteella ultraäänimittari laskee veden nopeuden ja sitä kautta veden tilavuusvirran (kaava 1). (Landis+Gyr 2015c, s. 10; Multical® 21 2014, s. 3)

Hänninen (2015, s. 24-29) tutki ja vertaili opinnäytetyössään Kamstrupin ultraääniperiaatteella ja B-Metersin mekaanisella periaatteella toimivien vesimittareiden tarkkuutta pienillä virtaamilla, joilla oli tarkoitus simuloida tiputtavaa vesivirtausta. Mittarit toimivat valmistajan ilmoittamien tilavuusvirtatietojen mukaisesti ja tutkimustuloksien perusteella ultraääniperiaatteella toimiva Kamstrupin vesimittari mittasi pienimpiä 0,045-0,5 l/min virtaamia selkeästi tarkemmin kuin B-Metersin mekaaninen vesimittari. Kyseisen tutkimuksen perusteella ei voida kuitenkaan tehdä luotettavaa johtopäätöstä, että ultra-

ääniperiaatteella toimiva vesimittari olisi tarkempi kuin mekaanisella periaatteella toimiva.

Älykkäissä etäluettavissa vesimittareissa tiedonsiirtovalmius on useimmiten langattomana M-Bus -yhteytenä sekä pulssiyhteytenä. Niissä on usein valmius myös radio-, ethernet-, PLC- (Power Line Communication) ja GPRS- (General Packet Radio Service) tiedonsiirtoon. (Kamstrup 2015; Landis+Gyr 2015a) Toimiakseen ne tarvitsevat kuitenkin verkkovirtaa (Haikonen 2015).

Kamstrupin etäluettavat Multical® 21 -vesimittarit lähettävät M-Bus radiosignaalilla datapaketin 16 sekunnin välein. Datapakettiin on sisällytetty vain tärkein ja laskutuksen kannalta oleellisin informaatio, jotta akun kestoikä olisi mahdollisimman pitkä (Multical® 21 2014, s. 10):

- Nykyhetken mittarilukema,
- Mittarilukema kuluvan kuukauden ensimmäisenä päivänä tai huippuvirtaama viimeisen kokonaisen kuukauden ajalta,
- Infokoodit ja
- Viimeisen 30 päivän aikana voimassa olleiden infokoodien luettelo.

Ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden laskennallinen käyttöikä määräytyy periaatteessa akun kestoiän perusteella. Esimerkiksi Multical® 21 -mittareiden laskennallinen käyttöikä on 12 tai 16 vuotta, riippuen mittarin sisäisestä akusta. Akun pitkä käyttöikä perustuu rajattuun mittarin lähettämään datapaketin sisältöön. (Multical® 21 2014, s. 10) Etäluettavan vesimittarin vaihto on mekaanisen mittarin vaihtoon nähden teknisesti ja ajallisesti samanlainen suoritus.

Mittareiden akun kestoiästä ei ole vielä käytännön kokemuksia Suomessa. Maailmalla etäluettavien vesimittareiden akun kestoiän on epäilty olevan riippuvainen mittarin luentatavasta, eli luetaanko mittari AMR- vai AMI-tekniikalla. AMR-tekniikalla, eli paikalla tai ohi ajamalla luettavat vesimittarit saattavat lähettää radiosignaalin jopa joka toinen sekunti luennan onnistumisen takaamiseksi, vaikka vesihuoltolaitos lukee mittarin vain kerran kuukaudessa. AMI-tekniikalla, eli kehittyneen luentajärjestelmän kautta luettavat vesimittarit lähettävät lähes reaaliaikaista dataa kerran päivässä. Vesihuoltolaitokset ovat epäilleet AMI-tekniikan kuluttavan vesimittareiden akkuja enemmän, mutta todellisuudessa tekniikka kuluttaa energiaa vähemmän kuin AMR-tekniikka.

Erot ovat pienet, mutta ne johtuvat radiosignaalien lähetystiheyksistä, jota voidaan muuttaa konfiguroimalla. (Hassan 2011)

Vesimittareiden vaihto on tähän asti työssä ajateltu olevan laskennalliseen käyttöikään perustuva toimenpide. Se on pitkällä aikavälillä ja kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti järkevä ratkaisu, mutta vesihuoltolaitoksien miettiessä etäluentainvestoinnin kannattavuutta, myös muut lähestymistavat ovat aluksi mahdollisia. Etäluettavien vesimittareiden vaihtotyö voidaan suorittaa esimerkiksi alueellisesti haluttuun paikkaan tai niitä voidaan vaihtaa vain suurkuluttajien käyttöön.

Jos vesijohtoverkosto on jaettu kaukovalvonnassa oleviin mitta-alueisiin, etäluettavien mittareiden vaihtotyö voidaan kohdistaa esimerkiksi yhdelle tällaiselle alueelle. Tällöin mittareiden vaihdot ovat tehtävissä joustavammin ja mittareiden luenta voidaan suorittaa varsin nopeasti ja vaivattomasti mittarin ohi ajamalla. Tällöin on mahdollista kokeilla myös muita mahdollisia etäluentatapoja ja järjestelmämahdollisuuksia pienemmällä alueella.

Suurimmat vedenkuluttajat löytyvät teollisuudesta, virastoista ja kauppakeskuksista. Myös kerrostalot ja rivitalot voidaan lukea suurkuluttajiksi. Sen lisäksi, että vedenkulutus on näissä kiinteistöissä suurta, myös kulutusvaihtelut ovat usein suurimpia. Edellä mainittujen asioiden takia myös vesihuoltolaitos on kiinnostunut suurimmista vedenkuluttajista ja etäluettaviin vesimittareihin siirtyminen voidaan aloittaa perustellusti tällaisista kohteista. Mittareiden kiinteän etäluentajärjestelmän kokeileminen massaluentana ei ole kuitenkaan tällaisessa lähestymistavassa järkevää.

Etäluettavat vesimittarit voidaan lukea monella eri tavalla, joka määrittelee myös etäluettavista vesimittareista saatavan kokonaishyödyn. Luenta voidaan suorittaa manuaalisesti paikan päällä, AMR-tekniikalla tai AMI-tekniikalla (Kamstrup 2015). Tällä hetkellä olemassa olevat etäluettavat vesimittarit luetaan Suomessa mittarin ohi ajamalla, eli AMR-tekniikalla. Vesimittarit ovat konfiguroitu lähettämään signaalia tiheästi, jotta ohi ajavassa henkilöautossa olevaan kannettavaan tietokoneeseen liitetty mittarinlukija ehtii vastaanottamaan radiosignaalin (Hassan 2011). Esimerkiksi Kamstrupin USB-mittarinlukijassa on kapasiteettia 200 mittaritiedon tallentamiseen, mutta kannettavaan tietokoneeseen liitettynä PC-järjestelmässä on yhteiskapasiteettia 4 000 mittaritiedon tallentamiseen (Kamstrup 2015).

Hänninen (2015, s. 31) tutki opinnäytetyössään Kamstrupin ultraääniperiaatteella toimivien sekä B-Metersin mekaanisella periaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden M-Bus -signaalin kantavuutta. Tuloksien perusteella molemmat mittarit voitiin pilvetömmällä, selkeällä kelillä lukea 100-250 metrin etäisyydeltä normaali omakotitaloista. Luentaetäisyys pieneni, kun mittareiden ympärillä oli esimerkiksi betoniesteitä ja se oli enää noin 10-20 metriä, kun mittari sijaitsi 2,5-3 metrin syvyydellä omakotitalon kellarissa.

Haastavimmissa paikoissa yksi kokeiltava ratkaisu Kamstrupin toimittamiin mittareihin voisi olla ulkoinen antenni, jonka he ovat myös kaupallistaneet. Yrityksen esitteen mukaan antenni kaksinkertaistaa luentaetäisyyden. (Kamstrup 2015) Vesimittarilukemien siirto järjestelmästä ja USB-mittarinlukijasta taulukkolaskentaohjelmiin tai laskutusohjelmiin on ajallisesti nopea suoritus ja tieto voidaan muuttaa PDF-, CSV-, DFF- tai XLS-tiedostoiksi. (Kamstrup 2015)

### **2.3.5 Etäluentajärjestelmät ja vaihtoehtoiset luentamenetelmät**

Vesimittareiden etäluenta voidaan suorittaa langattomaan radioverkkotekniikkaan perustuvan mittarinluentainfrastruktuurin avulla, jolloin lukematiedot saadaan siirrettyä mittareilta haluttuun paikkaan. Kyseisellä tekniikalla voidaan lukea myös sähkö-, kaasua ja lämpöenergian kulutusmittarit. (Kamstrup 2015)

Radiolinkki-infrastruktuuri, eli eräs AMI-tekniikan muoto, rakentuu keskittimistä ja toistimista. Keskittimet keräävät kantama-alueellaan olevien vesimittareiden lukemat ja lähettävät ne matkaviestintäverkon kautta haluttuun paikkaan. Kaupunkialueella keskittimen peittoalue voi olla esimerkiksi 2,5 kilometriä, mutta sitä voidaan kasvattaa toistimilla, jotka ovat tavallisesti ulkokäyttöön soveltuvia ja akkukäyttöisiä. (Kamstrup 2015) Tiedossa olevat radiolinkkijärjestelmät käyttävät joko 434 MHz lisenssivapaata tai 868 MHz taajuusaluetta (Kamstrup 2015; Kuusisto 2015). Kokonaisvaltaisen radiolinkkiverkon rakentaminen on kuitenkin alkukustannukseltaan vielä kallis ratkaisu johtuen esimerkiksi siitä, että keskittimiä ja toistimia on asennettava tiheästi verkon toimivuuden takaamiseksi (Kuusisto 2015).

Mittareiden energiankulutuksen säästämisen takia radioverkkojen toiminta perustuu pääsääntöisesti yksisuuntaiseen tiedonsiirtoon. Kaksisuuntaista tiedonsiirtoa käytettäes-

sä jouduttaisiin todennäköisesti siirtymään verkkovirralla toimiviin mittareihin. Nykyaikaisilla radioverkkoratkaisuilla, kuten ZigBee-radioverkolla voitaisiin yhdistellä eri laitevalmistajien toimittamia mittareita samaan verkkoon. (Piispanen 2010) Tämän hetken tietojen perusteella ZigBee -tiedonsiirtoa tukevat vesimittarityypit ovat kuitenkin vielä verrattain kalliita.

Piispanen (2010) tutki opinnäytetyössään radioverkkojen kantavuuteen liittyviä kysymyksiä lisenssivapaalla 434 MHz taajuudella. Suurimmat radioverkkoa heikentävät tekijät olivat mittarin lähettimen ympärillä olevat rakenteet ja maastoesteet sekä tiedonsiirtoajankohta. Lisenssivapaalla taajuusalueella toimiva radioverkko on keskimääräistä heikompi normaalin työpäivän aikana, sillä kyseisellä taajuusalueella käytetään myös muita laitteita. Sääolosuhteilla ei sen sijaan havaittu olevan vaikutusta toimivuuteen.

Yksi vartenotettava toimintamahdollisuus on vesimittareiden lukematietojen siirto sähkömittareiden kautta sähköyhtiölle ja sitä kautta vesihuoltolaitokselle. Se lienee myös kustannuksiltaan edullisinta, sillä tällöin ei tarvita erillisiä tiedonkeruulaitteita tai rinnakkaisia etätiedonsiirtoyhteyksiä. Useaan sähkömittariin on mahdollista asentaa erityyppisiä moduuleja, jotka muodostavat yhteyden joko yhden tai useamman vesimittarin kanssa. (Koponen ym. 2008, s. 37) Kamstrupilla vaihtoehtoina ovat esimerkiksi MUC-moduuli (Multi Utility Controller), joka kerää yhden tai useamman vesimittarin lukemat tai RF-keskitin (Radio Frequency), joka voi kerätä useamman vesimittarin lukeman. MUC-moduuli ja RF-keskitin välittävät tiedon sähkömittarin GSM-moduulille, joka lähettää tiedon edelleen matkapuhelinverkkoa pitkin haluttuun paikkaan. (Haikonen 2015)

MUC-moduuli muodostaa yhteyden 868 MHz taajuuden langattomalla M-Bus tiedonsiirrolla esimerkiksi Kamstrupin Multical® 21 -mittariin, mutta RF-keskitin ei voi ottaa yhteyttä Multical® 21 -mittariin, sillä se käyttää 434 MHz lisenssivapaata EU-taajuutta. RF-keskitintä voidaan käyttää kuitenkin esimerkiksi Multical® 62 -vesimittarin lukemiseen 434 MHz taajuudella. (Haikonen 2015)

Käytännössä paras ratkaisu olisi tilanne, jossa jokaisessa sähkömittarissa olisi MUC-moduuli keräämässä useampien tai vain kyseisen kiinteistön vesimittarilukemia. Ongelmaksi voi kuitenkin muodostua sähkömittarin rajallinen moduulipaikkojen määrä kaksiaikäsähkökohteissa, eli kiinteistöissä, joissa päivä-, ja yösähköllä on eri hinnat.

Näiden kiinteistöjen sähkömittareissa ei ole vapaata moduulipaikkaa MUC-moduulille, sillä paikka on jo täytetty kuormareleellä. (Haikonen 2015)

MUC-moduulia kokeiltiin Ylivieskassa syyskuussa 2014. Moduulin asentaminen sähkömittariin oli ajallisesti noin 15 minuutin työ ja sen suoritti paikallisesta sähkönjake-  
lusta vastaavan Herrfors Oy:n sähköasentaja. Kyseessä oli Kamstrup A/S:n toimittama moduuli, joka asennettiin saman valmistajan sähkömittariin. Kyseisen kiinteistön ohella myös kahdessa naapurikiinteistössä oli asennettuna Kamstrupin Multical® 21 - vesimittarit.

Samassa tilassa sähkömittarin kanssa sijaitseva vesimittari saatiin luettua hyvin Herrfors Oy:n luentajärjestelmään, mutta muiden kiinteistöjen vesimittareita ei saatu luettua. Myöhemmin myös toisen naapurikiinteistön vesimittari saatiin luettua, mutta toista ei sen sijaan onnistuttu koskaan lukemaan. Samassa tilassa olevien sähkömittarin ja vesimittarin välinen etäisyys on noin kaksi metriä, kun taas kiinteistöjen välinen etäisyys on noin 40-80 metriä. Kyseisten kiinteistöjen vesimittarit ovat helposti luettavissa USB - mittarinlukijalla.

Yksi vaihtoehtoinen menetelmä on ulkoistaa mittareiden luenta. Esimerkiksi postiauton ja jäteauton liikkuminen ulottuvat pääsääntöisesti alueille, joihin myös vesihuoltolaitos jakelee vettä. (Marchment Hill Consulting 2010, s. 17) Tanskassa Odensessa ja Esbjergissä energia- ja vesimittareiden luenta on tehty jäteautojen kautta (Kamstrup 2015).

Suomessa yksi harkittava, ekologinen ja edullinen vaihtoehto voisi olla mittareiden luenta Android-älypuhelinsovelluksen kautta. Kyseinen malli muodostuu kolmesta tasosta: PC:llä olevasta ohjelmasta, älypuhelimien sovelluksesta ja muuntimesta. Älypuhelin synkronoidaan siihen ladattavan ilmaisen sovelluksen avulla PC:n maksullisen ohjelman sekä erillisen muuntimen kanssa, jolloin kulutuspistekohtaiset tiedot siirtyvät tietokoneohjelmalta älypuhelimeen. Luenta suoritetaan autossa olevan muuntimen kautta älypuhelimeen, josta tieto voidaan lähettää vesihuoltolaitoksen PC:lle vaikkapa suoraan tien päältä. (Kamstrup 2015)

Muuntimen ja älypuhelimien sijoittaminen esimerkiksi jäteautojen hyttiin voisi olla ainakin teoriassa kokeiltava ratkaisu, sillä kotitalouskohtainen jäteastia tyhjenetään tavallisesti vähintään neljän viikon välein (Vestia Oy 2015). Sen lisäksi, että jäteauto te-

kee jäteastioiden tyhjennykset säännöllisesti, se myös käy erittäin lähellä kiinteistöä astioiden sijainnin takia. Lisäksi auto pysähtyy jäteastioiden tyhjennyksen ajaksi, jolloin muuntimella ja vesimittarilla on ohi ajoa enemmän aikaa muodostaa yhteys toisiinsa.

### **2.3.6 Ultraäänivesimittareiden ja etäluentajärjestelmien toimittajat**

Talven 2015 aikana tehtyjen puhelinhaastatteluiden perusteella voidaan todeta, että huomattavan useilla eri tahoilla on käynnissä kehitystoimintaa etäluettavien vesimittareiden tai luentajärjestelmien parissa. Toisaalta markkinoilla oleva mittarivalikoima ja etenkin mittaritoimittajien määrä Suomessa on vielä varsin vähäinen.

Ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden toimittajat Suomessa ovat Kamstrup, Landis+Gyr ja Saint-Gobain, joista tämän hetkinen markkinajohtaja on Kamstrup (Taulukko 2). Kamstrupia yleisesti ja sen Multical® 21 –mittaria on käytetty tämän työn esimerkkinä ultraääniperiaatteella toimivista mittareista, joten sen käsittely jätetään tässä kohtaan vähäisemmäksi. Multical® 21 -mittarin lisäksi Kamstrupin mittarisarjaa täydentävät Multical® 62 –mittarit sekä flowIQ® 3100 –mittarit. Kamstrupilla on useita eri etäluentavaihtoehtoja vesimittareilleen. Vaihtoehtoja ovat RadioLink -verkko ja mobiiliverkko, jotka ovat yhteydessä luentajärjestelmään ja mittaustiedon hallintajärjestelmään. (Kamstrup 2015) Mittarit saadaan luettua halutulla tavalla, mutta tarvittavat investoinnit voivat olla varsin suuria (Viitanen 2015, s. 24).

Landis+Gyr toimittaa Ultrawater W550- ja W230 -mittareita vesihuoltolaitoksille kiinteistökohtaisen vedenkulutuksen mittaukseen. Paristokäyttöisenä mittareiden käyttöikä on 6 tai 11 vuotta ja mittarivalikoima on suunnattu pienikiinteistöille sekä korkeintaan 30 huoneiston kerrostaloille. Ultrawater W550 -mittaria, jota Landis+Gyr pääsääntöisesti käyttää etäluentaratkaisuisaan, ei voida lukea täysin langattomasti, sillä se on kytkettävä langallisen M-Bus -väylän kautta erilliseen luentapääteeseen, joka kommunikoi luentajärjestelmän kanssa 2G- tai 3G- yhteyden kautta. Landis+Gyr tekee yhteistyötä kommunikaatioteknologian ja – palveluiden tuottaja Ericssonin kanssa luenta- ja ylläpitopalveluiden tuottamiseksi. Luentapääteen mittarilta keräämät tuntisarjat siirretään vesihuoltolaitoksen laskutus-, asiakastieto- tai mittaustietokantajärjestelmiin automaattisesti järjestelmäintegraation kautta kerran vuorokaudessa. Mittari myös tallentaa 18 kuukauden vedenkulutusarvot sekä hälytykset. (Saarhelo 2015)

Landis+Gyrin Ultrawater W230 -mittari eroaa W550 -mittarista siten, että se mittaa, lähettää ja tallentaa myös veden lämpötilan. Mittarin tallentamia tietoja ovat muun muassa 24 viimeisen kuukauden ja keskikuukauden vedenkulutusarvot, veden korkein lämpötila, kokonaiskulutus sekä suurin virtaama. Kyseisen vesimittarin luenta tapahtuu langatonta M-Bus -väylää pitkin keskittimelle, joka tallentaa lukemat tuntitietoina. Tästä eteenpäin lukemat siirretään W550 -mittarin tavoin 2G- tai 3G-yhteydellä vesihuoltolaitoksen laskutus-, asiakastieto- tai mittaustietokantajärjestelmiin automaattisesti järjestelmäintegraation kautta kerran vuorokaudessa. Myös Landis+Gyr tarjoaa mittareidensa luentaan optista lukijalaitetta. (Bodaechtel 2014; Saarhelo 2015)

Saint-Gobain markkinoi vesihuoltolaitoksille Hydrus 171 -ultraääniperiaatteella toimivaa vesimittaria. Mittari on varustettu joko yhdellä tai kahdella 3,6 voltin litiumparistolla, jolloin mittarin laskennallinen käyttöikä on joko 12 tai 16 vuotta. Jos mittari halutaan lukea langattoman M-Bus -väylän kautta, se varustetaan ainoastaan yhdellä paristolla, jolloin laskennallinen käyttöikä on 12 vuotta. Mittari voidaan tehtaalla varustaa usealla erilaisella tiedonsiirtorajapinnalla, kuten jo mainitulla M-Bus -tiedonsiirrolla, vakiovarustuksena olevalla optisella liitännällä, pulssilähdöillä sekä 434 MHz ja 868 MHz radiotaajuuksilla. Vesimäärän lisäksi mittari mittaa myös veden lämpötilaa. (Saint-Gobain Pipe Systems Oy 2012a)

Saint-Gobainilla on mittareiden luentaan tarjottavana Izar -niminen järjestelmä, jolla voidaan lukea niin sähkö-, energia- kuin vesimittaritkin. Järjestelmä toimii kiinteänä M-Bus -väylänä, M-Bus -väylän ja radioverkon yhdistelmänä tai pelkästään radioverkon kautta. Automaattisia mittariluentoja voidaan käsitellä Izar@net -mittaustietojen hallintaohjelmistolla. (Saint-Gobain Pipe Systems Oy 2012b)

Ultraääniperiaatteella toimivien vesimittareiden hankintahinnat ovat suurempia kuin mekaanisten vesimittareiden. Pienkuluttajalle suunnattujen vesimittareiden (DN 20) keskimääräinen hinta on noin 100 euroa. Suuremmille kuluttajille tarkoitettujen vesimittareiden (DN 25-50) hinnat vaihtelevat paljon. Keskimääräinen DN40 -mittarin hinta on noin 300-400 euroa.

Taulukko 2. Ultraääniperiaatteella toimivat etäluettavat vesimittarit kiinteistökohtaiseen vedenmittaukseen.

Toimittajat		
<i>Kamstrup</i>	<i>Landis+Gyr</i>	<i>Saint-Gobain</i>
Mittarit		
<p><b>Multical® 21</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Akun kestoikä <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 12 tai 16 vuotta</li> </ul> </li> <li>❖ Pääasiallinen käyttökohde <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Kotitaloudet</li> </ul> </li> <li>❖ Tiedonsiirto <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Langaton M-Bus (868 MHz) tai pulssilähtö</li> </ul> </li> </ul> <p><b>flowIQ® 3100</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Akun kestoikä <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 16 vuotta</li> </ul> </li> <li>❖ Pääasiallinen käyttökohde <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Kerrostalot, rivitalot ja teollisuuden kohteet</li> </ul> </li> <li>❖ Tiedonsiirto <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Langaton M-Bus (868 MHz) tai pulssilähtö</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Multical® 62</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Akun kestoikä <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 13 vuotta</li> </ul> </li> <li>❖ Pääasiallinen käyttökohde <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Asuinrakennukset ja teollisuuden kohteet</li> </ul> </li> <li>❖ Tiedonsiirto <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Langaton <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ M-Bus, Radio (444 MHz tai 434 MHz), ZigBee, GSM/GPRS tai High-Power -radioreitin</li> </ul> </li> <li>➢ Langallinen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ LON, BacNet, SIOX, M-Bus, datamoduuli, Metasys N2 tai Ethernet/IP</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Ultrawater W550</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Akun käyttöikä <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 6 tai 11 vuotta</li> </ul> </li> <li>❖ Pääasiallinen käyttökohde <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Kotitaloudet ja kerrostalot (max 30 huoneistoa)</li> </ul> </li> <li>❖ Tiedonsiirto <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Langallinen M-Bus – väylä ja erillinen 2G/3G luentapäätte</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Ultrawater W230</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Akun käyttöikä <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 6 tai 11 vuotta</li> </ul> </li> <li>❖ Pääasiallinen käyttökohde <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Kotitaloudet ja kerrostalot (max 30 huoneistoa)</li> </ul> </li> <li>❖ Tiedonsiirto <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Langaton M-Bus (868 MHz) tai pulssilähtö</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Hydrus 171</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Akun käyttöikä <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 12 tai 16 vuotta</li> </ul> </li> <li>❖ Pääasiallinen käyttökohde <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Kotitaloudet, kerrostalot ja rivitalot sekä teollisuuden kohteet</li> </ul> </li> <li>❖ Tiedonsiirto <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Langaton Radio (434 MHz tai 868 MHz), M-Bus (434 MHz tai 868 MHz) tai pulssilähtö</li> </ul> </li> </ul>

## 2.4 AMR-teknikalla toteutettavan luennan hyödyt

Tämän hetkinen toiminnan taso, jossa etäluettavat vesimittarit luetaan ohi ajavasta autosta, parantaa vesihuoltolaitoksen tarjoaman asiakaspalvelun tasoa. Vesihuoltolaitos vapauttaa kiinteistön omistajan mittarin manuaalisesta luennasta ja lähettää arviolaskun sijaan lukemaperusteisen laskun. Esimerkiksi Ylivieskan Vesiosuuskunnan asiakkaat, joiden kiinteistössä on etäluettavat vesimittarit, saavat tällä hetkellä lukemaperusteisen vesilaskun neljä kertaa vuodessa, eikä asiakkaan tarvitse huolehtia enää vesimittarinsa lukemisesta. (Ylivieskan Vesiosuuskunta 2015) Digitaaliseen etäluentaan siirtyminen vähentää myös virheen mahdollisuutta, joka manuaalisessa mittarinluennassa on inhimillisistä syistä todennäköisempi (Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 29).

Etäluettavien vesimittareiden ominaisuuksia hyödyntäen voidaan ratkoa mahdollisia kiistatilanteita ja epäselvyyksiä. Kamstrup A/S:n etäluettava vesimittari tallentaa data-loggeriinsa 36 edellisen kuukauden kulutuslukeman. Landis+Gyrin W550 -vesimittari tallentaa 18 kuukauden kulutuslukemat (Landis+Gyr 2015b). Kamstrupin mittari tallentaa myös 460 päivän kulutuslukemat sekä 50 viimeisintä hälytystapahtumaa ja nämä tiedot ovat luettavissa optisen lukijan avulla. (Multical® 21 2014) Mittarin tallentamia hälytystapahtumia ovat (Multical® 21 2014):

- Leak, joka tarkoittaa vuotoa tai jatkuvaa virtausta,
- Burst, joka tarkoittaa putkirikkoa tai poikkeuksellisen suurta virtausta,
- Dry, joka ilmaisee mittarin olevan kuiva,
- Reverse, joka ilmaisee virtauksen olevan paluusuuntaan,
- Radio Off, joka tarkoittaa mittarin olevan kuljetustilassa sekä
- Tamper, joka tarkoittaa mittarin altistuneen luvattomalle avaamiselle.

Kun etäluettavat vesimittarit luetaan vesihuoltolaitoksen toimesta mittarin ohi ajamalla, laitoksen ei tarvitse käyttää aikaa mittarilukemien käsittelyyn juuri luentatapahtumaa enemmän. Aikaa ei kulu esimerkiksi tietojen syöttämiseen laskutusjärjestelmään (Kuusisto 2015). Vesimittarilukemien ilmoittaminen on perinteisesti hoidettu mittarinlukukortin tai laskutusjärjestelmän selainliittymäpalvelun kautta, jolloin Hännisen (2015, s. 35) mukaan yhtä mittaria kohti kertyvä keskimääräinen työaika on ollut noin 10 minuuttia vuodessa. Ylivieskan Vesiosuuskunnalla etäluettavien vesimittareiden luentaan käytetty aika on tällä hetkellä noin yksi minuutti mittaria kohti yhdellä luentakerralla. Vuodessa tämä tarkoittaa neljän minuutin työaikaa mittaria kohti. (Huuha 2015)

Osalla asiakkaista mekaanisen vesimittarin lukeminen ja lukeman lähettäminen voivat jäädä toisinaan tekemättä. Tämä teettää vesihuoltolaitoksella lisätöitä ja aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia puheluiden, mittarinlukujen sekä mittarinlukukorttien muodossa. Etäluettavien vesimittareiden luentavastuun ollessa vesihuoltolaitoksella, ylimääräisiä selvityksiä ei enää tarvita esimerkiksi tilanteessa, jossa kiinteistön asukas vaihtuu. (Kuusisto 2015)

Tämän hetkiselällä toiminnan tasolla kiinteistön vesijohtoverkoston vedenkulutusta on mahdollista seurata tarkemmin, jos epäilyksiä syntyy esimerkiksi vuodoista tai vesikalusteaurioista. Tämä on luonnollisesti myös parempaa asiakaspalvelua. Kamstrupin optinen lukija tarjoaa kannettavaan tietokoneeseen liitettynä mahdollisuuden seurata kiinteistön vedenkulutusta reaaliaikaisesti esimerkiksi jopa minuuttitasolla (Huuha 2015). Tästä olisi voinut olla apua myös seuraavan esimerkkitapauksen selvittämisessä.

Kiinteistöposti-lehti uutisoi maaliskuussa 2015 loimaalaisen kerrostalohuoneiston yksinasuvan poikkeuksellisen suurista vesilaskuista, joiden syy oli pitkään epäselvä. Laskut perustuivat huoneistokohtaisten kylmän sekä lämpimän käyttöveden vesimittareiden lukemiin. Syyksi epäiltiin milloin vikaa vesimittareissa ja milloin vuotoa, mutta lopulta suuren kulutuksen syy löytyi pyykinpesukoneesta, jonka kytkentä oli tehty väärin. Pyykinpesukoneen vedenpoistoletkun tulisi ohjeiden mukaan käydä vähintään 60 senttimetrin ja enintään metrin korkeudella lattiatasosta, jotta pesukoneen vedenpoisto toimisi optimaalisesti. Kyseisessä esimerkkitapauksessa vedenpoistoletku oli laskettu suoraan lattiatasolle viemäriin, jolloin pyykinpesupäivinä vedenkulutus oli ollut 1 000 litraa suurempi verrattuna muihin päiviin johtuen veden lähes jatkuvasta virtauksesta pyykinpesun aikana. Reaaliaikainen vedenkulutuksen seuranta olisi voinut paljastaa syyn helpommin ja nopeammin. (Takala 2015)

## **2.5 AMI-tekniikalla toteutettavan luennan potentiaaliset hyödyt**

Jos etäluettavien vesimittareiden jälkiasennuksella pyritään pienentämään ainoastaan mittareiden luentaan käytettävää aikaa ja kustannuksia, siinä tapauksessa AMR on riittävä tiedonsiirtoteknologia. Mikäli vesihuoltolaitos haluaa kustannustehokkaan, kokonaisvaltaisen suunnitteluohjelman, on kannattavaa investoida pitkän aikajakson IWN-sovellukseen. Toisaalta kaikki eri tekijät huomioon ottaen, AMI-tekniologia voi olla kus-

tannustehokkaampi vaihtoehto. Eri tiedonsiirtovaihtoehtojen vertailu ja suunnittelu ovat vesihuoltolaitokselle yhtä tärkeä asia kuin teknologia itsessään. (Beal & Flynn 2014, s. 36)

Etäluettavista vesimittareista saatavia hyötyjä voidaan mitata ja arvioida monesta näkökulmasta, kuten kuluttajan, vesihuoltolaitoksen, taloyhtiön tai ympäristön näkökulmista (Taulukko 3). Monia hyötyjä voidaan saavuttaa eri osapuolten kannalta jo AMR-tekniikallakin, mutta AMI-tekniikan kautta kulutustietoa saadaan reaaliaikaisemmin ja uudet toimintatavat mahdollistuvat. AMR- ja AMI -tekniikoiden väliset hyötyerot syntyvät datan lähetystiheyksistä. Nykypäivän etäluettavista vesimittareista saatava kokonaisyöty riippuu etäluentatavasta ja etenkin siitä, kuinka tiheästi mittari tallentaa ja lähettää kulutustietoa vesihuoltolaitokselle, suoraan asiakkaalle tai mahdollisesti jopa kolmannelle osapuolelle. Mitä tiheämmin kulutuslukemat saadaan seurantaan, sitä suurempia hyötyjä älykkäistä mittareista saadaan. (Aksela & Piispanen 2012; Beal & Flynn 2014)

Taulukko 3. Etäluettavista vesimittareista saatavat hyödyt ideaalitulanteessa (mukailten Landis+Gyr 2015c, s 14-15).

<b>Kuluttaja</b>	<b>Vesihuoltolaitos</b>	<b>Taloyhtiö</b>	<b>Ympäristö</b>
Mittarilukemaan perustuva selkeä lasku	Ajantasaisempi tietokulutuspisteiltä	Asukas maksaa vain omasta vedenkäytöstä	Ennakoiva vesivarojen hallinta
Vesihuoltolaitoksen tarjoama parempi palvelu	Kustannustehokkaampi mittarinluenta	Säästöt veden- ja energiankulutuksessa	Vähentää vedenkulutusta (jopa 30 %)
Ei enää mittarilukemien toimittamista	Mittarilla käyntien väheneminen	Suuret vedenkuluttajat löytyvät	Pienentää energiankulutusta
Vesivahinkojen ja korjauskustannusten ehkäisy	Parempi asiakaspalvelu ja mahdolliset uudet palvelut	Kiinteistön vedenkultusseurannan reaaliaikaisuus	Mittarinluennassa vähemmän päästöjä
Putkisto- ja vesikalusteuvojen nopea havaitseminen	Kehittyneempi verkostonhallinta	Vesivahinkojen havaitseminen ja paikallistaminen	
Työkalu vedenkulutuksen hallintaan	Saneerausinvestointien kohdentaminen		
Omaan kulutukseen ja vesilaskuun vaikuttaminen	Pumppaustehojen optimaalisointi		

Tällä hetkellä realistinen tavoite lienee esimerkiksi tuntikohtaisen kulutustiedon saaminen vesihuoltolaitoksen käyttöön sähkölaitoksien tapaan kerran vuorokaudessa. Tällöin muun muassa vuotojen havainnointi vahinkojen minimoimiseksi olisi tehokkaampaa. (Koponen ym. 2008, s. 51; Beal & Flynn 2014, s. 33) Seuraavaksi muutamia potentiaalisimpia AMI -tekniikan mahdollistamia hyötyjä esitellään tarkemmin.

### 2.5.1 Kiinteistökohtaisten vuotovahinkojen torjunta

Vuotovahinkoselvityksen (2012-2013) perusteella Suomessa vakuutusyhtiöiden maksamat vuotovahinkojen korvausmäärät ovat kasvaneet vuoden 2000 noin 80 miljoonasta eurosta vuoden 2012 lähes 157 miljoonaan euroon. Vuonna 2012 tapahtui noin 36 000 korvattavaa vuotovahinkotapausta, joka tarkoittaa, että vakuutusyhtiöt korvasivat päivittäin noin 100 tapausta 430 000 eurolla. (Haapaniemi 2014) Todellinen vuotovahinkojen

määrä on kuitenkin huomattavasti suurempi, sillä kaikkia vahinkoja ei ilmoiteta vakuutusyhtiöille. Finanssialan keskusliiton johtavan asiantuntijan Petri Meron mukaan kotivakuutus ja kiinteistöjen omat vakuutukset eivät korvaa kosteusvahinkoja, sillä vain äkilliset, odottamattomat vahingot korvataan. (Lehtinen 2014)

Keskimääräisesti eniten vuotovahinkoja esiintyy kerrostaloissa, omakotitaloissa ja maatilän asuinrakennuksissa. Vuotovahinkoja esiintyy varsin tasaisesti kaiken ikäisissä taloissa, mutta eniten kuitenkin vuosina 1980-1989 rakennetuissa taloissa. Suurimmat vuotovahinkojen aiheuttajat löytyvät useimmiten viemäriputkistosta, kylmävesiputkistosta ja astianpesukoneesta. (Haapaniemi 2014)

Vuotovahinkojen ennaltaehkäisyyn mainitaan yhtenä apuvälineenä vesimittarilukemien tarkkailu, kun kulutusta ei ole (Haapaniemi 2014). Vesimittarin jatkuvan tarkkailemisen sijaan nykyaikaisella mittausteknologialla on ideaalitulanteessa mahdollista havaita pienimmätkin veden virtaamamuutokset, joten vuotovahingot voidaan ennaltaehkäistä aikaisempaa tehokkaammin. Esimerkiksi Yhdysvalloissa, Bayonne -kaupungissa on saatu ennaltaehkäistyä jo yli 800 vuototapausta älykkäiden mittareiden ja etäluentajärjestelmän avulla. (Hackney 2014)

### **2.5.2 Vesijohtoverkoston hydraulinen hallinta ja verkoston vedenkulutus**

Tärkein tavoite vesijohtoverkoston hydrauliselle hallinnalle on korkeatasoisen asiakaspalvelun ja yhteiskunnan toimintojen takaaminen. Hydraulisella hallinnalla pyritään myös havaitsemaan häiriöt nopeasti ja rajaamaan ne tehokkaasti pienelle alueelle. Sen avulla hallitaan myös verkoston käyttöomaisuutta, jolla edelleen pyritään häiriöiden tehokkaaseen ennaltaehkäisyyn ja energiasäästöihin. (Aksela & Piispanen 2012, s. 7)

Vesijohtoverkostojen ikääntyessä vesihuoltolaitoksien tarve siirtyä reaktiivisesta verkostonhallinnasta proaktiiviseen hallintaan kasvaa. Reaktiivinen verkostonhallinta on perinteisesti tarkoittanut sitä, että asiakas on ilmoittanut häiriöstä ja se on pyritty nopeasti paikallistamaan ja poistamaan. Vesijohtoverkostojen ikääntyessä häiriöitä tulisi pystyä ennaltaehkäisemään proaktiivisesti. Tällainen toiminta käsittää suorituskykymitareiden laajamittaisen hyödyntämisen vesijohtoverkoston keskimääräisen ja alueellisen kunnan määrittämiseksi. Ennaltaehkäisevän toiminnan päätuotteita ovat verkoston tilan

jatkuva tunteminen sekä saneeraussuunnitelma, joka perustuu verkoston kuntotietoihin ja kunnan kehittymisen ennakkointiin. (Aksela & Piispanen 2012, s. 7)

Vedenjakelujärjestelmän suorituskykymittareilla mitataan kaikki ne vesimäärät, jotka on syötetty verkostoon vesivarastoista ja vedenpuhdistamoista. Virtaamaa mitataan myös vedentoimitusalueittain, joita voi olla useita riippuen laitoksen koosta. Vedentoimitusalueet voidaan jakaa edelleen yhä pienempiin alueellisiin mittauksiin. (Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 43) Kiinteistökohtaiset etäluettavat vesimittarit ja automaattinen mittarinluenta mahdollistavat vesijohtoverkoston vielä astetta proaktiivisemmän häiriön poiston ja tehokkaamman hallinnan (Aksela & Piispanen 2012, s. 7).

Käytössä olevien vedenjakelujärjestelmien alueellisten suorituskykymittareiden, kiinteistökohtaisten etäluettavien vesimittareiden sekä automaattisen mittarinluennan avulla on mahdollista muodostaa reaaliaikaisempi ja tarkempi vesitase. Vesitaseen avulla voidaan esittää kokonaisvesimäärän koostumus ositetusti. Vesitase voidaan esittää yksinkertaisimmassa muodossaan seuraavasti (2) (Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 25):

$$\text{Verkostoon pumpattu vesimäärä} = \text{Hyväksytty käyttö} + \text{Vuotovesi} \quad (2)$$

Yleensä vesitaseen vesimäärien suuruudet ilmoitetaan yksikössä m<sup>3</sup>/a. Vesitaseen avulla saadaan selvitettyä, mihin vedenjakeluverkostoon pumpattu vesimäärä menee ja se auttaa ymmärtämään, miten paljon vettä hukataan ennen kulutusposteita. Monimutkaisemman vesitaseyhtälön sisällön ja merkityksen ymmärtäminen antaa tietopohjaa vesijohtoverkoston kehittämistoimenpiteille sekä investointien suunnittelulle. (Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 24)

Monimutkaisempi vesitaseyhtälö voidaan esittää International Water Associationin (IWA:n) vesitasestandardin mukaan (Taulukko 4). Vesitaseen laskemiseksi vesijakeet tulee mitata tai arvioida. Lähestymistavan perusteella virhettä esiintyy tavallisesti joka osiossa, joten tarkkuutena pidetään 95 prosenttia. (Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 27)

Taulukko 4. International Water Associationin (IWA) kehittämän vesitasestandardin vesijakeet (mukaillen Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 26).

Verkostoon pumpattu vesimäärä	Hyväksytty käyttö	Laskutettu hyväksytty käyttö	Laskutettu mitattu käyttö	Laskutettu vesi	
			Laskutettu mittaaamaton käyttö		
	Vuotovesi	Laskuttamaton hyväksytty käyttö		Laskuttamaton mitattu käyttö	Laskuttamaton vesi
				Laskuttamaton mittaaamaton käyttö	
	Vuotovesi	Näennäinen vuotovesi		Luvaton käyttö	
				Mittarivirheet	
		Todellinen vuotovesi		Pää- ja jakelujohtovuodot	
				Säiliöylikuodot	
				Tonttijohtovuodot	

Vesijohtoverkoston jakaminen pienempiin mittausalueisiin ja viimeisenä kiinteistökohtaiseen etäluettavaan vedenmittaukseen mahdollistaa alueellisen todellisen vuotovesimäärän selvittämisen vesitaseyhtälön avulla. Tulosta on kuitenkin osattava lähestyä ja arvioida oikein, sillä esimerkiksi veden mittaaamaton tai luvaton käyttö sekä mittarivirheet voivat aiheuttaa vääristyneitä johtopäätöksiä vuotoveden määrästä sekä vesijohtoverkoston kunnosta (Taulukko 4).

Johtopäätökset ja arvioinnit alueellisesta vuotovesimäärästä voivat olla hyvä apuväline vesihuoltolaitokselle saneerausinvestointien kohdentamisessa. Teoriassa mitä tiheämmin mitattavaa dataa pystytään saamaan kiinteistökohtaisilta vesimittareilta sekä alueelliselta mittauspisteeltä, sitä tarkempia analyysejä ja johtopäätöksiä vuotovesien määrästä ja vesijohtoverkoston toiminnasta voidaan tehdä. Mittauspisteiltä saatavan datan toistuvuus vaikuttaa vuotovesimäärien arvioinnin ja vesitaseen antamien tuloksien luotettavuuteen. Jos dataa on mahdollista analysoida vain kerran kuukaudessa, epävarmuustekijöiden vaikutus lisääntyy ja tulosta olisi hyvä verrata esimerkiksi alueen vesijohtoverkoston ikäjakaumaan.

Vesitaseen käyttö ja ymmärtäminen on vuotovesien hallinnassa tärkeää. Sen lisäksi vuotovesien hallintaan perinteisiä tunnuslukuja ovat vuotovesiprosentti ja vuotavuusindeksi sekä vuotoveden määrän suhteuttaminen kiinteistöjen määrään, verkoston pituuteen tai

tonttijohtojen lukumäärään. Kansainvälinen vesiyhdistys (IWA) ei suosittele vuotovesiprocentin, eli vuotovesien määrää prosentteina pumpatusta vesimäärästä, käyttöä muun muassa sen takia, että siihen vaikuttaa vahvasti kulutus ja muutokset kulutuksessa. Se ei myöskään sovellu laitojen keskinäiseen vertailuun. (Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 21) Tällöin voidaan myös todeta, että vuotovesiprocentti ei sovellu vesihuoltolaitoksen vedenmittausalueiden keskinäiseen vertailuun alueellisen kunnossapitotehokkuuden määrittämiseksi.

Vuotovesien määrää suhteutettuna kiinteistöjen määrään ei suositella käytettäväksi Suomessa missään olosuhteissa. Sen sijaan vuotoveden määrän suhteuttamista verkoston pituuteen pidetään sopivana tapana vertailla verkostoja Suomen olosuhteissa. Tällöin vuotoveden määrä ilmoitetaan kuutiometreinä suhteessa verkoston pituuteen kilometreinä aikayksikössä ( $m^3$ / verkosto-km / d). Tunnusluku toimii kokemusten perusteella varsinkin maaseudulla, missä liittymiä on harvemmin kuin 20 kappaletta verkostokilometriä kohti. Vuotoveden määrän suhteuttamista tonttijohtojen lukumäärään ( $m^3$ / kpl tonttijohtoja / d) suositellaan, jos liittymiä on yli 20 kappaletta verkostokilometriä kohti. Tämän tunnusluvun käyttäminen on perusteltua, jos suurin osa vuotovedestä muodostuu tonttijohtovuodoista. (Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 21 – 22)

IWA:n vuotovesiyksikön kehittämän ILI-tunnusluvun (Infrastructure Leakage Index), eli vuotavuusindeksin laskeminen on järkevää, jos verkoston tonttijohtojen määrä ylittää 3000 kappaletta ja paine on vähintään 25 mvp (metriä vesipatsasta). Vuotavuusindeksi muodostetaan todellisen vuotuisen vuotomäärän ja pienimmän väistämättömän vuotuisen vuotoveden (vvv) suhteesta. Empiirinen väistämätön vuotuinen vuotovesi, joka ottaa huomioon verkostopaineen, voidaan laskea seuraavalla kaavalla (3) (Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 23):

$$vvv (l/d) = (18 * Lm + 0,8 * Nc + 25 * Lp) * P \quad (3)$$

missä  $Lm$  on vesijohtoverkoston kokonaispituus [km],

$Nc$  on tonttijohtojen lukumäärä [kpl],

$L_p$  on tonttijohtojen yhteispituus [km] ja

$P$  on keskimääräinen verkostopaine [m].

### 2.5.3 Mitatun datan hyödyntäminen vesijohtoverkoston mallintamisessa

Kaupungistumisen myötä vesijohtoverkostojen mallintaminen ja suunnittelu on nousmassa yhä tärkeämmäksi asiaksi Suomessa. Asutus lisääntyy ja asuinalueet kasvavat, joka asettaa haasteita vedenjakelujärjestelmän ja veden johtamiskapasiteetin riittävyydelle tulevaisuudessa. Suunnittelutoimistot tekevät selvityksiä, riittävätkö vesihuoltolaitoksien vedenjakelujärjestelmien nykyiset kapasiteetit tulevaisuuden maksimivedenkulutustilanteissa. (Finnish Consulting Group Oy 2011, s. 1)

Vesijohtoverkoston mallintamisessa ja suunnittelussa tarvitaan veden mittaustietoja (Karttunen 1998, s. 40). Mittaustietoja ovat muun muassa veden kulutus, virtausnopeus ja paine. Maailmalla kiinteistökohtaisten etäluettavien vesimittareiden mittaamaa vedenkulutustietoa on käytetty useissa erilaisissa vesijohtoverkoston tutkimuksissa ja mallintamisissa. Reaaliaikainen data mahdollistaa tarkemmat mallintamiset sekä ennusteet veden käytölle erilaisissa kulutustilanteissa. (Gurung ym. 2014)

Etäluettavien vesimittareiden tuottamaa dataa on testattu myös kiinteistön sisäisen vedenkulutuksen mallintamisessa käyttäen erilaisia matemaattisia malleja. HMM (Hidden Markov Model)-, ANN (Artificial Neural Network)- ja DTW (Dynamic Time Warping) –algoritmeja yhdessä hyödyntäen on voitu mallintaa kiinteistön yksittäisiä vedenkulutustapahtumia 85,9 – 96 prosentin tarkkuudella. Yhdistetyillä vedenkulutustapahtumilla on päästy 81,8 – 91,5 prosentin tarkkuuteen. Kyseisen tutkimuksen materiaali on kerätty yli 500 omakotitalosta Australian Melbournessa ja Kaakkois-Queenslandissa Brisbanessa. Mallintamisessa käytettyjä tapahtumia oli yli 82 000, kun vesimittarit tallensivat vedenkulutustietoa pulsseina siten, että yksi pulssi oli 0.014 litraa ja tiedot siirtyivät eteenpäin viiden sekunnin välein. Edellä mainituilla algoritmeilla ja lähtötiedoilla saatiin mallinnettua omakotitalojen suihkun, astianpesukoneen, hanojen, pyykinpesukoneen, wc:n, kylpyhuoneen ja kastelun vedenkulutustapahtumat. (Nguyen ym. 2015)

## 2.6 Viemäriverkoston hallinta

Suurin osa Suomen vesihuoltolaitoksista vastaa talousveden lisäksi myös jäteveden viemäroinnistä ja puhdistamisesta. Jätevesiverkoston ja vuotovesien hallinta ovat olleet Suomessa jo pitkän ajan ajankohtaisia aiheita ja viemärlaitoksilla on edessään mittavia saneerausinvestointeja verkostojen toimintakyvyn ylläpitämiseksi.

Viemäriin muodostuva jäteveden määrä oletetaan usein mitoitustilanteissa kiinteistöjen kuluttaman talousveden määrän suuruiseksi ja jätevesivirtaaman määrä vaihtelee viiveellä talousveden kulutuksen mukaisesti. Jätevesiviemäriin muodostuu vuotovesiä etenkin sadekausina ja lumien sulamisen aikana. Verkostoon vesi pääsee esimerkiksi huonokuntoisten tarkastuskaivojen, putkilinjojen ja niin sanottujen laittomien liitäntöjen kautta, jotka ovat kiinteistöjen toimesta viemäriin johdettuja hulevesiä. (Kajosaari 1981) Muodostuneen jäteveden kokonaismäärä mitataan viimeistään jätevedenpuhdistamolla, mutta mittauksia voidaan tehdä myös pumppaamoilla ja mittauskaivoissa (Sandqvist 2011).

Kiinteistökohtaisten etäluettavien vesimittareiden avulla olisi mahdollista seurata myös viemäriin muodostuvaa jäteveden määrää reaaliaikaisemmin. Jos etäluettavat vesimittarit olisi asennettuna kaikkiin viemäroinnin piirissä oleviin kiinteistöihin ja mittarit luettaisiin AMR –tekniikalla kolmen kuukauden välein nykyisen yleisimmän laskutusaikataulun mukaisesti, voisi kiinteistöissä muodostunutta jäteveden määrää ja jäteveden määrää puhdistamolla verrata kolmen kuukauden jaksoissa. Tällöin myös muodostuvia vuotovesimääriä voitaisiin tarkastella nykyistä lyhyemmissä aikajaksoissa kolmen kuukauden välein eri vuodenaikoina, eikä vuotovesien määrää tarvitsisi arvioida enää ainoastaan vuositasolla.

AMI –luentatavalla suoritettavalla luennalla muodostuvaa jäteveden määrää ja puhdistamolle tulevaa jäteveden määrää voitaisiin vertailla vieläkin lyhyemmissä aikajaksoissa. On kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi vuorokausi- tai jopa tuntitasolla tehtävä seuranta on todennäköisesti kannattamatonta. Saapuvien jätevesivirtaamien viive jätevedenpuhdistamolle voi olla erittäin suuri varsinkin pitkällä siirtoviemäriinjoilla riippuen kuitenkin niiden pituuksista ja kokoluokista (Kajosaari 1981, s. 326). Tämän lisäksi jätevedenpuhdistamoille tulevia virtaamia pyritään pitämään tasaisina esimerkiksi tassaustaiden avulla puhdistustehokkuuden ylläpitämiseksi (Karttunen 1998, s. 166).

Toisaalta esimerkiksi vuorokausitasoisella seurannalla voitaisiin saada selville hetkellinen pitkiin viemäriin varastoitunut jäteveden määrä ja jätevedenpuhdistamolle tulevia jätevesivirtaamia voitaisiin ennakoida.

Jätevesiverkoston alueellista kunnon arviointia lienee tällä hetkellä vaikeampi toteuttaa, vaikka sitä kautta kustannustehokkaammat saneerausinvestoinnit huonokuntoisimmille putkilinjoille olisi helpompi toteuttaa. Ensisijainen toimenpide jätevesiverkoston hallinnan parantamiseksi olisi alueellisten mittauksien järjestäminen mahdollisuuksien mukaan jätevesiverkoston ikäjakaumaa hyödyntäen. Tämän jälkeen etäluettavien talousvesimittareiden asentaminen muodostetuille alueille mahdollistaisi myös jätevesiverkoston tehokkaamman alueellisen hallinnan.

Australiassa etäluettavien vesimittareiden mahdollistaman ihmisten vedenkulutustietoisuuden lisäämisen on tutkittu vähentävän vedenkulutusta jopa yli 10 % (Beal & Flynn 2014, s. 36). Jos vedenkulutus pienenee, sillä on vaikutuksia myös jätevesiverkoston ja puhdistettavan jäteveden määrään. Jätevesimäärän liiallinen pieneneminen voi aiheuttaa haittaa viemäreille, koska tällöin viemärit eivät huuhtoudu ja kiintoaines kerääntyy viemäri pohjalle. Jätevedenpuhdistamoilla pienemmät käsiteltävät jätevesimäärät alentavat puhdistuskustannuksia, jolloin säästöjä syntyy muun muassa pienentyneiden energia- ja kemikaalikustannuksien muodossa. (Kajosaari 1981)

## **3 Ylivieskan Vesiosuuskunnan tutkimus**

### **3.1 Ylivieskan Vesiosuuskunta**

#### **3.1.1 Yritysesittely**

Ylivieskan Vesiosuuskunta on kuluttajiensa omistama vesiosuuskunta ja se perustettiin vuonna 1952. Aluksi vettä johdettiin Kekajärvestä Ylivieskan keskustan alueelle, mutta hyvin pian kuitenkin huomattiin Kekajärven vesimäärien olevan riittämättömät ja vettä päädyttiin pumppaamaan Kalajoesta. Valtaosa Ylivieskasta oli saatu yleisen vesihuollon piiriin 1980 -lukuun mennessä, mutta Kalajoen vettä ei pidetty hyvänä raakavesilähteenä suurien laatuvaihteluiden takia. Vuonna 1968 kuntayhteistyöllä perustettu vesiyhtiö Vesikolmio Oy alkoi toimittamaan vettä Ylivieskaan hyväksi todetuista ja runsaista pohjavesiesiintymistä Sievin Kiiskilästä vuonna 1970. Niinpä Kalajoen vettä ei ole käytetty edes varavetenä 1980 -luvun alun jälkeen, vaan kaikki Vesiosuuskunnan jakama talousvesi on ollut pohjavettä. (Hannula 2002)

Nykypäivänä Vesiosuuskunnan jakelualueen piiriin kuuluu noin 4 500 kiinteistöä ja vettä toimitetaan kuluttajille Sievin Kiiskilästä ja Pitkäkankaalta vuodessa noin 830 000 m<sup>3</sup>. Runkovesijohtoverkostoa on yli 330 kilometriä, talovesijohtoa noin 250 kilometriä ja vesijohtoverkosto on jaettu 26 kaukovalvonnassa olevaan mittausalueeseen. Vesiosuuskunta laskuttaa asiakkaita vedenkulutuksen perusteella, joka mitataan kiinteistökohtaisella vesimittarilla. (Huuha 2015)

Vuoteen 2020 ulottuvan visionsa mukaisesti ja pitkäjänteisen toiminnan kehittämiseksi, Vesiosuuskunta on ollut aktiivisena etäluettavien vesimittareiden yleistymisprosessissa, sillä Kamstrup A/S:n toimittamia kiinteistökohtaisia mittareita on asennettu vuoden 2013 alusta saakka (Huuha 2013). Tällä hetkellä etäluettavilla vesimittareilla mitataan vedenkulutusta noin 600 kiinteistössä (Huuha 2015).

#### **3.1.2 Vesijohtoverkoston mittaukset ja kaukovalvonta**

Tukkuvesiyhtiö Vesikolmio Oy:n keskusvalvomo rakennettiin Ylivieskan Vesiosuuskunnan toimitiloihin kesällä 1983 ja Ylivieskan Vesiosuuskunta liitettiin kaukokäyttö- ja hälytysjärjestelmään vuonna 1984, jolloin valvomon alaisuuteen kuului yhteensä yh-

deksän ala-asemaa. Kaukovalvontatoimintaa on kehitetty jatkuvasti yhteistyössä eri osakaskuntien vesihuoltolaitosten kanssa aina tähän päivään saakka ja tällä hetkellä ala-asemia on kytketty valvomoon 86 kappaletta. (Häivälä 2015) Kaukovalvontajärjestelmän ohjausoikeudet ovat tällä hetkellä valvomon päivystäjällä, Vesikolmio Oy:n päivystäjillä, Osuuskunta Valkeavedellä, Sievin Vesiosuuskunnalla, Nivalan Vesihuolto Oy:lla, Alavieskan kunnalla sekä Ylivieskan Vesiosuuskunnalla. Osakasvalvomot ovat yhteydessä valvomoon etätyöpöytäyhteydellä ja käyttäjille on määritelty käyttäjäoikeuksia pääsääntöisesti siten, että osakaslaitos voi ohjata oman alueensa prosessia. (Halme 2015) Ylivieskan Vesiosuuskunnan toimitilojen yhteydessä sijaitsevan Vesikolmio Oy:n keskusvalvomon kautta voidaan ohjata kaikkia prosesseja alueesta riippumatta (Häivälä 2015).

Ylivieskan Vesiosuuskunnalla on keskusvalvomoon liitettynä tällä hetkellä 18 ala-asemaa. Ala-asemien logiikan ja keskusvalvomon keskitinlogiikan välillä tieto siirtyy joko radiomodeemi-, 3G- tai puhelinverkkoyhteyden kautta. Ala-asemilta, kuten pumppaamoilta ja vedenottamoilta saapuvia tietoja valvomoon ovat muun muassa vesimäärä, paine, lämpötila, pH, pinnan korkeus sekä pumppujen käyntiajat. Vesijohtoverkostosta mitattavat suureet ovat vesimäärä ja paine. Vesijohtoverkostosta tulevat vesimäärätiedot tulevat keskusvalvomoon pulssitietona, jossa yksi pulssi vastaa normaalisti yhden kuution vesimäärää. (Häivälä 2015) Keskusvalvomon serverin pulssirekisteri laskee tunneittain kertyvän pulssimäärän ja muuttaa sen vesikuutioiksi (Halme 2015). Pulssin lähetystiheys on kuitenkin mahdollista muuttaa myös sellaiseksi, että yksi pulssi vastaa yhtä litraa, jolloin esimerkiksi pienemmän vedenkulutusalueen seuranta voidaan tarkentaa. Pulssitiedoista muodostettuja vedenkulutusraportteja voidaan katsella MS-Excelin avulla tunti-, vuorokausi-, kuukausi- ja vuositasoilla. Kulutusraporttien tallennusaika on käytännössä rajaton. (Häivälä 2015)

Myös keskusvalvomon servereiden trendinäytöltä on mahdollista tarkastella alueellista vedenkulutusta tarkemmin, sillä kulutusta voidaan seurata jopa 10 sekunnin tarkkuudella riippuen kuitenkin mittausalueesta ja tiedonsiirtomenetelmästä. Trendinäytön tiedot perustuvat milliampeeriviesteihin, jotka ovat toinen tiedonsiirtotapa ala-asematietojen siirtämiseen pulssitiedon ohella. Trendinäyttö ilmoittaa muun muassa tunnin aikana toteutuneen vesijohtoverkoston suurimman vedenkulutuksen sekä keskimääräisen ve-

denkulutuksen yksikössä l/min. (Häivälä 2015) Trendien tallennusaika on rajoitettu 720 vuorokauteen (Halme 2015).

### **3.1.3 Kiinteistökohtaiset etäluettavat vesimittarit**

Ylivieskan Vesiosuuskunnalla etäluettavista vesimittareista saatiin konkreettista tietoa ensimmäisen kerran kevään 2012 vesihuoltopäivillä. Aluksi Kamstrupin etäluettavia Multical -vesimittareita tilattiin koekäyttöön 15 kappaletta ja niitä asennettiin lähinnä vesiosuuskunnan henkilöstön käyttöön. Vuoden 2013 alusta mittareiden asennukset aloitettiin laajemmassa mittakaavassa uusille asuinalueille ja vuoden 2014 alusta kaikkiin kohteisiin, jotka olivat mekaanisten mittareiden laskennallisen käyttöään puolesta vaihtovuorossa. Kevääseen 2015 mennessä etäluettavia mittareita oli noin 600 kiinteistössä, joka on noin 13 % mittareiden kokonaiskannasta. Vesiosuuskunnan tavoitteena on vaihtaa vuosittain noin 400 mekaanista mittaria etäluettaviin versioihin, joka on noin 9 % kokonaiskannasta. (Huuha 2015)

Tämän hetkiset noin 600 etäluettavaa vesimittaria luetaan Ylivieskassa mittarin ohi ajamalla Kamstrupin toimittamaa Ready-ohjelmaa hyödyntäen, joka toimii Android-älypuhelinsovelluksen kautta luvussa 2.3.5 kuvaillulla tavalla. Kyseisessä luentalaitteistossa on kapasiteettia 15 000 mittaritiedon tallentamiseen. Aikaisemmin mittarilukemat kerättiin USB –mittarinlukulaitteistolla, jossa on tallennuskapasiteettia 4 000 mittaritiedolle. Etäluettavien vesimittareiden luenta vie tällä hetkellä noin yhden henkilötyöpäivän verran aikaa kolmessa kuukaudessa ja etäluettavan vesimittarin omaavat kiinteistöt saavat lukemaperusteisen vesilaskun neljä kertaa vuodessa aikaisemman toimintatavan sijasta, jolloin he saivat kolme arviolaskua ja yhden tasauslaskun. Asiakkaiden ei enää tarvitse huolehtia kiinteistönsä vesimittarin lukemisesta, eikä lukemien ilmoittamisesta. (Huuha 2015)

## **3.2 Sähkö- ja energiamittareiden etäluenta Ylivieskassa**

Ylivieskassa sähkö- ja kaukolämmön jakelu tapahtuu Herrfors Oy:n toimesta. Sähkämittareista kaikki ovat Kamstrupin toimittamia etäluettavia 382L-, 382M- tai 351B-mittareita, joista suurin osa on vanhempaa 382L-mallia olevia pienkiinteistöille tarkoitettuja mittareita. Uudempia 382M -mittareita on asennettu alle 100 pienkiinteistöön, kun taas 351B -mittareita on käytössä suuremmissa kohteissa. Sähkämittarit luetaan

Herrforsin toimesta kerran vuorokaudessa suljetun luentajärjestelmän kautta. Kerran vuorokaudessa saatavat luentasarjat sisältävät muun muassa tuntikohtaisen sähkönkulutustiedon. (Finell 2015)

Jokaisessa sähkömittarityypissä on paikka niin sanotulle MUC-moduulille, jonka avulla Ylivieskan Vesiosuuskunnan asentamia Multical –vesimittareita voitaisiin lukea sähkömittareiden kautta. Käytännön kokemuksen perusteella moduulia ei tarvitsisi asentaa jokaiseen sähkömittariin, sillä yhden moduulin avulla voidaan lukea useamman eri kiinteistön vesimittari riippuen kuitenkin etäisyyksistä ja katvealueista. (Finell 2015) Kuten luvussa 2.3.5 esitettiin, ongelmaksi muodostuvat kuitenkin kohteet, joissa on eritelty päivä- ja yösähkön hinnat tai sähkön hinta vaihtelee kausittain. Tällöin moduulipaikka on jo täytetty releellä, eikä MUC-moduulia siten voida asentaa. Herrfors Oy:n verkkopäällikkö Kristian Finellin (2015) mukaan Ylivieskan kiinteistöistä noin 25 % on kohteita, joissa moduulipaikka on jo täytetty releellä. Kaupungin taajama-alueella on sen sijaan noin 2 700 kohdetta, joihin moduuli voitaisiin asentaa ja noin 210 kohdetta, johon moduulia ei ole tällä hetkellä mahdollista asentaa. Kummankin tyyppisiä kohteita sijaitsee tasaisesti ympäri Ylivieskan taajama-alueella.

Herrfors Oy päätti vuonna 2010 siirtyä etäluettaviin kaukolämpömittareihin, sillä niistä nähtiin saatavan hyötyjä muun muassa kuukausittaisen laskutuksen helpottamiseksi. Aluksi Herrfors asensi Kamstrupin toimittamia Multical 601 -mittareita, mutta pian asennettiin jo uudempaa Multical 602 –mittarisarjaa. Tällä hetkellä noin 640 kaukolämpömittarista osa sijaitsee Ylivieskassa ja osa naapurikunnassa Alavieskassa. Verkkovirtaan kytkettyjä etäluettavia Multical 601- tai 602 -mittareita on tuosta määrästä alle 50 %. Muut mittarit ovat evl -tyyppisiä mittalaitteita, jotka ovat Enermet Oy:n kehittämää mittarisarjaa ennen Kamstrupin kehittämää Multical-sarjaa. Herrforsilla kyseiset mittarit tullaan vaihtamaan uudempiin Multical 602 -kaukolämpömittareihin tulevaisuudessa. Multical –sarjan kaukolämpömittarit olisi mahdollista lukea sähkömittareiden kautta, jolloin mittarit olisivat yhteydessä toisiinsa 444 MHz taajuudella, eikä sähkömittaria tarvitsisi varustaa luentamoduulilla. Toistaiseksi asioiden ollessa vielä varsin kehitysvaiheessa, mittarit luetaan Kamstrupin toimittamalla käsikäyttöisellä Multiterm Pro -luentapäätteellä. (Salo 2015) Tiedonsiirto-ominaisuuksiltaan Multical 62 -vesimittari on vastaavanlainen kuin Multical 602 -kaukolämpömittari.

### **3.3 Tutkimuksen suorittaminen ja siinä käytetyt menetelmät**

#### **3.3.1 Tutkimuskuvaus**

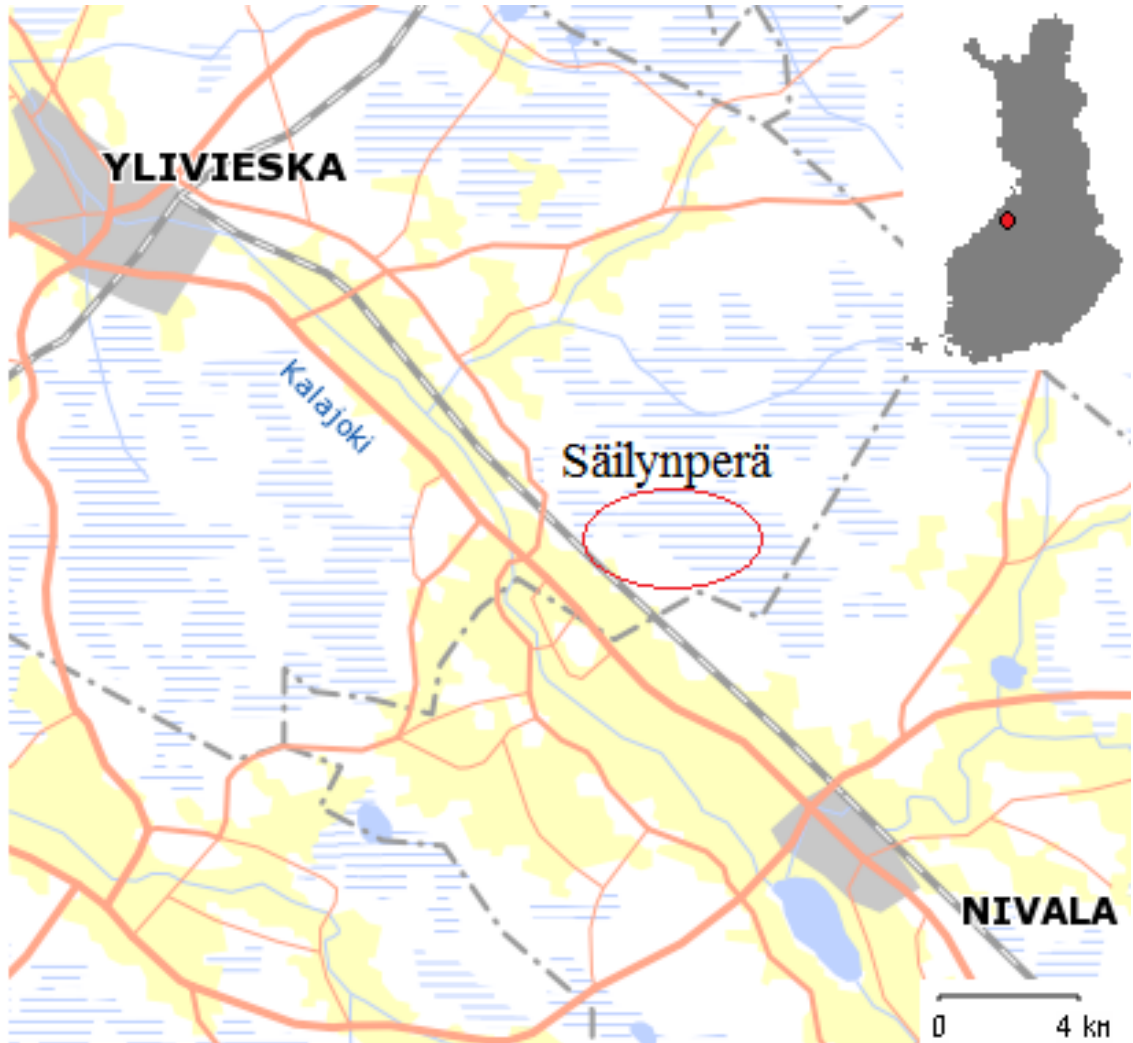
Kiinteistökohtaisten etäluettavien vesimittareiden vaikutuksia alueelliseen vesijohtoverkoston hallintaan selvitettiin Ylivieskan Vesiosuuskunnan Säilynperän vedenmittausalueella. Kamstrup A/S:n toimittamat etäluettavat vesimittarit asennettiin mittausalueen jokaiseen kiinteistöön maaliskuussa, huhtikuussa ja toukokuussa 2015, jonka jälkeen aloitettiin alueen mittaustietojen seuranta. Alueelle pumpattu vesimäärä nähtiin litran tarkkuudella tunneittain Ylivieskan Vesiosuuskunnan kaukovalvontapisteeltä ja kiinteistöjen vesimittareiden lähettämät lukematiedot kerättiin kahdelta vuorokaudelta 25.5. ja 4.7.2015 tunnin välein henkilöautolla mittarin ohi ajaen. Etäluettavan vesimittarin tallentamat vuorokausikulutuslukemat voitiin kerätä analysoitavaksi jälkepäin 20.7. – 24.7.2015 välisenä aikana. Kahden vuorokauden ajalta saadun tuntikohtaisen vedenkulutustiedon ja kahden kuukauden ajalta saadun vuorokausikohtaisen kulutustiedon perusteella muodostettiin Säilynperän mittausalueen tuntikohtaiset ja vuorokausikohtaiset vesitaseet.

Ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden ja AMR -etäluennan kokonaistaloudellista kannattavuutta verrattiin perinteisiin mekaanisiin vesimittareihin sekä perinteiseen luentatapaan. Laskelmia tehtiin kolmessa eri skenaariossa. Ensimmäisessä skenaariossa vertailtiin etäluettavaa ja mekaanista vesimittaria pienikiinteistöissä siten, että vesihuoltolaitos lukee mittarikantansa itse neljän vuoden välein. Toisessa skenaariossa vertailua tehtiin muuten samalla tavalla, mutta vesihuoltolaitoksen ei oleteta lukevan mittareitaan ollenkaan tai lukeminen tapahtuu satunnaisesti. Kolmannessa skenaariossa vertailtiin etäluettavan ja mekaanisen vesimittarin kokonaistaloudellista kannattavuutta suurkuluttajien käytössä.

#### **3.3.2 Vedenmittausalueen valinta ja sen kuvaus**

Ylivieskan Vesiosuuskunnan vesijohtoverkoston vedenkulutusta mitataan yhteensä noin 40 virtausmittarilla, jotka mittaavat pumpattuja vesimääriä kaksisuuntaisesti. Varsinkin taajaman mittausalueilla virtaamien suunnat ovat ajankohdasta eli vedenkulutustilanteesta riippuvaisia ja alueelliset kokonaisvedenkulutukset muodostuvat usean eri mittauspisteen kautta kulkevista vesimääristä. (Häivälä 2015)

Tutkimusalueeksi valittiin Ylivieskan Vesiosuuskunnan Säilynperän vedenjakelualue, joka sijaitsee vesijohtoverkoston latva-alueilla Ylivieskan taajaman kaakkois-puolella lähellä Ylivieskan ja Nivalan kuntarajaa (Kuva 1).



Kuva 1. Säilynperän sijoittuminen kartalle (mukaillen Maanmittauslaitos 2014).

Säilynperä on haja-asutusalueita ja kyseiselle vedenmittausalueelle kulkee vain yksi syöttöjohto, joka on aluksi 75 mm ja myöhemmin 63 mm sekä 40 mm vesijohtoa (Kuva 2). Vanhimmat putkijohto-osuudet ovat rakennettu vuonna 1974 Polyeteeni (PE) -putkimateriaalista ja tuosta hetkestä lähtien vesijohtoverkoston pituus on kasvanut aina alueen asutuksen lisääntyessä. Vesiosuuskunnan AutoCAD-pohjaisen YTCAD-johtokarttaohjelman perusteella määritettiin kaikki alueen vesijohdot ja niiden pituudet sekä kokoluokat (Taulukko 5).



Kuva 2. Säilynpereän vedenmittausalueen vesijohtoverkosto.

Taulukko 5. Säilynpereän vedenmittausalueen vesijohtoverkoston pituudet ja kokoluokat.

Vesijohto	Pituus [m]	Halkaisija [mm]
VJ runko	1763	75
VJ runko	140	63
VJ runko	598	40
<b>Yht.</b>	<b>2501 m</b>	
VJ talohaara	1565	40
VJ talohaara	29	32
VJ talohaara	8	25
VJ talohaara	198	tuntematon
<b>Yht.</b>	<b>1800 m</b>	
<b>Yht.</b>	<b>4301 m</b>	

Vedenmittausalue käsittää noin 4 300 metriä vesijohtoverkosta, josta noin 2,5 kilometriä on runkoverkkoa ja 1,8 kilometriä talojohtoa. Noin 200 metriä alueen vesijohtoverkosta oli kokoluokaltaan tuntematonta talojohtoa. Vesiosuuskunta on käyttänyt talo-

johtona tavallisimmin 40 mm kokoista vesijohtoa, jonka takia kyseinen noin 200 metrin mittainen vesijohto oletettiin myös 40 mm kokoiseksi. Tilavuudeltaan Säilynperän vedenmittausalueen vesijohtoverkosto on noin 8,4 m<sup>3</sup>.

Säilynperän vedenmittausalueella on 34 kiinteistöä ja Kamstrup A/S:n toimittamat etäluettavat vesimittarit päästiin asentamaan 30 kiinteistöön. Jäljelle jääneiden neljän kiinteistön vedenkulutuksen yhteenlaskettu vuosikulutusarvio on 13 m<sup>3</sup> (Taulukko 6), eli näiden kiinteistöjen vedenkulutus on pääsääntöisesti erittäin vähäistä ja ajoittuu suurimmaksi osaksi kesäajalle. Myös kiinteistöt, joihin päästiin asentamaan etäluettavat vesimittarit, ovat jaoteltuna vuosikulutusarvioiden perusteella kulutusluokkiin (Taulukko 6). Keskusvalvomon työaseman Excel-raporttitaulukon mukaan alueen keskimääräinen vuorokausikohtainen vedenkulutus vaihtelee seitsemän ja kymmenen kuutiometrin välillä (Häivälä 2015).

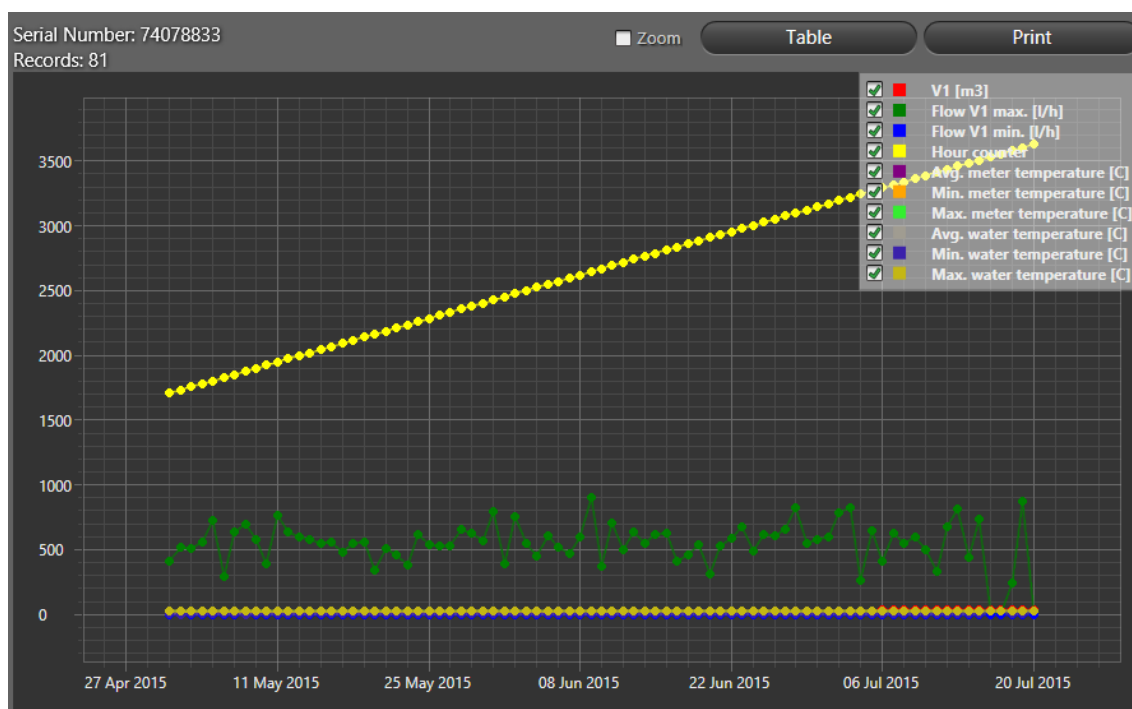
Taulukko 6. Säilynperän vedenmittausalueen kiinteistöt ja niiden vedenkäytön vuosikulutusarviot (Huuha 2015).

Kiinteistöjä yhteensä 34 kappaletta [kpl]			
Etäluettavat vesimittarit [kpl]	30	Ei etäluettavaa vesimittaria [kpl]	4
Vuosikulutusarvio ≤ 10 m <sup>3</sup> [kpl]	3	Kiinteistöjen vuosikulutusarvio yhteensä [m <sup>3</sup> ]	13
Vuosikulutusarvio 10,1-100 m <sup>3</sup> [kpl]	19		
Vuosikulutusarvio 100,1-200 m <sup>3</sup> [kpl]	5		
Vuosikulutusarvio 200,1-300 m <sup>3</sup> [kpl]	2		
Vuosikulutusarvio ≥ 700 m <sup>3</sup> [kpl]	1		

Säilynperän mittausalueelle pumpattua vesimäärää mitataan magneettisella virtausmittarilla, joka on sijoitettu mittauskaivoon (Kuva 2). Maastonkorkeudet aiheuttavat sen, että vesijohtoverkoston painetta on nostettava taajuusmuuttajalla ohjattavalla paineenkorotuspumpulla. Mittauskaivossa sijaitsevaa paineenkorotuspumppua ennen paine on noin 3,4 baaria ja sen jälkeen noin 5 baaria. Mitattavien suureiden, kuten vesimäärien, painetietojen sekä pumpun lämpörehälytysten ja taajuusmuuttajahälytysten siirtämiseksi mittauskaivossa toimii Omron -logiikka. Logiikalta tieto siirtyy 3G-yhteyden avulla keskusvalvomon keskitinlogiikalle ja siitä edelleen servereille. (Häivälä 2015)

### 3.3.3 Vuorokausikohtainen vesitase

Säilylperän vuorokausikohtaisen vesitaseen määrittämiseksi vedenmittausalueen jokainen etäluettava vesimittari käytiin lukemassa paikan päällä 20.7 – 24.7.2015 välisenä aikana. Multical 21 –mittareiden dataloggereihin tallentuvat vuorokausikohtaiset kulutuslukemat luettiin mittareihin liitettävällä optisella lukijalaitteella, jonka toinen pää oli kytketty kannettavan tietokoneen USB-porttiin. Kannettavaan tietokoneeseen asennettu Kamstrupilta saatava ohjelma on nimeltään LogView HCW (Kuva 3). Yhden mittarin tallentamat vuorokausikulutuslukemat saatiin luettua kahden kuukauden ajalta keskimäärin noin viidessä minuutissa. Eniten aikaa vievä toimenpide oli aikataulujen yhteensovittaminen kiinteistöjen asukkaiden kanssa, jotta mittarit päästiin lukemaan.



Kuva 3. LogView HCW –luentaohjelmalla näkyvät mittarikohtaiset vuorokausitiedot.

Mainitulta luentaohjelmalta lukemat siirrettiin Excel -taulukko-ohjelmaan, jossa voitiin muodostaa kaava vuorokausikohtaisen kulutuksen laskemiseksi kumulatiivisista mittarilukemista. Laskettaessa jokaisen kiinteistön vuorokausikulutukset yhteen, voitiin määrittää Säilylperän alueellinen todellinen vuorokausikohtainen vedenkulutus, eli hyväksytty käyttö, yhteensä 62 vuorokaudelle. Kumulatiivisen mittarilukeman lisäksi Exceliin siirrettyjä kiinteistökohtaisia mittaritietoja olivat vesimittarin numero, päivämäärä, vuorokauden suurin vedenkulutus [l/h], vuorokauden pienin vedenkulutus [l/h], käyttötunti-

laskuri sekä info-koodit (Kuva 4). Lisäksi uudempien mittareiden tallentamat veden ja mittarin lämpötilat siirtyivät muiden tietojen ohella Exceliin.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Serial Number:</b>	63199133				
2						
3	<b>Date</b>	<b>V1 [m3]</b>	<b>Flow V1 max. [l/h]</b>	<b>Flow V1 min. [l/h]</b>	<b>Hour counter</b>	<b>Info</b>
4	11.6.2015	136,059	830	0	26104	000
5	10.6.2015	135,719	411	0	26080	000
6	9.6.2015	135,512	382	0	26056	000
7	8.6.2015	135,203	719	0	26032	000
8	7.6.2015	134,926	0	0	26008	000
9	6.6.2015	134,926	2	0	25984	000
10	5.6.2015	134,925	625	0	25960	000
11	4.6.2015	134,71	878	0	25936	000
12	3.6.2015	134,363	537	0	25912	000
13	2.6.2015	133,931	458	0	25888	000
14	1.6.2015	133,643	416	0	25864	000

Kuva 4. LogView HCW –luentaohjelmalta tuodut kiinteistökohtaiset vesimittaritiedot Excel –taulukko-ohjelmaan.

Vesitaseen määrittämiseksi täytyi määrittää myös verkostoon pumpattu vesimäärä vuorokaudessa. Se saatiin määritettyä ensimmäiseltä aikaväliltä (19.5. – 11.6.2015) kuutiometrin tarkkuudella ja toiselta aikajaksolta (13.6. – 19.7.2015) litran tarkkuudella pulssitietona keskusvalvomon Excel –raporteista, kun Säilynerän magneettisen virtausmittarin mittausasetuksia muutettiin litran tarkkuudelle.

### 3.3.4 Tuntikohtainen vesitase

Säilynerän tuntikohtaisen vesitaseen määrittämiseksi etäluettavat vesimittarit luettiin tunnin välein mittarin ohi ajaen, eli käytännössä AMR -tekniikalla. Toisaalta kyseisellä aikavälillä suoritettu kulutuslukemien kerääminen havainnollistaa hyvin AMI –tekniikalla, eli kiinteällä verkolla suoritettavaa luenta. Mittareita luettiin kahtena vuorokautena maanantaina 25.5. ja lauantaina 4.7.2015. Mittarinluennassa käytetyt ohjelmat olivat Kamstrupin Ready ja Ready Manager, joista Ready -sovellusta käytetään Android –pohjaisissa käyttöliittymissä mittareiden luentaan ja Manager ohjelmaa PC:llä mittaritietojen käsittelyyn.

Tässä tutkimuksessa Ylivieskan Vesiosuuskunnan pöytä tietokoneelle asennettu Manager -ohjelma ja Samsung -tablettiin asennettu Ready -sovellus synkronoitiin yhteen muuntimen avulla. Vesimittarilukemat siirtyivät luennan aikana auton katolla olevan antennin kautta langallisesti muuntimeen ja siitä edelleen langattomasti Ready -

sovellukseen. Ready-sovelluksen kautta mittarit näkyivät Google Maps –pohjaisessa kartassa ja ne hävisivät kartalta mittarisignaalin tavoittaessa sovelluksen. Ready -sovelluksesta jokaiselle vuorokauden 24 tunnille muodostetut 30 kiinteistön ryhmät voitiin lähettää Vesiosuuskunnan pöytä tietokoneelle ja siitä tiedot voitiin siirtää edelleen muokattavaksi Exceliin. Excelissä kiinteistökohtaisten tuntikohtaisten kumulatiivisten mittarilukemien perusteella voitiin laskea tuntikohtaiset kulutukset jokaiselle kiinteistölle ja siitä edelleen yhteen laskemalla vedenmittausalueen todellinen vedenkulutus jokaiselle vuorokauden tunnille. Säilynerän vedenmittausalueelle pumpattu vesimäärä voitiin nähdä tunneittain jopa litran tarkkuudella keskusvalvomon Excel -raporteista samalla tavalla, kuten vuorokausikohtaiset pumpatut vesimäärätkin voitiin nähdä.

Teoriaosuuden ja maailmalla tehtyjen tutkimuksien perusteella voitiin tehdä olettaus, että jo tuntitasoinen vedenkulutustieto voisi olla hyvä apuväline kiinteistökohtaisen vedenkulutuksen analysointiin. Kiinteistökohtaisia vedenkulutuksia voitiin seurata samanaikaisesti tuntikohtaisen vesitaseen määrittämisen kanssa.

### **3.3.5 AMR – etäluennan kokonaistaloudellinen kannattavuus**

Vesihuoltolaitokset miettivät etäluettaviin vesimittareihin ja etäluentaan siirtymistä. Tällä hetkellä AMI –tekniikalla suoritetusta luennasta on vain hyvin vähän tietoa Suomen vesihuoltokentällä ja ensimmäinen vesihuoltolaitos on vasta valmistelemassa luentatapaan siirtymistä kokonaisvaltaisesti. Olemassa olevat etäluettavat vesimittarit luetaan siis pääsääntöisesti AMR –tekniikalla mittareiden ohi ajaen. Tilanteesta ja kokemusperäisen tiedon määrästä johtuen etäluettavien vesimittareiden kokonaistaloudellista kannattavuutta päätettiin arvioida tilanteessa, jossa mittarit luetaan AMR –tekniikalla. Etäluettavia vesimittareita ja AMR –luentatapaan verrattiin perinteisiin mekaanisella toimintaperiaatteella toimiviin vesimittareihin ja perinteiseen luentatapaan. Kannattavuuden selvittämiseksi tietoa etsittiin mittarintoimittajilta, kirjallisuudesta sekä Ylivieskan Vesiosuuskunnalta.

Etäluettavien vesimittareiden ja etäluennan kannattavuutta voidaan arvioida samalla tavalla kuin mitä tahansa investointia, mutta investoinnin kannattavuuslaskelmat tulisi tehdä aina tapauskohtaisesti (Beal & Flynn 2014, s. 36). Säterin (1997, s. 47) huoneistokohtaisen vedenmittauksen kannattavuuslaskelmia soveltaen, tulisi etäluennan kannat-

tavuutta arvioitaessa ottaa huomioon asennuskustannukset, huolto-, ylläpito- ja laskutuskustannukset, taloudellinen pitoaika ja korkokanta, vaikutus vedenkäyttöön sekä veden hinnan kehitys.

Ultraääniperiaatteella toimivaa etäluettavaa ja perinteistä mekaanista vesimittaria ja käytännössä kahta eri toimintatapaa vertailtiin taloudellisesta näkökulmasta 4 500 pienkiinteistön tilanteessa, jossa kaikki olemassa olevat mittarit ovat joko etäluettavia tai mekaanisia. Vertailtavia kustannuseroja mittareiden välillä aiheuttavat hankintahinnat, laskennalliset käyttöiät ja sitä kautta muodostuvat vuosittaiset mittarinvaihtovolyymit sekä mittareiden luennasta aiheutuvat kustannukset. Ultraääniperiaatteella toimivan vesimittarin ja mekaanisella periaatteella toimivan vesimittarin hankintahinnat arvioitiin keskimääräisiksi eri toimittajilta saatujen tietojen perusteella ja vuodessa aiheutuneet kokonaishankintakustannukset vesihuoltolaitokselle voitiin laskea, kun tunnetaan mittarin kappalehinta sekä vuosittainen mittarinvaihtovolyymi.

Mittarinvaihdosta aiheutuvat kustannukset vesihuoltolaitokselle voidaan laskea, kun tunnetaan tarvittava mittarinvaihtovolyymi vuodessa, arvioidaan henkilötyöpäivän aikana vaihdettujen vesimittareiden keskimääräinen lukumäärä ja arvioidaan henkilötyötunnin kustannukset vesihuoltolaitokselle.

Mittareiden luennasta sekä lukemien siirtämisestä asiakastietojärjestelmiin aiheutuvat kustannukset muodostuvat seuraavasti tilanteessa, jossa kaikki mittarit ovat henkilöautolla luettavia etäluettavia vesimittareita. Arvioidaan henkilöautolla ajettavat kilometrit vuodessa, kun vesihuoltolaitos laskuttaa asiakasta neljä kertaa vuodessa ja näin ollen myös mittarit luetaan neljästi vuodessa. Kun arvioidaan henkilöautolla ajatun kilometrin kustannus vesihuoltolaitokselle, voidaan laskea autolla ajon kokonaiskustannukset vuodessa. Arvioidaan yhden henkilön käyttämä työaika mittareiden luetaan vuodessa ja kun myös henkilötyötunnin kustannukset vesihuoltolaitokselle arvioidaan, voidaan laskea varsinaiset luennan aiheuttamat kustannukset vesihuoltolaitokselle. Laitetoimittajilta saatujen tietojen perusteella arvioidaan myös etälentalaitteiden hinta sekä ohjelmistojen, kuten mittaritietojen käsittelyssä käytettävän sovelluksen hinnat. Laitteiden ja ohjelmistojen käyttöikä arvioidaan ja näin niiden kustannukset vesihuoltolaitokselle voidaan arvioida vuotta kohti. Mittarilukemien siirto asiakastietojärjestelmiin ja sitä kautta laskuihin on ajallisesti nopea toimenpide, eikä sille tämän takia lasketa kustannuksia.

Mekaanisten vesimittareiden vuosittaiset luentakustannukset vesihuoltolaitokselle on vaikeampi laskea ja arvioida kuin etäluettavista vesimittareista aiheutuvat luentakustannukset. Vesihuoltolaitokselle aiheutuvia kustannuksia voidaan arvioida esimerkiksi kahdessa eri toimintatavassa. Ensimmäisessä skenaariossa vesihuoltolaitos lukee mekaaniset mittarinsa itse neljän vuoden välein, eli 25 % kokonaiskannasta vuodessa, jolloin mittaria kohti kertyy enemmän luentatyötä kuin toisessa skenaariossa. Siinä tapauksessa vesihuoltolaitos ei lue mittareitaan lainkaan tai paljon harvemmin kuin kerran neljässä vuodessa. Molemmissa toimintatavoissa arviolasku lähetetään keskimäärin kolme kertaa vuodessa ja tasauslasku kerran vuodessa, jota varten mittarilukemia ilmoitetaan eri ilmoituskanavia pitkin aiheuttaen vesihuoltolaitokselle paljon ylimääräistä työtä. Mittarilukemia joudutaan muun muassa syöttämään mekaanisesti asiakastietojärjestelmään. Vesihuoltolaitokselle syntyy kustannuksia myös postikulujen muodossa, sillä tasauslaskua varten laitos lähettää asiakkailleen mittarinluentakortin. Mekaanisten vesimittareiden luennasta aiheutuvat kustannukset on siis osattava arvioida mittarikohtaisesti. Vuosittaiset postikulut mittaria kohti on sen sijaan helpompi arvioida.

Etäluettavien vesimittareiden käyttöönoton ja etäluennan taloudellista kannattavuutta voitiin laskea ja arvioida myös suuremmissa kohteissa. Vertailu voitiin tehdä samalla periaatteella kuin pienempienkin mittareiden tilanteessa, mutta suurkuluttajia oletettiin tässä tapauksessa olevan 200. Tällaisten suurkuluttajien tarkemmat vedenkulutustiedot kiinnostavat paitsi itse kuluttajaa niin myös vesihuoltolaitosta, sillä useat teollisuuden yritykset käyttävät vettä paljon myös yöaikaan. Yrityksissä yön aikana tapahtuva vedenkäyttö on usein selvästi suurin osa yksittäisten vedenmittausalueiden yöajan kokonaiskulutuksesta. Toisaalta AMR –tekniikalla ei saavuteta edellä mainittuja tarkemman kulutusseurannan hyötyjä esimerkiksi tuntitasolla, joita AMI –tekniikalla olisi potentiaalista saavuttaa.

## 4 Tutkimustulokset ja tulosten tarkastelu

### 4.1 Vuorokausikohtainen vesitase

#### 4.1.1 Tutkimustulokset

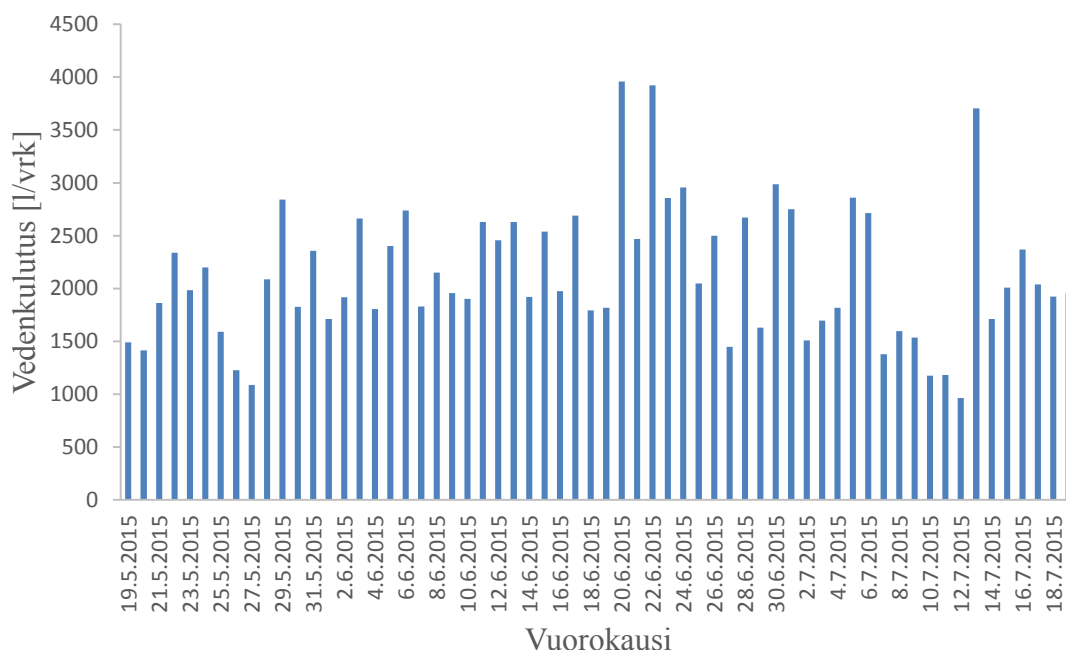
Etäluettavien vesimittareiden tallentamat vuorokausikohtaiset kumulatiiviset vesimittarilukemat voitiin kerätä, kun mittarit olivat olleet toiminnassa ennalta suunnitellun kahden kuukauden ajan. Vuorokausikohtaisen vesitaseen määrittämiseksi yksittäiseltä kiinteistöltä tarvittava mittarikohtainen tieto sisälsi osoitteen lisäksi päivämääräkohtaiset kumulatiiviset vedenkulutuslukemat (Kuva 5). Kumulatiivisten mittarilukemien perusteella laskettiin kiinteistöjen vuorokausikohtaiset vedenkulutukset Excel –taulukko-ohjelmaa käyttäen.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Päivä</b>	<b>Osoite</b>	<b>V1 [m3]</b>	<b>Kul [l/vrk]</b>		<b>Päivä</b>	<b>Osoite</b>	<b>V1 [m3]</b>	<b>Kul [l/vrk]</b>
2	19.7.2015	Säilyntie x	12,941	33		19.7.2015	Säilyntie x	18,663	120
3	18.7.2015		12,908	76		18.7.2015		18,543	115
4	17.7.2015		12,832	288		17.7.2015		18,428	164
5	16.7.2015		12,544	46		16.7.2015		18,264	274
6	15.7.2015		12,498	29		15.7.2015		17,99	258
7	14.7.2015		12,469	15		14.7.2015		17,732	362
8	13.7.2015		12,454	27		13.7.2015		17,37	115
9	12.7.2015		12,427	371		12.7.2015		17,255	128
10	11.7.2015		12,056	35		11.7.2015		17,127	77
11	10.7.2015		12,021	37		10.7.2015		17,05	278
12	9.7.2015		11,984	28		9.7.2015		16,772	454
13	8.7.2015		11,956	37		8.7.2015		16,318	212
14	7.7.2015		11,919	55		7.7.2015		16,106	167
15	6.7.2015		11,864	29		6.7.2015		15,939	376
16	5.7.2015		11,835	18		5.7.2015		15,563	203
17	4.7.2015		11,817	24		4.7.2015		15,36	263
18	3.7.2015		11,793	40		3.7.2015		15,097	385
19	2.7.2015		11,753	29		2.7.2015		14,712	177
20	1.7.2015		11,724	31		1.7.2015		14,535	225

Kuva 5. Kiinteistökohtaiselta etäluettavalta vesimittarilta vaadittavat tiedot vuorokausikohtaisen kulutuksen määrittämiseksi.

Säilyntien kiinteistöjen välinen vedenkulutus vaihteli paljon. Suurimman yksittäisen vedenkuluttajan vuorokausikohtainen vedenkulutus vaihteli 963 litran ja 3 959 litran välillä (Kuva 6). Kyseinen kiinteistö ei ole luonteeltaan tavallinen omakotitalo ja pylväsdigrammin perusteella voidaan todeta, että kulutushuiput eivät toistu säännöllisesti

esimerkiksi viikonloppuisin. Kulutushuippuja esiintyy satunnaisesti sekä viikon arkipäivinä että viikonloppuisin.



Kuva 6. Säilynpään vedenmittausalueen suurimman vedenkuluttajan vuorokausikohtaiset vedenkulutukset.

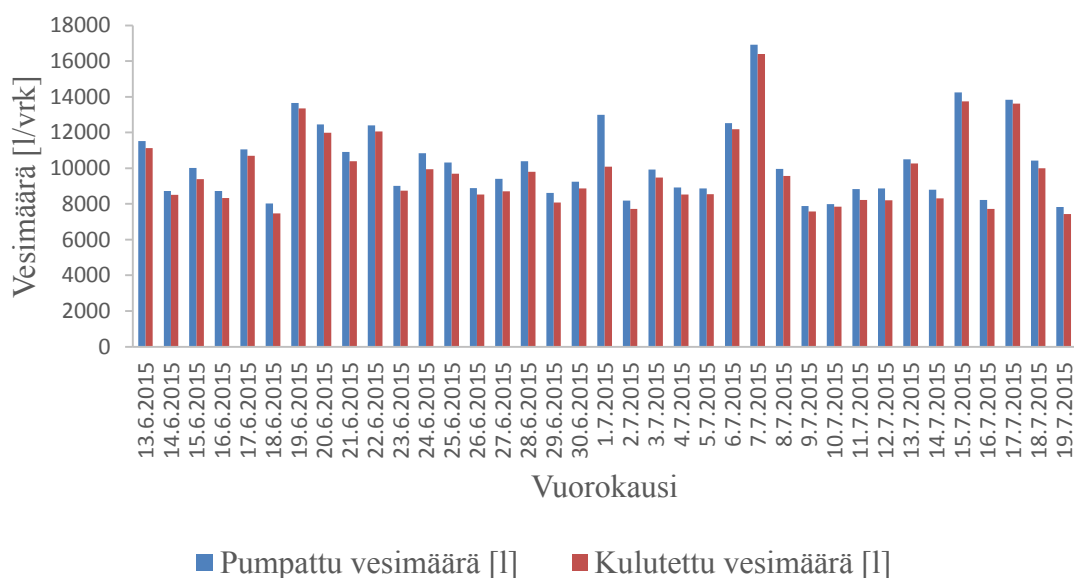
Tämän jälkeen kiinteistökohtaiset vuorokausikulutukset laskettiin yhteen päivämäärittäin ja saatiin laskettua Säilynpään vedenmittausalueen todellinen kokonaisvedenkulutus jokaiselle vuorokaudelle (Liitteet 1 & 2). Alueelle paineenkorotuspumpulla pumpatut vesimäärät voitiin nähdä 19.5. – 11.6.2015 väliseltä aikajaksolta kuution tarkkuudella ja 13.6. – 19.7.2015 väliseltä jaksolta litran tarkkuudella. Ylivieskassa sijaitsevaan keskusvalvomoon tuleva pulssitieto muutettiin kuutiometreistä litroiksi 12.6., jonka takia kyseinen vuorokausi sisältää pumpatun veden osalta sekä kuutio- että litrapulsseja, eikä se siten sovellu vesitaseen määrittämiseen. Vuorokausikohtainen vesitase muodostettiin 13.6. – 19.7.2015 väliselle aikajaksolle, jolta oli saatavilla sekä pumpatut että kulutetut vesimäärät litroina. 19.5 – 11.6. välisen aikajakson pumppaustiedot kuutiometreinä olivat liian karkeita kyseisen kokoiselle pienehkölle mittausalueelle, sillä joinakin vuorokausina kulutus oli suurempi kuin pumpattu vesimäärä (Liite 2). Tämä selittyy sillä, että vuorokauden mitatun pulssimäärän tarkkuus kuutioina voi vaihdella 0 – 999 litran välillä. Esimerkiksi pulssimäärä seitsemän voi todellisuudessa tarkoittaa 7 m<sup>3</sup>:n tai 7 999 litran vesimäärää.

Alueelle pumpatun ja alueella kulutetun vesimäärän perusteella voidaan laskea vuorokausikohtainen vuotoveden määrä esimerkiksi vuorokaudelle, jolloin vedenkulutus näyttäisi olleen kaikista suurinta 13.6. – 19.7.2015 välisenä aikana (Kuva 7):

$$\text{Vuotovesi} = \text{Verkostoon pumpattu vesimäärä} - \text{Hyväksytty käyttö}$$

Vedenkulutus oli suurinta kyseisenä aikajaksona 7.7.2015 ja vuotoveden määrä oli seuraava:

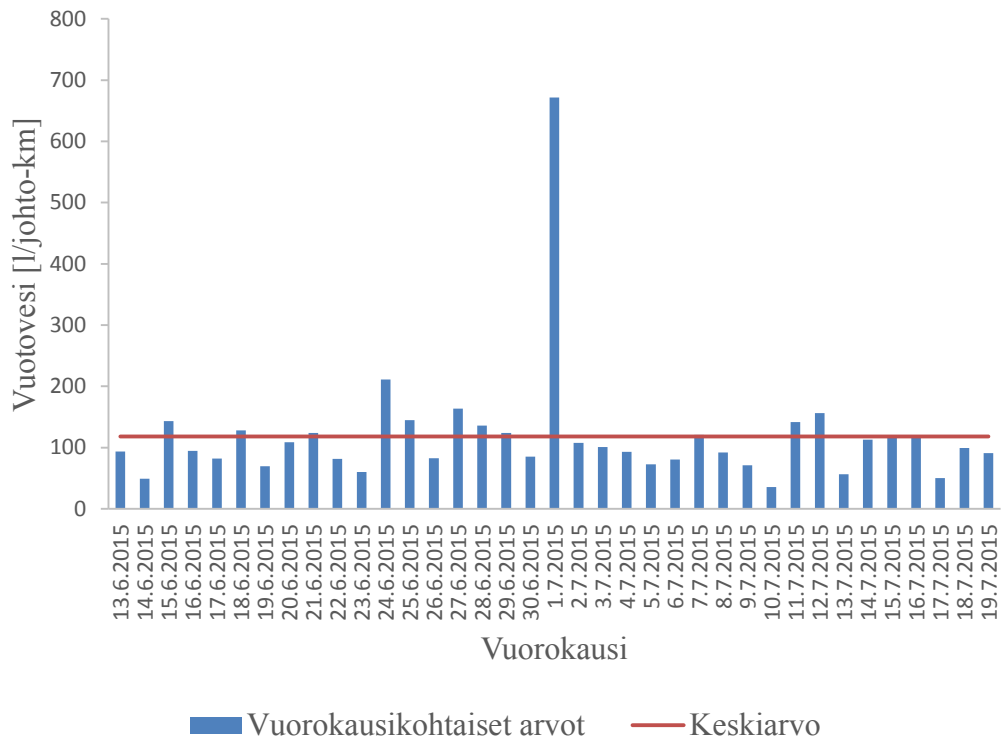
$$16921 \text{ l/d} - 16402 \text{ l/d} = 519 \text{ l/d}$$



Kuva 7. Säilynpään vedenmittausalueelle pumpatut vuorokausikohtaiset vesimäärät ja vuorokausikohtaiset vedenkulutukset.

Eli kyseisenä vuorokautena 7.7.2015 vuotoveden määrä oli noin 500 litraa, joka tarkoittaa, että alueellinen vuotovesiprosentti olisi noin 3 % pumpatusta vesimäärästä. Verkostopituuden ollessa noin 4,3 kilometriä, vuotovesiä muodostuu kyseisenä vuorokautena noin 0,12 m<sup>3</sup> johtokilometriä kohti. Verkostojen vertailuun Suomen olosuhteissa suositellaan käytettäväksi vuotoveden määrä johtokilometriä kohti aikayksikössä.

Säilynpään vedenmittausalueen vuotoveden määrä vaihteli tutkimusajankohtana noin 150 ja 2 900 litran välillä vuorokaudessa ja keskimääräinen vuotovesiprosentti oli 5 (Liite 1). Suositeltu kunnossapitotehokkuuden määrittämisen tunnusluku oli keskimäärin noin 120 l/km/d (Kuva 8).



Kuva 8. Vuotoveden määrä johtokilometriä kohti Säilynperän vedenmittausalueella.

Kun kiinteistökohtaisia etäluettavia vesimittareita luettiin 20.7. – 24.7.2015, havaittiin erään kiinteistön vesimittarin olevan väärin päin. Mittari näytti kumulatiiviseksi kulutuslukemaksi nolla-arvoa koko mittausjaksolle, mutta tämän lisäksi mittari antoi hälytyksen ”reverse”, eli se ilmoitti virtauksen olevan paluusuuntaan. Inhimillistä asennusvirhettä ei huomattu hälytyksistä mittarin ohi ajamalla, vaikka käytännössä se olisi ollut mahdollista. Esimerkiksi 1.7.2015 esiintyvä poikkeuksellisen suuri vuotoveden määrä voisi selittyä osaksi kyseisen asian kautta, jos kiinteistössä olisi kulutettu vettä poikkeuksellisen paljon esimerkiksi uima-altaan täyttämiseksi. Tähän tai vastaavaan viittaa vasta ei tehty kuitenkaan havaintoja. Kyseisessä kiinteistössä asuu vain yksi henkilö, eikä vuorokausikohtaisen kulutuksen voida olettaa olevan kuin luokkaa 100 – 150 l/d.

#### 4.1.2 Pohdintaa

Todellisia vuotoja esiintyy aina, sillä vesijohtovuotoja ei voida välttää edes uusissa hyväkuntoisissa putkiliinjoissa (Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 23). Vuotovesi koostuu näennäisestä vuotovedestä sekä todellisesta vuotovedestä (Taulukko 4). Näennäistä vuotovettä ovat mittarivirheet ja luvaton käyttö. Tässä tapauksessa suurimpana vuotovesijakeena voidaan pitää mittarivirheiden sijaan yleis-

semmin mittausvirheitä, mutta luvattoman vedenkäytön mahdollisuutta on myös syytä arvioida. Todellinen vuotovesi aiheutuu tässä tapauksessa pää- ja jakelujohtovuodoista sekä tonttijohtovuodoista. Arvioinnin perusteella 13.6. – 19.7.2015 välisen aikajakson keskimääräinen vuotovesimäärä 120 l/km/d muodostuneen suuruusjärjestyksessä seuraavasti:

- 1.) Pää- ja jakelujohtovuodot sekä tonttijohtovuodot ja
- 2.) Mittausvirheet.

Vaikka keskimääräiset vuotoveden kokonaismäärä (0,5 m<sup>3</sup>/d) sekä vuotoveden määrä johtokilometriä kohti (0,12 m<sup>3</sup>/d) ovat hyvin pieniä, voidaan vuotoveden muodostumisen arviointia perustella seuraavalla tavalla. Säilynerän noin 2,5 kilometrin pituisesta runkovesijohdosta noin 67 % ja noin 1,8 kilometrin pituisesta tonttijohdosta noin 23 % on rakennettu vuonna 1974 tai 1975. Noin 40 vuoden ikäistä PE –vesijohtoa on siis yhteensä noin 2,1 kilometriä. Putkien keskimääräiseksi käyttöiäksi voidaan arvioida 50 vuotta (Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One 2012, s. 14). Kirjoittajan oman kokemuksen mukaan alueen maaperä on ainakin paikoitellen erittäin kivistä, joka on voinut yhdessä routimisen kanssa aiheuttaa vesijohtoon vaurioita. Vesijohdon ikäjakauma ja maaperä ovat siis perusteluja, miksi pää- ja jakelujohtovuodot sekä tonttijohtovuodot arvioidaan suurimmaksi vuotoveden aiheuttajaksi mittausvirheiden lisäksi.

Mittausvirhettä muodostuneen keskimäärin 100 – 150 l/d yksittäisen kiinteistön väärin päin asennetusta vesimittarista, sillä kyseisessä kiinteistössä asuvan henkilön ei voida olettaa käyttävän tätä enempää vettä vuorokaudessa. Älykäs etäluettava vesimittari ilmoitti paikan päällä suoritettussa luennassa mittarin olevan väärin päin, sillä se antoi ”reverse –hälytyksen”, joka kertoi mittarin virtauksen olevan paluusuuntaan. Tämän perusteella mittari voitiin käydä kääntämässä oikein päin, mutta asia olisi ollut mahdollista huomata myös mittarin ohi ajamalla tehdyn luennan jälkeen. Asia olisi tullut ilmi myös mekaanisen mittarin kohdalla, jos asiakas olisi ilmoittanut mittarilukemansa kolmen kuukauden välein tapahtuvaan laskutukseen.

Muita mittaukseen liittyviä pieniä epävarmuustekijöitä voivat aiheuttaa mittarivirheet. Esimerkiksi Säilynerän vedenmittauskaivossa pumpattua vesimäärää mittaava magneettimittari voi itsessään aiheuttaa mittaustarkkuuteen hieman epävarmuutta. Ultraääniperiaatteella toimivien kiinteistökohtaisten etäluettavien vesimittareiden ei arvioida

aiheuttavan mittaukseen epävarmuutta, sillä kaikki mittarit ovat uusia ja niiden oletetaan toimivan valmistajan ilmoittamalla tavalla.

Aikaisemmin todettiin, että vuotoveden määrä oli poikkeuksellisen suuri yhtenä vuorokautena keskiviikkona 1.7.2015 (2,9 m<sup>3</sup>), eli vuotoveden määrä oli noin 2,4 m<sup>3</sup> suurempi kuin keskimäärin tutkimusjakson aikana. Vuorokaudessa alueelle pumpattu vesimäärä ei ollut tutkimusajakajakson muista vuorokausista poikkeavaa (noin 13 m<sup>3</sup>). Poikkeuksellisen suuri vuotoveden määrä ei selity yksittäisen kiinteistön yhden henkilön vedenkulutuksella, eikä vesijohtoverkosta ole huuhdeltu kyseisenä aikana. Sen sijaan luvattoman vedenkulutuksen mahdollisuutta on arvioitava etenkin niissä neljässä kiinteistössä, jotka Ylivieskan Vesiosuuskunnan tietojen mukaan ovat olleet tutkimusajankohtana asumattomina ja ilman etäluettavaa vesimittaria. Näiden neljän kiinteistön vuosikulutusarvio on yhteensä noin 13 m<sup>3</sup> vuodessa (Taulukko 6).

Verkostonhallinnan ja vuotovesien määrän arvioimisen kannalta kiinteistökohtaisilta vesimittareilta saatava aikadata oli vuorokausitasoisena riittävää ainakin tutkimusalueen kokoisella mittausalueella. Sen sijaan kiinteistökohtaisten vuotojen paikallistamiseen ja alkamisajankohtien määrittämiseen vuorokausitasoinen vedenkulutusdata ei ole riittävä. Toki tämä riippuu paljon myös vuodon suuruudesta.

## **4.2 Tuntikohtainen vesitase**

### **4.2.1 Tutkimustulokset**

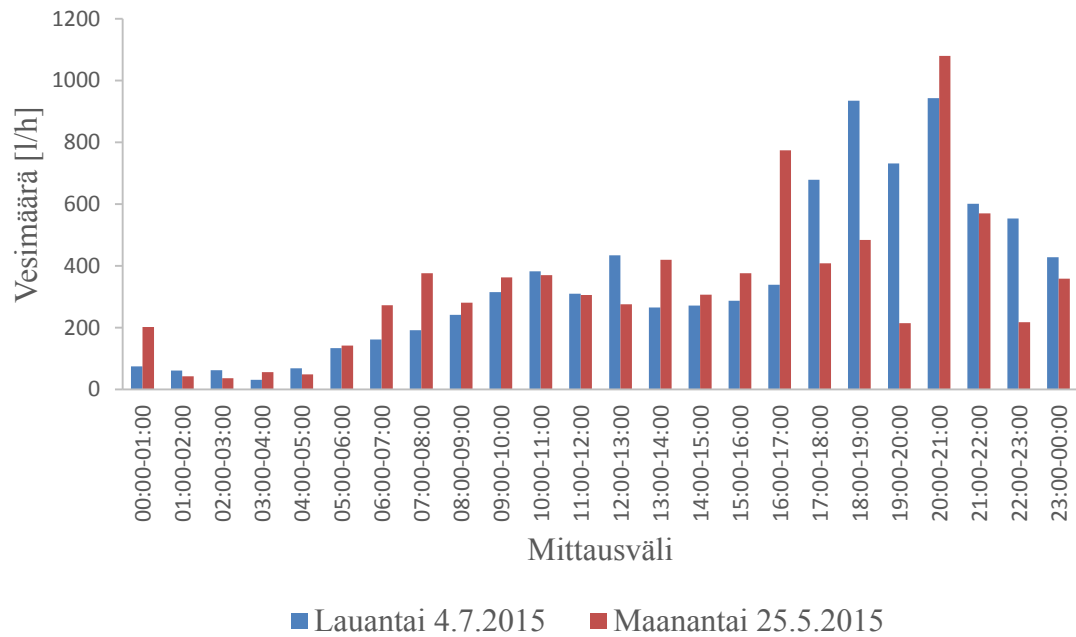
Säilynerän 30 etäluettavalla vesimittarilla varustettua kiinteistöä, jotka ovat pääsääntöisesti omakotitaloja, sijaitsevat noin kolmen tiekilometrin matkalla. Keskimääräinen yhteen mittarinluentakertaan käytetty aika oli noin kuusi minuuttia ja yksittäinen mittari saatiin luettua tunnin välein 1 – 2 minuutin tarkkuudella. Yhden mittarin luentaan käytetty aika oli keskimäärin 12 sekuntia.

Ensimmäisenä mittauspäivänä maanantaina 25.5.2015 lämpötila vaihteli -2 °C ja +9 °C välillä siten, että kylmintä oli 00:00 – 04:00 välisenä aikana ja lämpimintä keskipäivällä. Sää oli selkeää 00:00 – 06:00 välisenä aikana ja puolipilvistä 06:00 – 10:00 välisenä aikana. Kello kymmenen jälkeen aamulla mittausalueella oli pilvistä ja satoi koko loppupäivän lähes tunneittain. Toisena mittauspäivänä lauantaina 4.7.2015 sääolosuhteet

olivat hyvin samankaltaiset koko vuorokauden ajan. Lämpötila vaihteli vuorokauden aikana +12 °C ja +15 °C välillä ja sää oli puolipilvistä tai pilvistä. Vuorokauden ensimmäisinä tunteina tuli myös voimakkaita sadekuuroja. Sääolosuhteilla eikä vuorokauden ajankohdalla havaittu kuitenkaan olevan vaikutusta mittareiden luentaan.

Kahden eri vuorokauden aikana suoritettujaluentakertoja kertyi yhteensä 50 kappaletta. Näilläluentakerroilla huomattiin, että 30 kiinteistön vesimittarilukemista 27 tuli luentalaitteeseen jatkuvasti hyvin ja kolmen kiinteistön selvästi muita huonommin. Kyseisistä kolmesta mittarista kaksi sijaitsivat kiinteistöjen betonisissa kellareissa 1,5 – 2,0 metrin syvyydessä maanpinnan tasosta. Yksi mittari, jonka signaali saavutti heikosti luentalaitteen, oli sijoitettu kylmään ulkorakennukseen. Tämän takia se oli eristetty villoittamalla ja varustettu lämmityskaapelilla. Maan alla sijaitsevat betoniset kellarit ja mittarin eristäminen lienevät siis syinä, miksi kyseisten mittareiden lukemat tulivat muita kohteita huonommin luentalaitteeseen. On huomioitava, että myös eräs kolmas mittari sijaitsi syvällä betoniseinäisessä kellarissa, mutta tämän mittarilukema tuli jokaisella kerralla hyvin luentalaitteeseen. Syy voi olla siinä, että mittarin lähettämä signaali pääsee heijastumaan mittarin kanssa samalla tasolla olevasta kellarin ikkunasta hyvin ulos ja luentalaitteeseen.

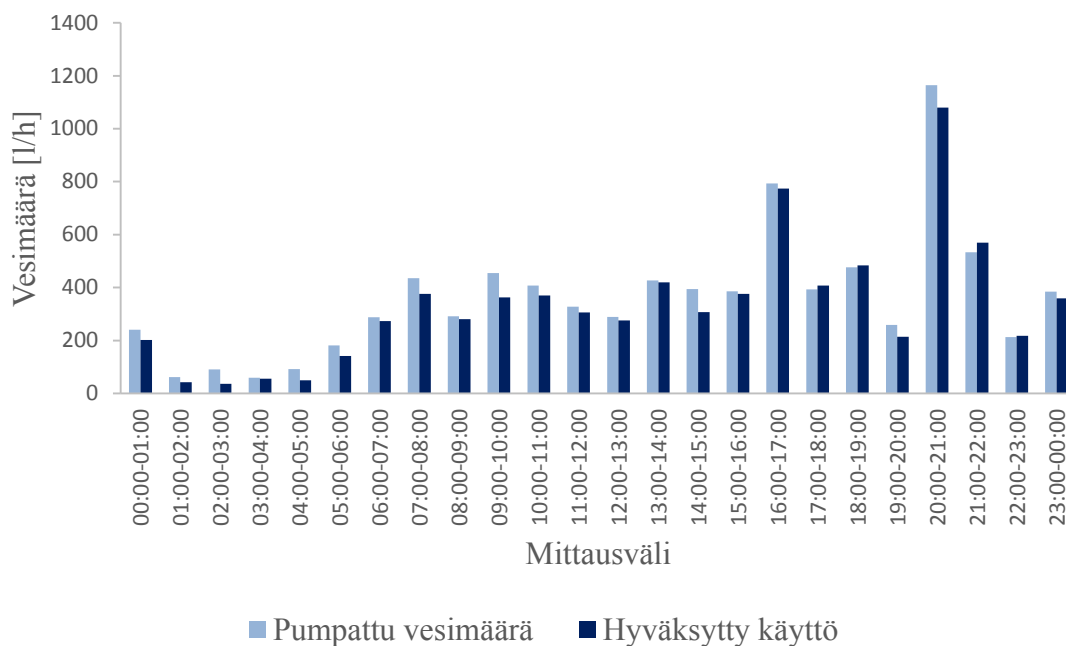
Vedenmittausalueen suurin tuntikohtainen vedenkulutus ajoittui maanantaina 25.5.2015 kello 16:00 – 17:00 (774 l/h) välille sekä 20:00 – 21:00 (1 080 l/h) välille. Vedenkulutus oli pienintä kello 01:00 – 05:00 välisenä aikana, jolloin kulutus vaihteli 36 – 56 l/h välillä. Lauantaina 4.7.2015 vedenkulutus oli suurinta kello 18:00 – 19:00 (935 l/h) ja kello 20:00 – 21:00 (943 l/h) välisinä tunteina. Pienintä kulutus oli kello 00:00 – 05:00 välisenä aikajaksona, jolloin kulutus vaihteli 31 – 75 l/h välillä. (Kuva 9)



Kuva 9. Säilynerän vedenmittausalueen todellinen tuntikohtainen vedenkulutus maanantaina 25.5.2015 ja lauantaina 4.7.2015.

Tehtyjen tuntikohtaisten mittariluentojen perusteella ja keskusvalvomosta nähtävän tuntikohtaisen pumpatun vesimäärän perusteella on mahdollista muodostaa tuntikohtaiset vesitaseet kahdelle eri vuorokaudelle (Kuvat 10 & 11). Näiden tietojen perusteella ja vesitaseen avulla on myös mahdollista laskea tuntikohtainen vuotoveden määrä (Liite 3):

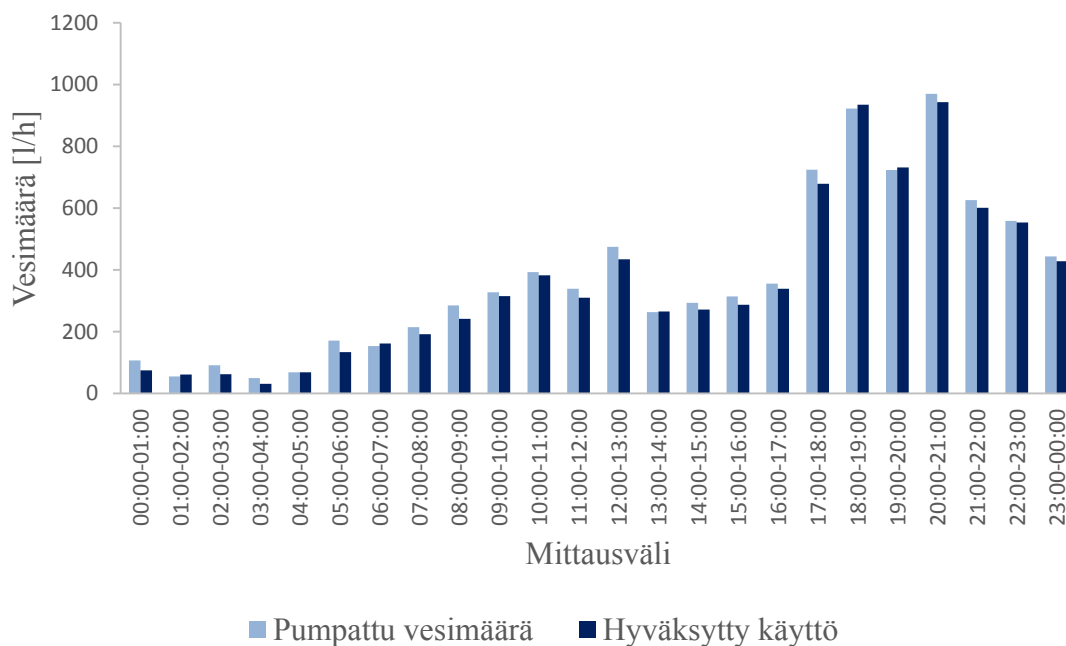
$$\text{Vuotovesi} = \text{Verkostoon pumpattu vesimäärä} - \text{Hyväksytty käyttö}$$



Kuva 10. Säilynerän vedenmittausalueelle pumpattu tuntikohtainen vesimäärä ja tuntikohtainen vedenkulutus 25.5.2015.

Tuntikohtaiset vuotovesimäärät Säilynerän 4,3 kilometrin pituisessa vesijohtoverkostossa vaihtelivat maanantaina 25.5.2015 noin 0 – 90 l/h välillä ja vuotoveden määrä pumpatusta vesimäärästä, eli vuotovesiprosentti, vaihteli 0 – 60 % välillä. Määrällisesti eniten vuotovettä muodostui kello 09:00 – 10:00 välisenä aikana (91 l/h), jolloin vuotoveden määrä oli verkostokilometriä kohti noin 21 l/h. Vuotovesiprosentti oli suurimmillaan kello 02:00 – 03:00 välisenä aikana (60 %). Vesijohtoverkoston pumpattu vesimäärä oli pienempi kuin kiinteistöjen kuluttama vesimäärä vuorokauden neljänä tuntina kello 17:00 – 19:00 ja 21:00 – 23:00 välisinä aikoina (Kuva 10).

Lauantaina 4.7.2015 tuntikohtainen vuotovesimäärä oli suurimmillaan kello 17:00 – 18:00 välisenä aikana (45 l/h), jolloin vuotoveden määrä oli suurin myös verkostokilometriä kohti (10 l/h). Vuotovesiprosentti oli suurimmillaan kello 02:00 – 03:00 välisenä aikana (32 %). Kuten aikaisempanakin mittausvuorokautena 25.5, myös kyseisenä vuorokautena kiinteistöjen yhteenlaskettu tuntikohtainen kulutus oli välillä suurempi kuin vesijohtoverkoston pumpattu vesimäärä. Nämä tunnit olivat kello 06:00 – 07:00, 13:00 – 14:00 ja 18:00 – 20:00 välisinä aikoina (Kuva 11).

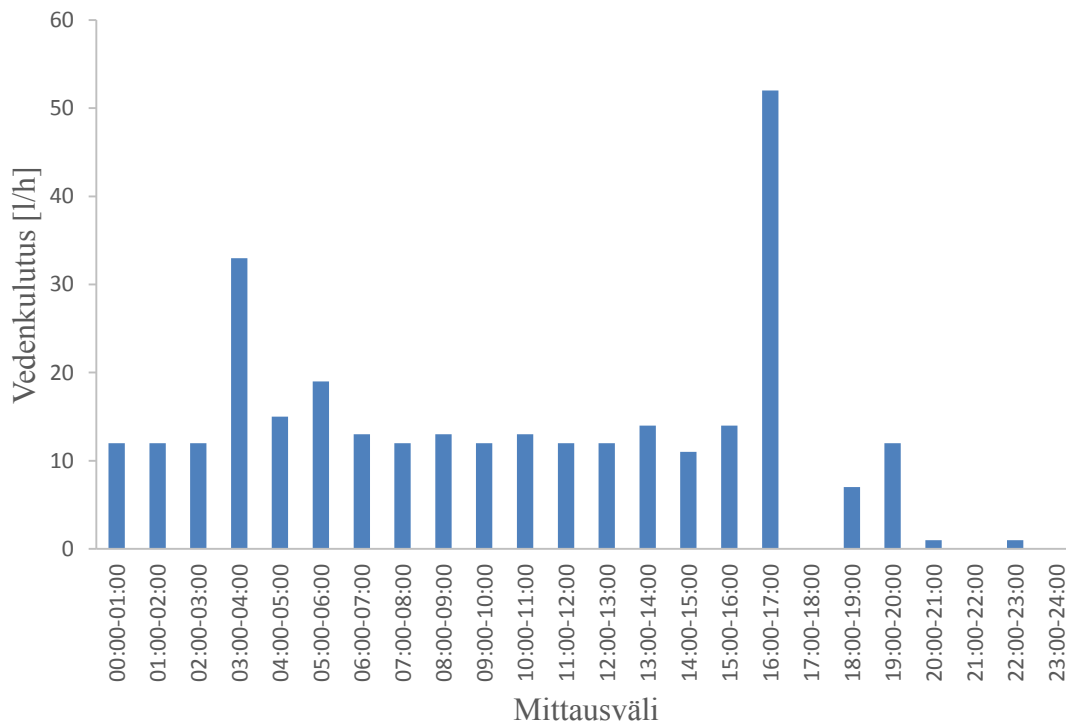


Kuva 11. Säilynperän vedenmittausalueelle pumpattu tuntikohtainen vesimäärä ja tuntikohtainen vedenkulutus 4.7.2015.

Säilynperän mittauskaivossa sijaitsevan paineenkorotuspumpun käyntiperiaate selittää molempina vuorokausina esiintyneet tunnit, jolloin alueen kiinteistöjen kuluttama yhteenlaskettu vesimäärä on suurempi kuin alueelle pumpattu vesimäärä (Kuvat 10 & 11). Pumppu käynnistyy aina silloin, kun vesijohtoverkoston paine laskee tietyn tason alapuolelle ja pysähtyy, kun vesijohtoverkoston paine nousee tietylle tasolle (Karttunen 2004, s. 323). Vedenkulutuksen kasvaessa tai vesijohtoverkoston vuotaessa ja pumpun ollessa pysähdyksissä verkostopaine laskee, kunnes tietyn painerajan alittaessaan pumppu käynnistyy. Ylivieskan Säilynperän mittauskaivossa sijaitsevan paineenkorotuspumpun käynnistymiseen tarvittava paineen alaraja on 3,5 – 3,6 baaria ja pysähtymiseen tarvittava paineen yläraja on 5,1 – 5,6 baaria. Pumppu on käynnissä siihen asti, kunnes vesijohtoverkoston paineyläraja saavutetaan. Tällöin voi syntyä tilanne, jossa alueelle pumpattu vesimäärä on pienempi kuin kiinteistöjen kuluttaman vesimäärän ja vuotovesimäärän summa. Asiaa pohditaan ja käsitellään syvällisemmin luvussa 4.2.2.

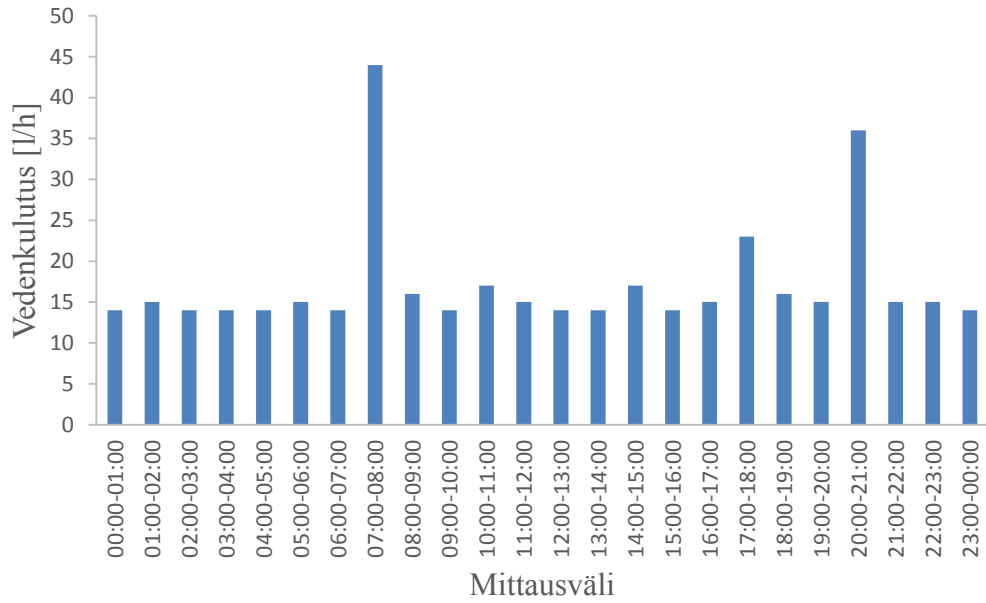
Myös mittaus- ja mittarivirheet aiheuttanevat tuloksiin virhettä. Etenkin kiinteistökohtaisten etäluettavien vesimittareiden luennassa esiintyy virhettä, sillä kaikkia mittareita ei saatu luettua yhtä tarkasti tasatunneittain, kuten alueelle pumpatut vesimäärät voitiin todeta.

Tehdyn tuntikohtaisen etäluettavien vesimittareiden seurannan perusteella 25.5.2015 informoitiin erästä alueen kiinteistöä mahdollisesta vuodosta, sillä vuonna 1974 rakennetun kiinteistön vedenkulutus oli vuorokauden ensimmäisinä tunteina sekä eräinä keskipäivän tunteina minimissään 12 l/h (Kuva 12). Kuluttajaa informoitiin asiasta mitauspäivän aikana paikan päällä ja syyksi paljastui vuotava WC-istuin. Tehtyjen mitausten perusteella vuoto oli poistettu iltaan mennessä.



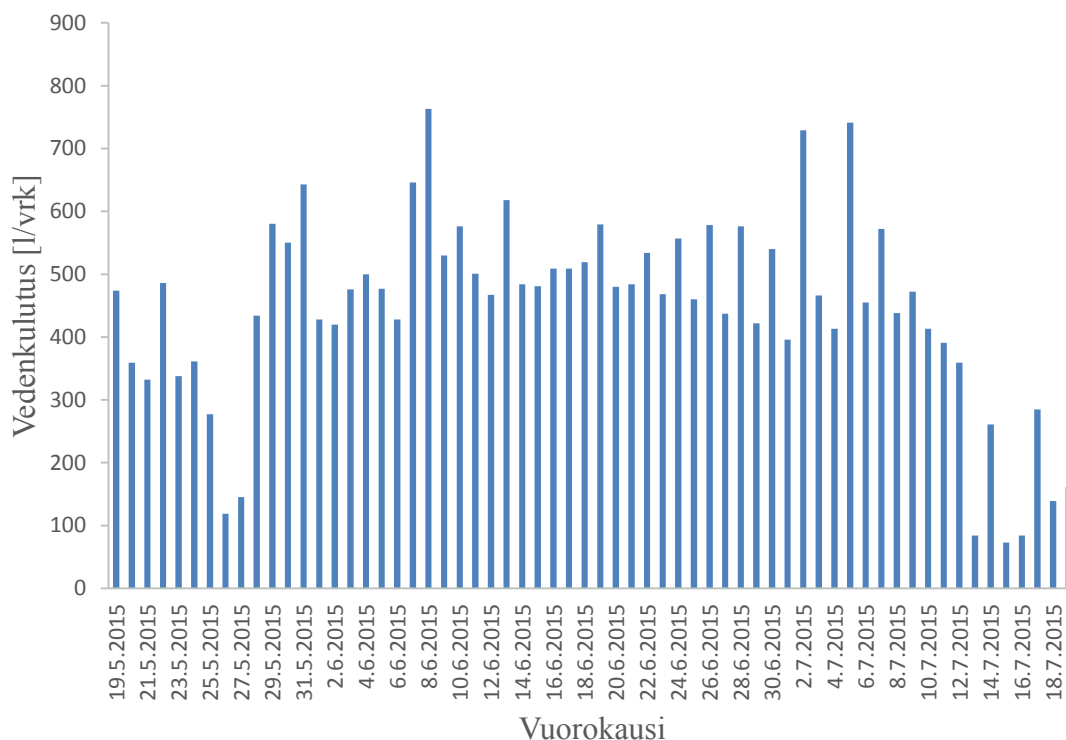
Kuva 12. Kiinteistö X:n vedenkulutus 25.5.2015.

Samassa kiinteistössä huomattiin olevan jatkuvaa kulutusta (14 l/h) myös lauantaina 4.7.2015. Asiasta informoitiin kuluttajaa maanantaina 6.7. ja syyksi paljastui tälläkin kertaa WC-istuin, joka oli kylläkin vaihdettu jo uudempaan versioon. (Kuva 13)



Kuva 13. Kiinteistö X:n vedenkulutus 4.7.2015.

Kiinteistön vuorokausikohtainen vedenkulutuksen seuranta paljastaa, että uusi WC-istuin oli alkanut vuotamaan lähes välittömästi sen asennuksen jälkeen, eli oletettavasti 28.5. Uusi WC-istuin lienee korjattu vuorokausikohtaisen vedenkulutusseurannan perusteella 12.7.2015. (Kuva 14)



Kuva 14. Kiinteistö X:n vuorokausikohtainen vedenkulutus.

Kyseisessä tapauksessa esimerkiksi 12 l/h vuotava WC-istuin aiheuttaisi vuorokausitasolla 288 litran ja vuositasolla noin 104 m<sup>3</sup> ylimääräisen vedenkulutuksen kiinteistölle. On tärkeää huomioida, että kyseinen vesimäärä olisi voinut viemärin sijasta virrata suoraan myös asuinkiinteistön rakenteisiin ja aiheuttaa kiinteistölle jo lyhyessäkin ajassa moninkertaiset vuotovahinkokustannukset verrattuna Ylivieskan Vesiosuuskunnan toiminta-alueella 104 m<sup>3</sup> ylimääräisestä vedenkulutuksesta aiheutuviin noin 120 euron lisäkustannuksiin.

Vuotovahinkoselvityksen (2012-2013) mukaan vakuutusyhtiön maksama keskimääräinen vuotovahinkokorvaus oli vuonna 2012 noin 4 300 euroa (Haapaniemi 2014). Vakuutusyhtiöt maksavat korvauksia esimerkiksi kotivakuutuksen omaavalle kiinteistölle, jos vuotovahinko on tapahtunut heidän havaintojensa perusteella äkillisesti ja odottamattomasti. Sen sijaan kosteusvahingoiksi määrittelemiään vahinkoja vakuutusyhtiöt eivät korvaa. (Lehtinen 2014)

#### 4.2.2 Pohdintaa

Kyseisellä Säilynerän vedenmittausalueella tuntikohtaisesta kiinteistökohtaisesta vedenkulutuksen seurannasta ei ole havaittavissa niin suurta hyötyä vesijohtoverkoston hallinnassa kuin vuorokausikohtaisesta seurannasta, jos tarkastellaan ainoastaan tuntitason vuotovesitietoja, jolloin joinakin tunteina vesijohtoverkoston kulutus voi olla suurempi kuin alueelle pumpattu vesimäärä. Tämä selittyy seuraavalla tavalla.

Verkostopaineen ylärajan saavuttamisen jälkeen voi periaatteessa syntyä tilanne, jolloin vuotoveden määrää ei voida luotettavasti mitata tuntitasolla. Tällainen tilanne voi syntyä jopa kahdelle peräkkäiselle tunnille, joka havaittiin tutkimuksessa. Kun paineyläraja on saavutettu ja pumppu on pysähtynyt, vedenmittausalueelle ei mitata pumpattavaa vesimäärää. Samanaikaisesti vedenmittausalueella voi olla pientä kulutusta ja vesijohtoverkosto voi vuotaa, mutta verkoston paine pysyy määritetyn painealarajan yläpuolella. Tällöin pumppu voi olla pysähdyksissä teoriassa jopa tunnin ajan, jolloin alueelle pumpattu ja mitattu vesimäärä on nolla. Jos kiinteistöjen tunnissa kuluttama vesimäärä ja vuotovesimäärä ovat suurempia, paine laskee alle määritetyn asetusarvon ja pumppu käynnistyy. Pumppu voi käynnistyä vielä saman tunnin aikana, mutta pumpattu ja mitattu vesimäärä ei ehdi nousta samalle tasolle kuin kiinteistöjen kuluttaman vesimäärän ja vuotoveden määrän summa tunnin aikana. Tämän takia pelkästään tuntitason vuotovesitietojen perusteella vesijohtoverkoston kunnosta voi saada jopa virheellisen kuvan, jolloin on tärkeää tuntea verkostoon pumpattavan veden pumppausmekanismi. Vuorokausitason tarkastelussa vastaavaa ongelmaa ei synny.

Tuntitasoinen seuranta kohdistui kahdelle eri vuorokaudelle, joten kiinteistökohtaista vedenkulutustietoa oli käytössä yhteensä 48 tunnin ajalta. Kyseisen vedenmittausalueen kiinteistöt ovat toiminnan luonteeltaan sellaisia, että vedenkulutusta on vain satunnaisesti yöaikaan ja päivisin kulutukset pysyvät alueellisesti maltillisena. Lisäksi yhdenkin kiinteistön runsaampi tuntikohtainen vedenkäyttö aiheuttaa suurta poikkeamaa alueen kokonaisvedenkulutuksen muihin tunteihin nähden. Jos kiinteistökohtaisesta vedenkulutuksesta olisi saatu jatkuvaa tuntikohtaista dataa pidemmältä aikajaksolta, voitaisiin dataa käyttää erilaisten vedenkulutustilanteiden mallintamiseen ja vedenkulutushistoriaa voitaisiin hyödyntää myös vuotojen havaitsemiseen. Vedenkulutushistorian tunteminen on tärkeää varsinkin normaalista vedenkulutusrytmistä poikkeavien veden-

kuluttajien tilanteissa, jolloin historian tunteminen voi auttaa esimerkiksi vuotojen havaitsemisessa.

Tuntitasoisella vedenkulutuksen seurannalla olisi paljon potentiaalia kiinteistökohtaiseen vedenkulutuksen seurantaan ja vuotovahinkojen ehkäisemiseen. Jos kiinteistökohtaista vedenkulutusta seurattaisiin tutkimuksessa toteutetulla aikavälillä tunnin välein ultraääniperiaatteella toimivalla mittarilla, pystyttäisiin vuotovahinkoja minimoimaan ja ehkäisemään merkittävästi. Seurannan avulla voitaisiin havaita jo hyvin pienetkin vuodot ja niiden alkamisajankohta pystyttäisiin osoittamaan varsin tarkasti. Myös Hänninen (2015) tutki opinnäytetyössään, että ultraääniperiaatteella toimiva etäluettava vesimittari mittaa pieniä tilavuusvirtoja (jopa 2,7 l/h) tarkasti.

Tässä tapauksessa on oleellista huomioda, että mekaaninen vesimittari ei välttämättä ole yhtä tarkka pienillä virtaamilla kuin ultraääniperiaatteella toimiva vesimittari. Uusien mekaanisten vesimittareiden pienin tilavuusvirta ( $Q_1$ ) on esimerkiksi usean tyyppisissä Zenner –mittareissa 31,25 l/h (Zenner-Korkeamaki 2015), kun vastaava arvo on esimerkiksi Kamstrupin toimittamalla ultraääniperiaatteella toimivalla vesimittarilla 10 l/h (Multical® 21 2014). Tämä on siis pienin virtaama, jolla virhettä voi syntyä sallittujen rajojen puitteissa. Mekaanisten osien kuluminen ja veden kuljettamat partikkelit heikentävät tosin mekaanisen mittarityypin tarkkuutta pienillä virtaamilla varsinkin pidemmän ajan kuluessa.

Osa mekaanisten vesimittareiden toimittajista ilmoittaa mittareilleen myös liikkeellelähtöherkkyyden. Zenner ilmoittaa mittarinsa liikkeellelähtöherkkyydeksi 10 l/h ja Siemens ilmoittaa kyseisen arvon olevan mittareillaan pienempi kuin 8 l/h (Zenner-Korkeamaki 2015; Siemens 2009). Liikkeellelähtöherkkyyсарvo on esimerkiksi Zenner –mittarissa huomattavasti pienempi kuin kyseisen mittarin pienimmän tilavuusvirran arvo, jolla virhettä voi syntyä sallittujen rajojen puitteissa. Tutkimuksessa havaitut vuodot (Kuvat 12 & 13) olisi mahdollisesti havaittu myös edellä mainituilla uusilla, kulumattomilla ja likaantumattomilla mekaanisilla vesimittareilla, jos vedotaan liikkeellelähtöherkkyyteen, mutta mittaustuloksia ei olisi voitu pitää sallittujen virherajojen puitteissa luotettavina.

## **4.4 AMR -etäluennan kokonaistaloudellinen kannattavuus**

Ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden ja AMR -etäluennan kokonaistaloudellista kannattavuutta vesihuoltolaitoksen käytössä verrattiin perinteisiin mekaanisiin vesimittareihin ja perinteiseen luentatapaan. Kokonaistaloudellisuuden määrittämiseksi tehtävät laskelmat sisältävät useita arvioita ja etenkin mekaanisten vesimittareiden luentaan liittyvät käytännöt sekä tottumukset ja niiden kautta aiheutuvat kustannukset vaihtelevat paljon. Näitä kahta vesimittarityyppiä ja niiden sisältämiä toimintatapoja vertailtiin kolmessa eri skenaariossa. Ensimmäisessä skenaariossa pienkiinteistön vesimittareita vertailtiin tilanteessa, jossa mekaanisten vesimittareiden luenta suoritetaan vesihuoltolaitoksen toimesta neljän vuoden välein tai mittarikannasta 25 % luetaan vuosittain. Toinen skenaario erosi ensimmäisestä skenaariosta siten, että siinä vesihuoltolaitos ei lue mittarikantaansa itse laisinkaan. Kolmas skenaario muodostettiin suurkuluttajien vedenkulutusta mittaavien vesimittarityyppien vertailua varten.

### **4.4.1 Skenaario 1**

Ultraääniperiaatteella toimivaa etäluettavaa ja perinteistä mekaanista vesimittaria on vertailtu taloudellisesta näkökulmasta 4 500 pienkiinteistön tilanteessa (Taulukko 7). Tässä kannattavuuden arvioinnissa mekaanisen mittarin hintana käytetään 20 euroa, kuten luvussa 2.2 esitettiin ja etäluettavan vesimittarin keskimääräisenä hintana käytetään 100 euroa, kuten luvussa 2.3.6 esitettiin. Mittareiden vuosittainen hankinta- ja vaihtovolyymi on määritetty mittarityypistä riippuvan laskennallisen käyttöiän perusteella siten, että kaikki 4 500 mekaanista vesimittaria tulisi vaihdetuiksi 10 vuoden aikana ja kaikki 4 500 etäluettavaa vesimittaria tulisi vaihdetuksi 16 vuodessa. Näiden tietojen perusteella on laskettu 450 mekaanisen vesimittarin kokonaishankintakustannukseksi noin 9 000 euroa vuodessa. Sen sijaan 280 etäluettavan vesimittarin hankintakustannukset ovat vuotta kohti noin 28 000 euroa.

Taulukko 7. Perinteisten mekaanisten ja ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden vuosikohtaiset kustannukset.

<b>4500 pienkuluttajaa, DN 20</b>			
<i>Etäluettava vesimittari</i>		<i>Mekaaninen vesimittari</i>	
Laskennallinen käyttöikä [a]	16	Laskennallinen käyttöikä [a]	10
Kappalehinta [€]	100	Kappalehinta [€]	20
Mittaria vuodessa [kpl]	280	Mittaria vuodessa [kpl]	450
Hankintahinta [€/a]	<b>28000</b>	Hankintahinta [€/a]	<b>9000</b>
<b>Mittarin vaihdosta aiheutuvat kustannukset vuodessa</b>			
Vaihtotahti: 8 mittaria päivässä asentajaa kohti			
Työtuntikustannus: <b>30 €/h</b>			
Työtunnit / 280 mittaria	280	Työtunnit / 450 mittaria	450
Vaihtokustannus [€/a]	<b>8400</b>	Vaihtokustannus [€/a]	<b>13500</b>
<b>Mittarinluvusta aiheutuvat kustannukset ja siihen liittyvät muut kustannukset vuodessa</b>			
Mittarinluku neljä kertaa vuodessa		Mittarinluku kerran vuodessa	
Työntekijä + Auto + M-Bus-lukija		Mittarinlukukortit + muu työ	
Auton kilometrit [km/a]	5000	Työaika/mittari [min]	10
Km-kustannus [€/km]	0,44	Postikulut/mittari [€]	1
Kahdeksan työpäivää [h]	64		
Lukukustannus [€/a]	<b>4200</b>	Lukukustannus [€/a]	<b>27000</b>
<b>Muut kustannukset vuodessa</b>			
M-Bus vastaanotin [€/a]	<b>50</b>		
Tietokoneohjelmat [€/a]	<b>250</b>		
<b>Vuosikustannukset [€/a]</b>			
	<b>40 900</b>		<b>49 500</b>

Mekaanisen ja etäluettavan vesimittarin vaihto on ajallisesti ja teknisesti samanlainen suoritus. Yksi asentaja ehtii teoriassa vaihtamaan 10 – 12 vesimittaria yhden työpäivän aikana, mutta käytännön tasolla tämä on harvoin mahdollista, sillä usein jonkin pienenkin asian tarkistaminen kauempana sijaitsevassa kohteessa saattaa viedä koko työpäivän verran aikaa (Välisalo ym. 2013, s. 60). Tämän takia käytännön tasolla realistisempaan keskimääräisenä vaihtotahtina voidaan pitää kahdeksaa mittaria työpäivää kohti. Yhdessä päivässä vaihdetun mittarikannan suuruuteen vaikuttaa oleellisesti myös se, miten kantaa halutaan lähteä vaihtamaan. On selvää, että alueellisessa mittareiden vaihdossa autolla ajettujen kilometrit ja siihen kulunut työaika on vähäisempi verrattuna muihin vaihtoehtoihin. Henkilötyöpäivä sisältää kahdeksan työtuntia ja yhden työtunnin kustannus on Hännisen (2015, s. 35) mukaan noin 30 €. Näiden tietojen perusteella on laskettu 280 mekaanisen ja 450 etäluettavan vesimittarin vaihdosta ja asentamisesta aiheutuneet kustannukset vuodessa. Laskelmien mukaan mekaanisten vesimittareiden vaihto olisi vuositasolla noin 13 000 – 14 000 euron kustannus vesihuoltolaitokselle ja etäluettavien vesimittareiden vastaavat kustannukset olisivat noin 8 000 – 9 000 euroa (Taulukko 7).

Hännisen (2015, s. 35) mukaan Alajärven vesiosuuskunnan käyttämä keskimääräinen työaika mekaanista vesimittaria kohti on noin 10 minuuttia vuodessa ja postikulut noin kaksi euroa vuodessa. Tässä kustannuslaskelmassa keskimääräisenä työaikana käytetään 10 minuutin työaikaa, kun oletetaan, että vesihuoltolaitos lukee 25 % mittarikannastaan jokaisena vuotena. Postikulut arvioidaan sen sijaan yhden euron suuruisiksi vesimittaria kohti. (Huuha 2015) On kuitenkin huomioitava, että todellisuudessa kustannukset ovat hieman suuremmat, sillä laitoksen suorittamasta itseluennasta muodostuu kustannuksia myös autolla ajettujen kilometrien kautta. Kun yhden työtunnin kustannuksena käytetään 30 euroa, voidaan tehdä laskelmat mekaanisten vesimittareiden vuosittaisista luentakustannuksista (Taulukko 7). Sen perusteella mekaanisten vesimittareiden luenta ja siihen liittyvä muu ylimääräinen työ (27 000 €) tulee vesihuoltolaitokselle varsin kalliiksi vuositasolla.

Etäluettavien vesimittareiden luentakustannukset muodostuvat henkilöautolla ajetuista kilometreistä sekä luentaan kuluneesta työajasta. Kilometrien määrät on arvioitu ja kilometrikustannuksena käytetään Verohallinnon (2015) määrittämää kilometrikorvausta vuodelle 2015. Jos kaikki 4500 vesimittaria luetaan neljä kertaa vuodessa ja arvioidaan, että kaikkien mittareiden luentaan kuluu yhdellä kerralla kaksi työpäivää, luentapäiviä

kertyisi tässä tapauksessa kahdeksan kappaletta vuodessa. Luentapäivien määrän arviointi perustuu Ylivieskan Vesiosuuskunnan tämän hetkiseen tilanteeseen, jossa hajaautusti toiminta-alueella sijaitsevien 600 mittarin luentaan kuluu noin yksi henkilötyöpäivä. Kilometrimäärä on sen sijaan arvioitu tarkoituksenmukaisesti ylisuureksi. Kun yhden henkilötyötunnin kustannuksena käytetään 30 euroa, etäluettavien vesimittareiden luennasta aiheutuu noin 4 000 – 5 000 euron kustannukset vuodessa ja ne ovat huomattavasti pienemmät kuin mekaanisten vesimittareiden luennasta ja oheistyöstä aiheutuneet vastaavat kustannukset.

Ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden luentalaitteille voidaan laskea myös vuosikohtaiset kustannukset. Ericssonin internetarkkitehtuurin asiantuntija Jari Arkon mukaan it-laitteiden ja osien olisi hyvä kestää 20-30 vuotta (Korpimies 2014), mutta myös Hassanin (2011) mukaan laitteistojen voidaan olettaa kestävän noin 20 vuotta. Tässä tapauksessa laitteiden ja ohjelmistojen käyttöikä näytetään 20 vuotta, jolloin käyttöiän ja tiedossa olevien hankintahintojen perusteella voidaan laskea ohjelmiston ja luentalaitteiden kustannukset vuodessa (Taulukko 7).

Tehtyjen osalaskelmien perusteella on voitu laskea kokonaisvuosikustannukset mekaanisille ja etäluettaville vesimittareille, mutta toisaalta myös kahdelle täysin toisistaan eroavalle toimintatavalle (Taulukko 7). Pienkiinteistöjen määrän ollessa 4 500 ja mittarikoon ollessa DN 20, etäluettavien vesimittareiden vuosikustannukset ovat noin 41 000 euroa ja mekaanisten vesimittareiden noin 50 000 euroa. Etäluettavien vesimittareiden hankintakustannukset ovat selkeästi suuremmat verrattuna mekaanisiin mittareihin, mutta mekaanisten vesimittareiden vaihto- ja luentakustannukset ovat suuremmat kuin etäluettavista vesimittareista aiheutuvat vastaavat kustannukset. Erot vesimittareiden vaihto- ja luentakustannuksissa johtuvat mittareiden eri pituisista laskennallisista käyttövuosista sekä täysin erilaisista luentatavoista.

#### **4.4.2 Skenaario 2**

Jos vesihuoltolaitos ei lue mekaanisia vesimittareitaan itse, kuten aiemmassa esimerkissä, voidaan yhtä mekaanista vesimittaria kohti muodostuvaksi vuosikohtaiseksi työajaksi arvioida 4 minuuttia (Huuha 2015). Tällä on suuri merkitys, kun arvioidaan mekaanisista vesimittareista aiheutuvia kokonaisvuosikustannuksia, sillä arvioidut lukukustannukset vähenevät merkittävästi 27 000 eurosta 13 500 euroon (Taulukot 7 & 8). Tällöin

mekaanisten vesimittareiden vuosikustannukset ovat noin 36 000 euroa ja voidaan todeta, että vesihuoltolaitoksen ei ole taloudellisesti perusteltua siirtyä etäluettavien vesimittareiden käyttöön (Taulukko 8). Toisaalta vesihuoltolaitoksen arvioinnin varaan jää se, kattavatko etäluettavien vesimittareiden mahdollistamat hyödyt kustannuserot verrattuna mekaanisiin vesimittareihin ja perinteiseen toimintatapaan.

Taulukko 8. Perinteisten mekaanisten ja ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden vuosikohtaiset kustannukset.

<b>4500 pienkuluttajaa, DN 20</b>			
<i>Etäluettava vesimittari</i>		<i>Mekaaninen vesimittari</i>	
Laskennallinen käyttöikä [a]	16	Laskennallinen käyttöikä [a]	10
Kappalehinta [€]	100	Kappalehinta [€]	20
Mittaria vuodessa [kpl]	290	Mittaria vuodessa [kpl]	450
Hankintahinta [€/a]	<b>28000</b>	Hankintahinta [€/a]	<b>9000</b>
<b>Mittarin vaihdosta aiheutuvat kustannukset vuodessa</b>			
Vaihtotahti: 8 mittaria päivässä asentajaa kohti			
Työtuntikustannus: <b>30 €/h</b>			
Työtunnit / 280 mittaria	280	Työtunnit / 450 mittaria	450
Vaihtokustannus [€/a]	<b>8400</b>	Vaihtokustannus [€/a]	<b>13500</b>
<b>Mittarinluvusta aiheutuvat kustannukset ja siihen liittyvät muut kustannukset vuodessa</b>			
Mittarinluku neljä kertaa vuodessa		Mittarinluku kerran vuodessa	
Työntekijä + Auto + M-Bus-lukija		Mittarinlukukortit + muu työ	
Auton kilometrit [km/a]	5000	Työaika/mittari [min]	4
Km-kustannus [€/km]	0,44	Postikulut/mittari [€]	1
Kahdeksan työpäivää [h]	64		
Lukukustannus [€/a]	<b>4200</b>	Lukukustannus [€/a]	<b>13500</b>
<b>Muut kustannukset vuodessa</b>			
M-Bus vastaanotin [€/a]	<b>50</b>		
Tietokoneohjelmat [€/a]	<b>250</b>		
<b>Vuosikustannukset [€/a]</b>			
	<b>40 900</b>		<b>36 000</b>

### 4.4.3 Skenaario 3

Vesihuoltolaitos toimittaa vettä myös suurkuluttajille, kuten kerros- ja rivitaloasuntoihin sekä erilaisiin teollisuuskohteisiin ja virastoihin. Tällaisissa kohteissa vedenkulutus on suurinta, mutta myös kulutuksen vaihtelut ovat usein kaikista suurimpia. Suurinta vaihtelu on usein teollisuuslaitoksissa, joissa vesimittarin pitäisi pystyä mittaamaan pieniä virtaamia riittävän tarkasti vähimmäisvirtaaman jakson aikana, mutta toisaalta niiden olisi pystyttävä toimimaan myös ennustetuilla huippuvirtaamajaksoilla. Tärkeää kulu-  
tustiedon lisäksi olisi myös muutoksen havainnointi. (Karttunen 2004, s. 241; Harju 2006, s. 30) Ylivieskan Vesiosuuskunnan suurimmat vedenkäyttäjät olivat vuonna 2014 tasaisesti eri sektoreilta sekä teollisuudesta, palveluista, maataloudesta että kerrostalo-  
kohteista (Huuha 2015).

Ultraääniperiaatteella toimivan etäluettavan vesimittarin kokonaistaloudellista kannattavuutta suuremmissa kiinteistöissä on arvioitu samalla periaatteella kuin pienempienkin vesimittareiden tapauksessa (Taulukko 9). Vertailua on tehty mekaanisen ja etäluettavan vesimittarin välillä tilanteessa, jossa jokaisen 200 suurkuluttajan vesimittarit ovat joko mekaanisia tai etäluettavia ja DN 40 kokoluokkaa. Mittarin hankintahintana on käytetty mekaanisen vesimittarin osalta 100 euroa, kuten luvussa 2.2 esitettiin ja etäluettavan vesimittarin hintana 350 euroa, joka perustuu luvussa 2.3.6 esitettyihin hintoihin.

Taulukko 9. Perinteisten mekaanisten ja ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden vuosikohtaiset kustannukset suuremmissa kiinteistöissä.

<b>200 suurkuluttajaa, vuosikulutus yli 1000 m<sup>3</sup>, DN 40</b>			
<i>Etäluettava vesimittari</i>		<i>Mekaaninen vesimittari</i>	
Laskennallinen käyttöikä [a]	16	Laskennallinen käyttöikä [a]	5
Kappalehinta [€]	350	Kappalehinta [€]	100
Mittaria vuodessa [kpl]	13	Mittaria vuodessa [kpl]	40
Hankintahinta [€/a]	4500	Hankintahinta [€/a]	4000
<b>Mittarin vaihdosta aiheutuvat kustannukset vuodessa</b>			
Vaihtotahti: 6 mittaria päivässä asentajaa kohti			
Työtuntikustannus: <b>30 €/h</b>			
Työtunnit / 13 mittaria	16	Työtunnit / 40 mittaria	53
Vaihtokustannus [€/a]	500	Vaihtokustannus [€/a]	1600
<b>Mittarinluvusta aiheutuvat kustannukset ja siihen liittyvät muut kustannukset vuodessa</b>			
Mittarinluku neljä kertaa vuodessa		Mittarinluku kerran vuodessa	
Työntekijä + Auto + M-Bus-lukija		Mittarinlukukortit + muu työ	
Auton kilometrit [km/a]	800	Työaika/mittari [min]	10
Km-kustannus [€/km]	0,44	Postikulut/mittari [€]	1
Kolme työpäivää [h]	24		
Lukukustannus [€/a]	1100	Lukukustannus [€/a]	1200
<b>Muut kustannukset vuodessa</b>			
M-Bus vastaanotin [€/a]	50		
Tietokoneohjelmat [€/a]	250		
<b>Vuosikustannukset [€/a]</b>			
6 400		6 800	

Jos suurissa kohteissa mekaanisen vesimittarin vaihtovälinä käytetään viittä vuotta ja etäluettavan vesimittarin laskennallinen käyttöikä on pienempien mittareiden tapaan 16 vuotta, voidaan laskea vuosittaiset hankinta- ja vaihtokustannukset molemmille mittari-tyypeille, kuten laskettiin myös pienempien (DN 20) mittareiden vertailussa. Laskelman perusteella etäluettavia vesimittareita tulisi hankkia ja vaihtaa vuodessa 13 kappaletta, kun taas mekaanisille mittareille vastaava luku olisi 40 kappaletta vuodessa. Näiden tietojen perusteella mekaanisten vesimittareiden kokonaishankintakustannus olisi 4 000 euroa ja etäluettavien 4 500 – 4 600 euroa vuodessa.

Pienempien vesimittareiden realistiseksi vaihtotahtiksi arvioitiin kahdeksan mittaria päivää kohti. Suurempien kiinteistöjen vesimittareiden realistinen vaihtotahti arvioidaan olevan kuusi mittaria päivässä. Vaihtotyötä pienempiin mittareihin verrattuna voi hidastaa esimerkiksi se, että vesikatkoista on ilmoitettava paljon yksityiskohtaisemmin johtuen kiinteistön toiminnan luonteesta ja mittarinvaihdosta aiheutuneiden vesikatkoksien takia ajankohtia voidaan joutua muuttamaan. Suurempien kiinteistöjen, kuten kerrostalojen, vesimittarit sijaitsevat yleensä myös tiloissa, joihin vesihuoltoasentajalla ei ole pääsyä ilman kiinteistöhuollon avaimia, joka osaltaan hidastaa työtä. Suurempien mittareiden vaihtotyön on usein myös joustavampaa, kun mittaria on vaihtamassa kaksi asentajaa. Näiden tietojen ja edellä mainitun 30 euron työtuntikustannuksen perusteella voidaan laskea mekaanisten vesimittareiden vaihtotyön kustannuksiksi noin 1 600 euroa ja etäluettavien vesimittareiden kustannuksiksi 500 euroa.

Mittareiden luennasta aiheutuneet kustannukset muodostuvat samalla tavalla kuin pienempienkin mittareiden luennassa, jos laskutus tapahtuu neljä kertaa vuodessa. Tällöin mekaanisen vesimittarin omaavat kiinteistöt saavat vuodessa kolme edellisen vuoden kulutukseen perustuvaa arviolaskua sekä yhden tasauslaskun. Etäluettavan vesimittarin omaavat kiinteistöt saavat sen sijaan neljä lukemaperusteista laskua. Yksittäisen mekaanisen vesimittarin luentaan arvioidaan kuluvan 10 minuuttia aikaa vuodessa ja postikulut arvioidaan yhden euron suuruiseksi mittaria kohti. Etäluettavien vesimittareiden luentaan arvioidaan kuluvan yhteensä noin kolme henkilötyöpäivää vuodessa ja henkilöautolla ajettava matka arvioidaan 800 kilometrin mittaiseksi vuodessa. Ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden luentalaitteille on arvioitu vuosikohtaiset kustannukset samalla periaatteella kuin pienempienkin vesimittareiden vertailussa. Näi-

den tietojen perusteella mekaanisten vesimittareiden luentakustannukset olisivat noin 1 200 euroa ja etäluettavien mittareiden noin 1 100 euroa vuodessa.

Tehtyjen osalaskelmien perusteella on voitu laskea ja arvioida suurempien etäluettavien ja mekaanisten vesimittareiden vuosikustannukset vesihuoltolaitokselle (Taulukko 9). Tämän perusteella voidaan todeta, että suuremmissa kohteissa etäluettava (6 000 – 7 000 €/a) ja mekaaninen (6 000 – 7 000 €/a) vesimittari ovat taloudellisesta näkökulmasta lähes yhtä hyviä vaihtoehtoja vesihuoltolaitoksen käyttöön. Vesihuoltolaitoksen arvioitavaksi jää se, kuinka paljon työssä jo aiemmin mainitut asiat vaikuttavat siihen, että laitos valitsee suurempiin kiinteistöihin perinteisen mekaanisen vesimittarin sijasta ultraääniperiaatteella toimivan etäluettavan mittarin.

Tutkimukset ovat toisaalta osoittaneet, että esimerkiksi Australiassa ihmisten parempi tietoisuus omista vedenkäyttötottumuksistaan vähentää vedenkulutusta jopa yli 10 % (Beal & Flynn 2014, s. 36). Jos arvioidaan, että 4 500 pienikiinteistön vuosittainen vedenkulutus olisi noin 550 000 m<sup>3</sup> (Huuha 2013) ja vedenkulutus vähenisi vuodessa mallillisesti esimerkiksi kolme prosenttia, tästä koituisi vesihuoltolaitokselle vedenmyyntitappiota noin 16 500 kuutiometrin verran. Jos myytävän veden arvonlisäverottomana kuutiointihintana käytetään 0,91 euroa (Ylivieskan Vesiosuuskunta 2015), saadaan euroääräiseksi vedenmyyntitappioksi noin 15 000 euroa vuodessa. Toisaalta tämä tarkoittaa myös säästöjä veden pumppauksesta ja puhdistamisesta aiheutuneita kustannuksia ajatellen, jolloin säästöt kohdistuvat sekä talous- että jätevesipuolelle. Veden jakelusta vastaavalle Ylivieskan Vesiosuuskunnalle säästöt kohdistuisivat jakeluverkon pumppauksen energiankulutuksen vähenemiseen.

Esimerkiksi Toivasen (2010) tekemän tutkimuksen mukaan huoneistokohtaisten vesimittareiden asentaminen vähensi tutkimuskohteen kiinteistön kokonaisvedenkulutusta 8,8 %. Huoneistokohtaisten vesimittareiden myötä asukkaat saivat omaan kulutukseensa perustuvan laskun ja olivat näin paremmin tietoisia vedenkäyttötottumuksistaan. Vaikka mittarit eivät olleet etäluettavia, todelliseen kulutuslukemaan perustuva lasku vähensi vedenkulutusta. Kiinteistökohtaisella tasolla ei ole Suomessa vielä tietoa, miten etäluettavien vesimittareiden mahdollistama parempi ja reaaliaikaisempi kulustietoisuus vaikuttaa ihmisten vedenkäyttötottumuksiin.

## 5 Johtopäätökset ja suositukset

Etäluettavissa vesimittareissa on useita potentiaalisia hyötynäkökulmia paitsi vesihuoltolaitokselle niin myös vedenkuluttajalle. Potentiaalisuuden realisointi riippuu siitä, miten ja kuinka usein mittarit on mahdollista lukea tai minkä tasoista aikadataa mittarit kykenevät tallentamaan. Yksi huomioon otettava asia on myös se, kuinka luotettavaa ja tarkkaa mittarin tallentama tai lähettämä tieto on.

Etäluettavien vesimittareiden hyödyntämistä verkoston hydraulisessa hallinnassa testattiin Ylivieskan Vesiosuuskunnan pienellä vedenmittausalueella, jonne pumpattu vesimäärä vaihteli noin seitsemän ja 19 kuutiometrin välillä vuorokaudessa. Kyseisen koikeille vedenmittausalueelle riittää vuorokausikohtainen vedenkulutustieto, jos halutaan selvittää esimerkiksi alueellinen vesijohtoverkoston kunto vuotoveden tunnuslukujen avulla. Tätä tiheämpi aikadata, esimerkiksi tuntitasoinen data, voi antaa verkostokunnosta helposti väärin tulkittavaa informaatiota, jos tarkastellaan pelkästään yksittäisiä tuntitason vuotovesimääriä, jolloin vedenmittausalueelle pumpattu vesimäärä voi jäädä pienemmäksi kuin kiinteistöjen kuluttama vesimäärä ja vuotovesimäärän summa.

Asiaan vaikuttaa esimerkiksi vedenmittausalueelle vettä pumpaavan paineenkorotuspumpun toimintaperiaate, joka lakkaa pumpaamasta vettä verkostopaineen saavuttaessa asetetun ylärajan. Tällöin vedenmittausalueelle ei mitata pumpattavaa kulutusta, vaikka kiinteistöt ja vuodot voivat aiheuttaa vedenkulutusta vesijohtoverkostossa. Pumppu käynnistyy uudelleen, kun asetettu verkostopaineen alaraja saavutetaan kulutuksen ja vuotojen takia, mutta pumpattu vesimäärä ei välttämättä ehdi nousta samalle tasolle kuin tunnin aikana vesijohtoverkostossa kulutettu vesimäärä. Kyseinen asia vaikuttaa tuntitason vuotovesimäärien laskentaan huomattavasti, mutta samaa ongelmaa ei ilmene vuorokausitason tarkastelussa. Toisaalta on otettava huomioon, että tutkimuksen tuntikohtaisen vedenkulutuksen seuranta oli vain pieni otanta jatkuvaan seurantaan verrattuna, sillä seurantaa ei tehty kuin kahdelle eri vuorokaudelle, eli 48 tunnin aikajaksolle.

Kokonaisvedenkulutukseltaan suurempien vedenmittausalueiden hydrauliseen hallintaan voisi tuntitasoinen vedenkulutustieto soveltua paremmin. Toisaalta esimerkiksi Ylivieskan Vesiosuuskunnan taajaman vedenmittausalueiden virtaamamittaus mitataan

useasta eri pisteestä kaksisuuntaisilla mittareilla. Vuorokauden ajankohdasta ja sitä kautta vedenkulutustilanteesta riippuen suuremmille alueille pumpattujen virtaamien suunnat vaihtelevat, joka voi tuottaa vaikeuksia alueelle pumpattujen ja alueella kulutettujen vesimäärien vertailuun tuntitasolla, eikä todenmukaista kuvaa vesijohtoverkoston kunnosta saada.

Vuorokausitasoinen vedenkulutustieto ei ole kuitenkaan riittävää, jos halutaan vähentää kiinteistökohtaisia vuotoja ja niistä aiheutuneita vahinkoja. Tällöin vedenkulutustiedon on oltava vähintään tuntitasoista. Tuntitasoisella vedenkulutustiedolla pystytään erottamaan jo pienemmätkin vuodot, kuten tutkimuksessa huomattiin 12 l/h virtaava vuoto. Toisaalta pienempien vuotojen havaitsemiseen vaikuttaa myös itse mittarin mittaustarkkuus, joka on usein sallittujen virherajojen puitteissa heikompi mekaanisissa mittareissa verrattuna ultraääniperiaatteella toimiviin mittareihin. Tuntitasoisella datalla voidaan osoittaa ja näyttää myös varsin tarkasti vuodon alkamisajankohta sekä rakenteisiin virrannut veden määrä. Tuntitasoisesta tai sitä tarkemmasta vedenkulutusdatasta hyötyisivät vesihuoltolaitosta varmemmin siis kiinteistöt, jotka voisivat näyttää datan avulla vuodon alkamisajankohdan vakuutusyhtiölleen, tai vuodon alkamiseen ehdittäisiin reagoimaan siten, että vahingot jäisivät mahdollisimman pieneksi.

Tehdyt tutkimukset Ylivieskan Vesiosuuskunnan Säilynerän vedenmittausalueella osoittivat, että alueen vesijohtoverkosto on hyväkuntoinen. Vuotovesiä syntyy vesijohdokilometriä kohti keskimäärin 0,12 m<sup>3</sup>/d. Alueen vesijohtoverkoston pituuden ollessa noin 4,3 kilometriä, vuotovettä muodostuu vuorokaudessa noin 0,5 kuutiometriä. Perinteisesti vesihuoltolaitoksilla käytetty vuotoveden määrä pumpatusta vesimäärästä, eli vuotovesiprosentti, on alueella keskimäärin 5 % vuorokaudessa. Esimerkiksi Ylivieskassa olisi mahdollista vertailla jopa 26 eri mittausaluetta ja niiden vuotovesimääriä, jos jokaiseen kiinteistöön olisi alueittain asennettu etäluettavat vesimittarit. Vuorokausitasoinen kulutusdatan hyödyntäminen vuotoveden tunnuslukujen laskemisessa ja tunnuslukujen vertaaminen esimerkiksi alueellisiin vesijohtoverkoston ikäjakaumiin tehostaisivat ja järkevöittäisivät saneerausinvestointien kohdentamista huonokuntoisimmille alueille. Alueelliset vesijohtoverkoston mittaukset ovat hyvä lähtökohta investointien kohdentamiselle, sillä niiden avulla vesijohtoverkoston vuotoja voidaan jo selkeästi paremmin paikantaa alueellisiksi, mutta toimintaa voitaisiin edelleen tehostaa reaaliaikaisempien tunnuslukujen avulla.

Se, onko kiinteistökohtaisiin etäluettaviin vesimittareihin siirtyminen taloudellisesti perusteltua, tulisi arvioida aina vesihuoltolaitoskohtaisesti. Esimerkiksi Ylivieskan Vesiosuuskunnan kokoisen vesihuoltolaitoksen, niin kuluttajamäärältään kuin toiminta-alueen laajuudeltaan, on kokonaistaloudellisesti perusteltua siirtyä perinteisistä mekaanisista vesimittareista ja luentatavasta ultraääniperiaatteella toimiviin etäluettaviin vesimittareihin sekä AMR-luentaan itse toteutettuna, jos oletetaan laitoksen lukevan mekaanisen vesimittarikantansa itse neljän vuoden välein, eli 25 % jokaisena vuotena. Tällöin kustannuseroa mittarimallien ja kahden eri toimintatavan välille laskettiin syntyvän jopa lähes 10 000 euroa vuodessa. Suurimmat erot mittareiden ja käytännössä kahden eri toimintatavan välillä aiheutuvat eri pituisista laskennallisista käyttövuosista ja sitä kautta muodostuvista vuosittaisista mittarinvaihtovolyymeistä, kokonaishankintahinnoista sekä mittareiden luennasta aiheutuvista kustannuksista. On huomioitava, että esimerkiksi mittareiden hinnat vaihtelevat paljon riippuen mittarityypistä ja ultraääniperiaatteella toimivien etäluettavien vesimittareiden akun kestoikästä ei ole käytännön kokemuksia Suomessa.

Kokonaistaloudellisuuden arviointiin vaikuttaa paljon myös luentatapa, eli aiotaanko mittarit lukea AMR- vai AMI-tekniikkaan perustuvien menetelmin. AMR-luentaan perustuvista menetelmistä vesihuoltolaitoksen on mahdollista lukea mittarit itse ohi ajamalla tai teettää luenta Tanskassa ja Keski-Euroopassa toteutetulla tavalla joko jäte- tai postiautojen kautta. Tällöin voidaan parantaa muun muassa vesihuoltolaitoksen tarjoamaa asiakaspalvelua, mutta esimerkiksi parantunutta verkostonhallintaa ei voida näin saavuttaa.

AMI-luenta toteutetaan luentaverkon kautta, josta esimerkkinä voidaan mainita olemassa olevien tietojen perusteella kalliina pidettävä radiolinkkiverkko tai vesimittareiden luenta sähkömittareiden kautta valmiita olemassa olevia tiedonsiirtoverkkoja hyödyntäen. AMI-luennan avulla on mahdollista lukea mittarit AMR –tekniikkaa tiheämmin, mutta verkkotyypit ovat vielä kehitysvaiheessa ja uusia tiedonsiirtotapoja kehitetään jatkuvasti. Useimmille Suomen vesihuoltolaitoksille, jotka ovat ottaneet käyttöönsä etäluettavat vesimittarit, on asennettu ultraääniperiaatteella toimivia etäluettavia vesimittareita. Mittarit tallentavat vuorokausitason kumulatiiviset mittarilukemat. Tämä asettaa vaatimuksia ja rajoitteita, jos mittareilta halutaan esimerkiksi tuntitasoista kulutusdataa. Radiolinkkiverkon tulisi tällöin ottaa mittareihin yhteyttä tunneittain ja sähkömittarei-

den kautta tuntitasoinen luenta ei onnistu, sillä sähkömittarit luetaan vain kerran vuorokaudessa, eikä kyseisessä vesimittarimallissa ole tallennuskapasiteettia ainakaan toistaiseksi tuntitasoiselle datalle.

Mittareiden yhteisluenta esimerkiksi sähkö- tai energiayhtiön kanssa olisi järkevää, sillä silloin ei tarvitsisi rakentaa päällekkäisiä luentaverkkoja. Luennan käytäntöön pano on huomattavasti helpompaa yhdistyneissä vesi- ja energialaitoksissa, joissa jopa kaikki yhtiöt ovat saman konsernin alaisuudessa. Ylivieskassa näin ei ole, mutta asiaa yksinkertaistaa hieman yhteinen mittarintoimittaja, jolloin sähkömittariin on asennettavissa kommunikointimoduuli, eli niin sanottu MUC-moduuli. Moduulin asentamiseksi on tiettyjä teknisiä rajoitteita, sillä sitä ei voida asentaa niin sanottuihin kaksiaikäsähkökohteisiin, koska tällaisissa kohteissa moduulipaikka on täytetty jo kuormareleellä. Ylivieskassa tällaisia kohteita on noin 25 % koko sähkömittarikannasta.

Jos Ylivieskan Vesiosuuskunta haluaa esimerkiksi vuorokausitietoista vedenkulutustietoa etäluettavilta vesimittareilta, voisi asiaa ryhtyä kokeilemaan alueittain eri luentamenetelmiä hyödyntäen siten, että alueelle valittaisiin sille soveltuvin luentamenetelmä. Periaate voisi olla esimerkiksi sellainen, että taajaman tiheään asutuille alueille asennettaisiin kokeille mittarintoimittajan markkinoima suurtehoantenni, joka tukee nykyistä Vesiosuuskunnan PC:lle päivitettyä mittaritietojen käsittelyohjelmaa. Harvaan asutuille alueille ja antennin katvealueille asennettaisiin sähkömittareihin MUC-moduulit, joiden kautta voitaisiin lukea joko yhden tai useamman kiinteistön vesimittarit kerran vuorokaudessa sähköyhtiön toimesta. Ylivieskan Vesiosuuskunnalla on olemassa olevat tiedonsiirtoyhteydet esimerkiksi jokaiselle mittauskaivolle, joista tulee jatkuvasti reaaliaikaista tietoa keskusvalvomoon. Vesiosuuskunnan olemassa olevien tiedonsiirtoyhteyksien hyödyntäminen myös kiinteistökohtaisten vesimittareiden luennassa voisi olla myös kokeiltava ratkaisu esimerkiksi alueittain, jos tiedonsiirtoon mittauskaivon ja kiinteistökohtaisten mittareiden välillä löytyisi kustannustehokas ratkaisu.

Tässä työssä selvitettiin etäluettavien vesimittareiden aiheuttamia hyötyjä vesihuoltolaitokselle useammasta eri näkökulmasta sekä määritettiin niiden kokonaistaloudellinen kannattavuus perinteisiin mekaanisiin vesimittareihin verrattuna. Mittareihin liittyen on olemassa vielä useita mahdollisia tutkimusnäkökulmia. Esimerkiksi etäluettavien vesimittareiden tuottaman reaaliaikaisemman vedenkulutusdatan vaikutuksia voisi tutkia myös jätevesiverkoston hallinnassa, jos mittareiden yleistymisen jatkuu Suomessa. Li-

säksi etäluettavien vesimittareiden ja niiden lisäämän ihmisten vedenkulutustietoisuuden vaikutuksia olisi hyvä tutkia. Jos vedenkulutus pienenee, kuten esimerkiksi Australiassa on tapahtunut, sillä on vaikutuksia talousvesilaitokselle vedenmyyntitappioina, pienentyneinä vedenpuhdistuskustannuksina sekä pienentyneinä energiakustannuksina vähentyneen pumppaustarpeen johdosta. Viemärlaitoksella merkittävä vedenkulutuksen väheneminen vaikuttaa jätevesiverkoston toimintaan, jos virtaamat pienenevät liikaa, kun taas pumppauskustannukset pienenevät ja jätevedenpuhdistamoiden puhdistuskustannukset pienenevät muun muassa kemikaalikustannuksien muodossa.

Myös erilaisten mittarityyppien mittaustarkkuuden vertaileminen olisi yksi mahdollinen tutkimusnäkökulma. Vertailua voisi tehdä esimerkiksi eri mittarityyppien sekä uusien ja käytössä olleiden eri ikäisten mittareiden välillä. On myös todettava, että etäluettavien vesimittareiden eri tiedonsiirtotapojen tutkiminen ja kehittäminen sekä niiden kautta saatavan jopa tuntitasoista vedenkulutustietoa reaaliaikaisemman datan saaminen analysoitavaksi olisi yksi mahdollinen jatkotutkimusnäkökulma.

## 6 Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko vesihuoltolaitoksen kokonaistaloudellisesti perusteltua siirtyä perinteisistä mekaanisista vesimittareista ja perinteisistä mittareiden luentaan liittyvistä toimintatavoista etäluettaviin ultraääniperiaatteella toimiviin vesimittareihin ja täysin uuteen luentatapaan. Työn tavoitteena oli selvittää esimerkkikohteessa myös mittareiden vaikutukset vesijohtoverkoston hallintaan. Osatavoitteina olivat mittareiden muiden hyötyjen ja niiden tarjoamien mahdollisuuksien kartoittaminen sekä mittareiden ja luentajärjestelmien laitetoimittajien selvittäminen. Myös vesihuoltolaitoksen yhteistyömahdollisuudet esimerkiksi sähkö- ja energiayhtiöiden kanssa oli tavoitteena kartoittaa.

Etäluettavat vesimittarit ovat kovaa vauhtia yleistymässä paitsi ympäri maailman, niin myös Suomessa ja vesihuoltolaitoksista Ylivieskan Vesiosuuskunta on asian parissa yksi edelläkävijöistä. Tutkimuksen esimerkkikohteena käytettiin Ylivieskan Vesiosuuskuntaa ja sen Säilynerän vedenmittausaluetta, joka sijaitsee Ylivieskan taajaman kaakkoispuolella vesijohtoverkoston latva-alueilla lähellä Ylivieskan ja Nivalan kuntarajaa. Vedenmittausalue on vuorokauden kokonaiskulutukseltaan Ylivieskan Vesiosuuskunnan pienimpiä ja alueelle vuorokaudessa pumpattavien vesikuutioiden tiedettiin vaihtelevan noin seitsemän ja 10 välillä. Mittausalueen valinta tehtiin kiinteistöjen kohtuullisen lukumäärän ja sitä kautta aiheutuvan kohtuullisen mittarivaihtotyömäärän perusteella.

Ultraääniperiaatteella toimivan etäluettavan vesimittarin ja perinteisen mekaanisen vesimittarin aiheuttamia kustannuksia vertailtiin etsimällä tietoa laajamittaisesti eri tietolähteistä sekä suorittamalla haastatteluita. Etäluettavien vesimittareiden vaikutuksia vesijohtoverkoston hydrauliseen hallintaan selvitettiin seuraamalla kiinteistökohtaisia vedenkulutuksia sekä tunti- että vuorokausitasolla. Tuntitason seuranta tehtiin henkilöautolla mittarin ohi ajaen, joka havainnollistaa tuntitasoista luenta järjestelmän kautta riittävän hyvin mahdollistaen kyseisen aikadatan hyötyjen huomaamisen. Vuorokausitasoinen vedenkulutuksen seuranta voitiin tehdä jälkeenpäin suunnitellulle kahden kuukauden aikajaksolle, sillä mittarit tallentavat vuorokausikohtaista dataa 460 vuorokauden ajalta. Säilynerän vesijohtoverkoston tutkimuksiin liittyen alueen jokaiseen asuttavaan kiinteistöön asennettiin etäluettavat vesimittarit Ylivieskan Vesiosuuskunnan asen-

tajien toimesta. Alueellinen vedenmittaus Säilynerän mittauskaivossa oli valmiiksi toiminnassa ja mitattu pumppausdata voitiin nähdä Ylivieskassa sijaitsevassa keskusvalvomossa jopa litran tarkkuudella tunneittain.

Vesihuoltolaitoksen investointia etäluettaviin vesimittareihin voidaan pitää taloudellisesti perusteltuna, jos vesihuoltolaitos lukee itse 25 % mekaanisesta mittarikannastaan jokainen vuosi. Tällöin kustannuseroa voi syntyä kahden eri mittarityypin ja toimintatavan välille jopa 10 000 euroa vuodessa. Kokonaistaloudellisuutta arvioitiin myös tilanteessa, jossa vesihuoltolaitos ei lue mekaanisia mittareitaan itse suosituksen mukaan, jolloin vesihuoltolaitoksen mittarikohtainen työpanos vuodessa vähenee arvion mukaan huomattavasti. Tällöin ultraääniperiaatteella toimiviin etäluettaviin vesimittareihin ei ole välttämättä taloudellisesti perusteltua investoida. Toisaalta kokonaistaloudellisuutta tulisi arvioida aina laitoskohtaisesti, sillä siihen vaikuttavat hyvin monet eri tekijät, kuten mittareiden eri pituiset laskennalliset käyttövuodet ja sitä kautta muodostuvat vuosittaiset mittarinvaihtovolyymit, kokonaishankintahinnat sekä mittareiden luennasta aiheutuvat kustannukset. On myös osattava huomioida etäluettavien vesimittareiden aiheuttamat muut hyödyt verrattuna perinteisiin mekaanisiin mittareihin, joiden taloudellista merkitystä voi olla vaikea arvioida. Tällaisia asioita ovat muun muassa parantunut asiakaspalvelu sekä vesijohtoverkoston hallinta. Kokonaistaloudellisuutta pyrittiin laskemaan ja arvioimaan myös suuremmissa kiinteistöissä, joiden määrä kaikista kiinteistöistä on usein pieni, mutta kulutusosuus on kokonaiskulutuksesta usein verrattain suuri. Suuremmissa kiinteistöissä mittareiden välille ei välttämättä synny merkittävästi kustannuseroja, mutta oleellisempina asiana voidaan pitää sitä, miten paljon veden suurkuluttajien reaaliaikaisemmalla seurannalla voidaan ehkäistä esimerkiksi väärinkäsityksiä verkostonvalvonnassa. Siksi suurimmille kuluttajille voisi harkita jopa tuntitasoista vedenkulutuksen seuranta.

Ylivieskan Säilynerän vesijohtoverkostolle laskettiin tehtyjen tutkimuksien perusteella vuorokausitasoinen vesitase kahden kuukauden aikajaksolle sekä tuntitasoinen vesitase kahdelle eri vuorokaudelle. Vuorokausitasoisen vesitaseen määrittämiseksi alueelle pumpattu vesimäärä nähtiin aluksi kuution tarkkuudella ja pulssimuutoksien jälkeen litran tarkkuudella sekä tunneittain että vuorokausittain. Jälkeenpäin kannettavan tietokoneen avulla luettujen vuorokausikohtaisten kumulatiivisten kiinteistökohtaisten vesimittarilukemien perusteella voitiin laskea alueen todelliset vedenkulutukset jokaiselle

vuorokaudelle. Pumpattuja ja kulutettuja vesimääriä vertaamalla voitiin laskea muun muassa alueen vuotoveden määrä johtokilometriä kohti. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta Säilynerän vesijohtoverkoston olevan hyväkuntoinen, sillä vuotovesiä muodostui keskimäärin ainoastaan  $0,12 \text{ m}^3/\text{johto-km/d}$ .

Tuntitasoisella vedenkulutuksen ja pumpatun vesimäärän vertailulla ei saatu luotettavia verkoston kuntoa kuvaavia tunnusluvun arvoja, sillä joinakin tunteina pumpattu vesimäärä oli pienempi kuin kokonaiskulutus. Asia selittyy alueelle pumpaavan paineenkorotuspumpun toimintaperiaatteella, joka käynnistyy tietyllä painealarajalla ja sammuu taas verkostopaineen saavuttaessa asetetun yläraja-arvon. Jatkuvalle tuntitasoisella seurannalla olisi kuitenkin potentiaalia kiinteistökohtaisten vuotovahinkojen vähentämiseksi, joiden määrä ja kustannukset ovat kasvaneet roimasti 2000 –luvun alkupuolelta. Tutkimuksen tuntiseurannan aikana informoitiin muun muassa erästä alueen vedenkuluttajaa WC-istuimen vuodosta, joka oli suuruusluokaltaan 12 l/h.

Vesimittareiden luentaan on useita vaihtoehtoja, jotka voidaan pääpiirteittäin jakaa AMR- ja AMI-tekniikoihin. AMR –tekniikalla tehtävä luenta tehdään pääsääntöisesti vesihuoltolaitoksen toimesta mittarin ohi ajaen, mutta esimerkiksi Tanskassa luenta on tehty myös roska-autojen kautta. AMR –tekniikka parantaa vesihuoltolaitoksen tarjoamaa asiakaspalvelua ja se vähentää mittarikohtaista työmäärää vuositasolla, mutta tällöin osa mittarin potentiaalista jää hyödyntämättä esimerkiksi vesijohtoverkoston hydraulisen hallinnan parantamiseksi. Jotta mittarin mahdollistamat hyödyt saataisiin käyttöön esimerkiksi verkostonhallinnassa, täytyisi mittarit lukea vähintään vuorokausittain luentaverkon kautta. Tällöin kyseessä on AMI –luenta. On kuitenkin huomioitava, että ensiksi vesijohtoverkoston alueelliset pumppaukset ja pumpattujen vesimäärien mitaukset tulisi järjestää toimivaksi kokonaisuudeksi. Etäluettavien vesimittareiden tuntiluennalla AMI –tekniikalla ei välttämättä saavuteta merkittäviä hyötyjä verkostonhallinnassa verrattuna vuorokausitasoiseen luentaan, mutta tuntiluennalla voitaisiin huomattavasti vähentää kiinteistökohtaisia vuotovahinkoja, kuten tutkimuksessa havaittiin.

## Lähdeluettelo

Aksela K. (toim.), Piispanen M., 2012. Vesijohtoverkoston reaaliaikainen hallinta – hanke loppuraportti [verkkodokumentti]. Helsinki: Aalto-yliopisto. Saatavissa: [http://civil.aalto.fi/fi/midcom-serveattachmentguid-1e3f2228b1db340f22211e3b7d013e7a3365de25de2/savel\\_loppuraportti.pdf](http://civil.aalto.fi/fi/midcom-serveattachmentguid-1e3f2228b1db340f22211e3b7d013e7a3365de25de2/savel_loppuraportti.pdf) [viitattu 3.3.2015] 61 s.

Armatec, 2012. Esite, Kylmävesimittari (MID), Sensus 420 Siipipyörämittari [verkkodokumentti]. Versio 1, 2012-09-07. Saatavissa: [http://www.armatec.com/pagefiles/15173/webbase/1\\_ps\\_124754\\_9.pdf](http://www.armatec.com/pagefiles/15173/webbase/1_ps_124754_9.pdf) [viitattu 4.3.2015] 4 s.

Beal C.D., Flynn J. (toim.) 2014. Utilities Policy, Toward the digital water age: Survey and case studies of Australian water utility smart-metering programs [verkkodokumentti]. Australia: Elsevier. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957178714000976> [viitattu 28.1.2015]. s. 29-37.

Bodaechtel A., 2014. Ultrawater W230, A new approach in Smart Water Metering. Landis+Gyr. s. 17.

Boyle T., Giurco D., Mukheibir P., Liu A., Moy C., White S., Stewart R., 2013. Intelligent Metering for Urban Water: A Review [verkkodokumentti]. Sydney: Open Access water. Saatavissa: <http://www.mdpi.com/2073-4441/5/3/1052> [viitattu 11.2.2015]. s. 30.

B-Meters 2013. Hydrolink, Remote reading systems. Wireless M-Bus integrated systems, Wired M-Bus integrated systems [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.bmeters.com/public/explorer/136\\_HYDROLINK31web.pdf](http://www.bmeters.com/public/explorer/136_HYDROLINK31web.pdf) [viitattu 23.3.2015]. s. 11.

Finell K., 2015. Verkkopäällikkö, Herrfors Oy. [Suullinen tiedonanto]. Ylivieska. Keskuksen 16.6.2015.

Finnish Consulting Group Oy (toim.), 2011. Pirkkalan kunta, Vesijohtoverkoston mallinnus, raportti [verkkodokumentti]. Pirkkala: Finnish Consulting Group Oy. Saatavissa: [http://pirkkala-fi-bin.aldone.fi/@Bin/4b29bbe2f50d118c629cfbaeee9d60f1/1429777424/application/pdf/1837201/Vesijohtomallinnus\\_raportti\\_ja\\_liitteet\\_080211.pdf](http://pirkkala-fi-bin.aldone.fi/@Bin/4b29bbe2f50d118c629cfbaeee9d60f1/1429777424/application/pdf/1837201/Vesijohtomallinnus_raportti_ja_liitteet_080211.pdf) [viitattu 3.4.2015]. s. 21.

Gurung T.R., Stewart R.A., Sharma A.K., Beal C.D., 2014. Smart meters for enhanced water supply network modelling and infrastructure planning [verkkodokumentti]. Australia: Elsevier. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344914001347> [viitattu 8.6.2015].

Haapaniemi M., 2014. Kiinteistöjen vuotovahingot 2000-luvulla, Vuotovahinkoselvitys 2012-2013 [verkkodokumentti]. Helsinki: Finanssialan Keskusliitto. Saatavissa: [https://www.fkl.fi/teemasivut/vahingontorjunta/Dokumentit/VUOTOVAHINKOSELVITYS\\_2013.pdf](https://www.fkl.fi/teemasivut/vahingontorjunta/Dokumentit/VUOTOVAHINKOSELVITYS_2013.pdf) [viitattu 16.12.2014]. s. 58.

Hackney E., 2014 (Director of Revenue Management, United Water). Smarter Meters Help Plug Leaks In Bayonne, NJ—Over 800 Detected [verkkodokumentti]. Water Online. Julkaistu 3.12.2014. Saatavissa: <http://www.wateronline.com/doc/smarter-meters-help-plug-leaks-in-bayonne-nj-over-detected-0001> [viitattu 16.12.2014].

Haikonen M., 2015. Myynti-insinööri, Kamstrup A/S. Puhelinhaastattelu, 2.3.2015.

Halme H., 2015. Vesikolmio Oy:n valvomon toimintakuvaus. Tamitech.

Hannula J., 2002. Jokivedestä Kiiskilän kirkkaaseen, Ylivieskan Vesiosuuskunta 1952-2002. Ylivieska: Ylivieskan Vesiosuuskunta, 128 s. ISBN 951-96933-5-1.

Harju P., 2006. Vesi- ja veden käyttö kiinteistöissä [verkkodokumentti]. Penan tietopus. ISBN 9789529961139. Saatavissa: [http://www.penantieto-opus.fi/files/vesi\\_ja\\_veden\\_kaytto\\_kiinteistoissa.pdf](http://www.penantieto-opus.fi/files/vesi_ja_veden_kaytto_kiinteistoissa.pdf) [viitattu 9.2.2015]. 187 s.

Hassan A., 2011. Debunking the Battery Life Expectancy Myth Between AMI and AMR. WaterWorld [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.waterworld.com/articles/2011/09/debunking-the-battery-life-expectancy-myth-between-ami-and-amr.html> [viitattu 25.2.2015].

Heino O. & Pietilä P., 2012. SerVesi, Vesihuoltoverkostojen kunnossapitopalvelujen riskienhallinta, osatehtävä 3, Vesihuoltotoimintojen ulkoistamisen nykytila ja tulevaisuuden näkymät Suomessa [verkkodokumentti]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <http://www.tut.fi/idcprod/groups/public/@110214/@web/@p/documents/liit/p028091.pdf> [viitattu 23.3.2015] s. 49.

Hollo J., 2014. Vesioikeus. Painos 1. Helsinki: Edita Publishing Oy, 540 s. ISBN 978-951-37-6225-4.

Hukka J.J. & Katko T.S., (toim.) 1999. Yksityistäminen vesihuollossa? Kunnallisan kehittämissätiön tutkimusjulkaisut, nro 19 [verkkodokumentti]. Vammala: Kunnallisan kehittämissätiö. Saatavissa: <http://www.kaks.fi/sites/default/files/Tutkimusjulkaisu%2019.pdf> [viitattu 9.3.2015]. 92 s. ISBN 952-9740-65-4.

Humppilan Vesihuolto Oy 2015. Humppilan Vesihuolto Oy:n kotisivut, ajankohtaista, Etäluettavien vesimittarien asennukset [verkkodokumentti]. Humppila: Humppilan Vesihuolto Oy. Saatavissa: <http://www.humppilanvesi.fi/uutiset.html?40> [viitattu 17.2.2015].

Huuha T., 2015. DI, Toimitusjohtaja, Ylivieskan Vesiosuuskunta. [Suullinen tiedonanto]. Ylivieska. Keskustelu 5.5.2015.

Huuha T., 2013. Vuosikertomus 2013, Ylivieskan Vesiosuuskunta [verkkodokumentti]. Ylivieska: Ylivieskan Vesiosuuskunta. Saatavissa: <http://www.yvo.fi/yvo/wp-content/uploads/2013/07/Vuosikertomus-2013.pdf> [viitattu 5.5.2015]. 16 s.

Häivälä H., 2015. Käyttöpäällikkö, Ylivieskan Vesiosuuskunta, [Suullinen tiedonanto]. Ylivieska. Keskustelu 20.4.2015.

Hänninen T., 2015. Etäluettavan vesimittarin toimivuus ja hankinnan kannattavuus, Opinnäytetyö [verkkodokumentti]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86336/Timo\\_H%C3%A4nninen.pdf?sequence=2](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86336/Timo_H%C3%A4nninen.pdf?sequence=2) [viitattu 17.2.2015]. 42 s.

Häyrynen T., 2015. ROTI 2015 keskittyy ratkaisuihin. *Vesitalous*, 2/2015, s. 48-49.

Inarin Lapin Vesi Oy 2015. Inarin Lapin Vesi Oy:n kotisivut, Tiedotteet, Etäluettavien vesimittareiden vaihto aloitetaan Utsjoen kunnassa [verkkodokumentti]. Ivalo: Inarin Lapin Vesi Oy. Saatavissa: <http://www.inarinlapinvesi.fi/fi/index.php?os=1> [viitattu 17.2.2015].

Jatiko Oy, 2013. Tuntimittaustiedon avoin palvelualusta, Loppuraportti [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://energia.fi/sites/default/files/tuntimittaustiedon\\_avoin\\_palvelualusta.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/tuntimittaustiedon_avoin_palvelualusta.pdf) [viitattu 9.3.2015] 42 s.

Järvenpään Vesi 2015. Järvenpään kaupungin kotisivut, Rakentaminen, Kunnallistekniikka, Vesihuolto, Laskutus ja kulutus [verkkodokumentti]. Järvenpää: Järvenpään kaupunki. Saatavissa: [http://www.jarvenpaa.fi/--Laskutus\\_ja\\_kulutus--/sivu.tpl?sivu\\_id=6142](http://www.jarvenpaa.fi/--Laskutus_ja_kulutus--/sivu.tpl?sivu_id=6142) [viitattu 5.5.2015].

Kajosaari E., 1981. RIL 124 Vesihuolto. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, 456 s. ISBN 951-758-021-5.

Kamstrup 2015. External Antenna for flowIQ® and MULTICAL® 21 Water Meters [verkkodokumentti]. Skanderborg: Kamstrup A/S. Saatavissa: <http://products.kamstrup.com/index.php#> [viitattu 26.2.2015].

Kankaanpään Vesihuoltolaitos 2014. Kankaanpään kaupungin kotisivut, Palvelut, Tekniset palvelut, Vesi- ja viemärlaitos, Vesimittarin luenta v. 2014 [verkkodokumentti]. Kankaanpää: Kankaanpään kaupunki. Saatavissa: <http://www.kankaanpaa.fi/html/fi/1401292939549190692.html> [viitattu 24.2.2015].

Karttunen E., (toim.) 1998. Vesihuoltotekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus, 207 s. ISBN 952-13-0407-3.

Karttunen E., (toim.) 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 684 s. ISBN 951-758-438-5.

Katko T.S., Lukka A., Rajala R., 2015. Tampereelta valmistuneiden vesihuoltoalan diplomi-insinöörien sijoittuminen ja odotukset yliopisto-opiskelulle. *Vesitalous*, 2/2015, s. 45-47.

Keravan Vesihuolto 2015. Keravan kaupungin kotisivut, Palvelut, Asuinympäristö ja rakentaminen, Vesihuolto, Tietoa vedenkäyttäjälle, Vesimittarin huolto ja vaihto [verkkodokumentti]. Kerava: Keravan kaupunki. Saatavissa: <http://www.kerava.fi/palvelut/asuinymp%C3%A4rist%C3%B6-ja-rakentaminen/vesihuolto/tietoa-veden-k%C3%A4ytt%C3%A4j%C3%A4lle/vesimittarin-huolto-ja-vaihto> [viitattu 23.2.2015].

Kekki T.K., Keinänen-Toivola M. M., Kaunisto T. & Luntamo M., (toim.), 2007. Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja, 1 painos [verkkodokumentti]. Turku: Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. Saatavissa: [http://www.samk.fi/download/27072\\_Julkaisu1.pdf](http://www.samk.fi/download/27072_Julkaisu1.pdf) [viitattu 4.3.2015]. 106 s. ISBN 978-952-99840-1-5 (PDF).

Kihl M., Mononen A., 2014. Putkiremonttiin tuli vesimittaripakko. Suomen Kiinteistölehti, Julkaistu 27.1.2014 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.kiinteistolehti.fi/lehti/lehti/putkiremonttiin-tuli-vesimittaripakko> [viitattu 27.1.2015].

Ko-Ka Ky 2015. Ko-Ka Ky:n kotisivut [verkkodokumentti]. Helsinki: Ko-Ka Ky. Saatavissa: <http://www.koka.fi/index.shtml> [viitattu 26.2.2015].

Kokkolan Vesi 2012. Kokkolan kaupungin kotisivut, Palvelut, Asuminen ja rakentaminen, Kokkolan Vesi [verkkodokumentti]. Kokkola: Kokkolan kaupunki. Saatavissa: [http://www.kokkola.fi/palvelut/asuminen\\_ja\\_rakentaminen/kokkolan\\_vesi/fi\\_FI/kokkol-anvesi/](http://www.kokkola.fi/palvelut/asuminen_ja_rakentaminen/kokkolan_vesi/fi_FI/kokkol-anvesi/) [viitattu 24.2.2015].

Koponen P., Pykälä M-L. & Sipilä K., 2008. Mittaustietojen tarpeet ja saatavuus rakennuskannan automaattisten energia-analyysien näkökulmasta [verkkodokumentti]. VTT tiedotteita 2438. Espoo: VTT. ISBN 978-951-38-7216-8. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2438.pdf> [viitattu 7.1.2015]. 73 s.

Korpimies A., 2014. Esineiden internet haastaa laitevalmistajat: it-osan on kestävä 20 vuotta. *Verkkolehti-tivi*, 26.9.2014 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.tivi.fi/Arkisto/2014-09-26/Esineiden-internet-haastaa-laitevalmistajat-it-osan-on-kestett%C3%A4v%C3%A4-20-vuotta-3148915.html> [viitattu 26.3.2015].

KRS-Vesi 2014. Kristiinankaupungin kotisivut, Asukkaalle, Tekniikka ja ympäristö, KRS-Vesi, Palvelumaksut [verkkodokumentti]. Kristiinankaupunki. Saatavissa: <http://www.kristiinankaupunki.fi/fi/d-Asukkaalle-Tekniikka-ja-ymp%C3%A4rist%C3%B6-Vesihuolto-Palvelumaksut.aspx?docID=7120&TocID=206> [viitattu 24.2.2015].

Kuokkanen J. & Puttonen J., 2014. Asennetutkimus: Vesihuollon verkostojen saneerausvelka [verkkodokumentti]. Global Research & Data Services. Saatavissa: [https://vvy.etapahtuma.fi/eTaika\\_Tiedostot/5/Hanke/1228/Vesihuollon\\_verkostojen\\_saneerausvelkatutkimus\\_Yhteenvedo.pdf](https://vvy.etapahtuma.fi/eTaika_Tiedostot/5/Hanke/1228/Vesihuollon_verkostojen_saneerausvelkatutkimus_Yhteenvedo.pdf) [viitattu 27.4.2015].

Kuusisto A., 2015. Myyntipäällikkö, Saint-Gobain Pipe Systems. Puhelinhaastattelu, 18.3.2015.

Landis+Gyr 2015a. Landis+Gyrin kotisivut, Gridstream-ratkaisut, Laaja valikoima ratkaisuja, Gridstream-Etäluentaratkaisu [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.landisgyr.fi/gridstream-solutions/business-needs/gridstream-e2e/> [viitattu 5.3.2015].

Landis+Gyr 2015b. Älykäs vedenmittaus-esite, Gridstream, Etäluentaratkaisu veden mittaukseen [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.landisgyr.fi/webfoo/wp-content/uploads/2013/03/Alykas-vedenmittaus\\_esite.pdf](http://www.landisgyr.fi/webfoo/wp-content/uploads/2013/03/Alykas-vedenmittaus_esite.pdf) [viitattu 12.2.2015].

Landis+Gyr 2015c. Veden etäluenta - Älyä vedenmittaukseen [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.landisgyr.fi/webfoo/wp-content/uploads/2013/03/Veden-etaluentaopas.pdf> [viitattu 5.3.2015]. 31 s. ISBN 978-952-5852-41-7.

Laukkarinen A., 2006. Pidä vesimittari vaihtovalmiina. Jenergia-verkkolehti, Jenergia 4/2006 [verkkodokumentti]. Jyväskylä: Jenergia. Saatavissa: <http://www.jenergia-lehti.fi/index2.php?id=18&articleId=224&type=8> [viitattu 18.2.2015].

Lehtinen E., 2014. Joka päivä korvataan sata vesivahinkoa. Turun Sanomat – verkkolehti, 18.5.2014 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://koti.ts.fi/asuminen/joka-paiva-korvataan-sata-vesivahinkoa/> [viitattu 10.3.2015].

Maanmittauslaitos 2014. PaITuli - Paikkatietoja tutkimukseen ja opetukseen, MML, peruskartta, taustaväri [viitattu 29.6.2015].

Marchment Hill Consulting 2010. Smart Water Metering Cost Benefit Study, Final Report – Available for Information 2010 [verkkodokumentti]. Melbourne: Marchment Hill Consulting Pty Ltd. Saatavissa: [http://www.swan-forum.com/uploads/5/7/4/3/5743901/smart\\_metering\\_cost\\_benefit.pdf](http://www.swan-forum.com/uploads/5/7/4/3/5743901/smart_metering_cost_benefit.pdf) [viitattu 19.3.2015] 94 s.

Mittauslaitedirektiivi, 2004/22/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/22/EY [verkkodokumentti]. Annettu 31 päivänä maaliskuuta 2004, mittauslaitteista. Saatavissa:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004L0022:20091201:FI:PDF> [viitattu 4.3.2015]. 93 s.

Motiva, 2014. Motiva, Koti ja asuminen, Mihin energiaa kuluu, Vedenkulutus [verkkodokumentti]. Päivitetty 18.12.2014. Saatavissa:

[http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/mihin\\_energiaa\\_kuluu/vedenkulutus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus) [viitattu 5.1.2015].

Multical® 21, 2014. Multical® 21, Datalehti [verkkodokumentti]. Espoo: Kamstrup A/S. Saatavissa: <http://products.kamstrup.com/index.php> [viitattu 12.2.2015]. 16 s.

Nguyen K.A., Stewart R.A., Zhang H. & Jones C. 2015. Intelligent autonomous system for residential water end use classification: Autoflow. Applied Soft Computing. Vol. 31, s. 118-131.

Osuuskunta Valkeavesi 2015. Osuuskunta Valkeaveden kotisivut, Maksut, Veden mitaus ja laskutus [verkkodokumentti]. Kalajoki: Osuuskunta Valkeavesi. Saatavissa: <http://www.valkeavesi.fi/veden-mittaus-ja-laskutus.30.html> [viitattu 17.2.2015].

Piispanen M., 2010. Synergioiden saavutettavuus automaattisessa mittarinluennassa sähkö-, kaukolämpö- ja vesihuolto-yhtiöiden välillä, Diplomityö [verkkodokumentti]. Espoo: Aalto-yliopisto. Saatavissa:

[http://energia.fi/sites/default/files/synergioiden\\_saavutettavuus\\_\\_mittarinluennassat\\_diplomityo\\_2010\\_piispanen.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/synergioiden_saavutettavuus__mittarinluennassat_diplomityo_2010_piispanen.pdf) [viitattu 5.1.2015]. 99 s.

Puolakka M., 2015. Asuntojen vedenkulutus kuriin: Vesimittarien automatisoinnilla ja etäluennalla miljoonasäästöt, Tekniikka & Talous –verkkolehti, 17.2.2015 [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/asuntojen+vedenkulutus+kuriin+vesimittarien+automatisoinnilla+ja+etaluennalla+miljoonasaastot/a1049127> [viitattu 10.3.2015].

Puoskari V., 2014. Kilpailu maailman vesivaroista kiristyy. Tieto & Trendit, Talous- ja hyvinvointikatsaus 30.10.2014 [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<http://tietotrendit.stat.fi/mag/article/90/> [viitattu 2.3.2015].

ROTI (toim.) 2015. Rakennetun omaisuuden tila, ROTI 2015 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.roti.fi/fin/> [viitattu 27.2.2015]. 62 s.

Saarhelo K., 2015. Etäluettavat vesimittarit [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Vähäsöyrinki Aki. Lähetetty 27.3.2015 klo. 16:51 (GMT +0200).

Saint-Gobain Pipe Systems Oy 2014. Saint-Gobain Pipe Systems Oy:n kotisivut, Tuotteet/Tuote-esittelyt/Mittaustekniikka [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<http://www.sgps.fi/sivu.asp?taso=2&id=97&tr=1> [viitattu 24.3.2015].

Saint-Gobain Pipe Systems Oy 2012a. Ultraäänivesimittari, Hydrus 171, Asennus- ja käyttöopas. 11 s.

Saint-Gobain Pipe Systems Oy 2012b. IZAR tiedonsiirtojärjestelmä, Tehokkuutta mitaustiedon keräykseen ja hallintaan. Saatavissa:  
<http://www.sgps.fi/linkkitiedosto.asp?taso=2&id=254> [viitattu 25.3.2015]. 8 s.

Salo T., 2015. Voimalaitospäällikkö, Herrfors Oy. [Suullinen tiedonanto]. Ylivieska. Keskustelu 16.6.2015.

Sandqvist H (toim.), 2011. Siirtoviemäreiden virtausmittaus selvitys, Haukiputaan Vesi, Limingan Vesihuolto Oy, Ervastinrannan keskuspuhdistamo Oy [verkkodokumentti]. Oulu: Pöyry Finland Oy. Saatavissa:  
[http://www.vvy.fi/files/1589/Siirtoviemarien\\_virtausmittaus selvitys\\_raportti.pdf](http://www.vvy.fi/files/1589/Siirtoviemarien_virtausmittaus selvitys_raportti.pdf) [viitattu 14.8.2015]. 41 s.

Savolainen P., Koponen P., Noponen S., Sarsama J. & Toivonen J. (toim.) 2013. AAM-Tietoturvaselvitys, Tutkimusraportti [verkkodokumentti]. Oulu: VTT. Saatavissa:  
[http://energia.fi/sites/default/files/amm\\_tietoturvaselvitys\\_ja\\_roadmap\\_v10\\_0.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/amm_tietoturvaselvitys_ja_roadmap_v10_0.pdf) [viitattu 28.1.2015]. 55 s.

Siemens 2009. Siemeca™ Mekaaninen vesimittari. Building Technologies HVAC Products. Saatavissa:  
[http://www.siemens.fi/pool/products/industry/talotekniikka/rakennusautomaatio/tuotteet/vesimittarit/n5329fi\\_2010.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/talotekniikka/rakennusautomaatio/tuotteet/vesimittarit/n5329fi_2010.pdf)

Simnacher J., 2014. Cedar Hill taps into digital water meter technology, The Dallas Morning News, Julkaistu 30.11.2014 [verkkodokumentti]. Saatavissa:  
<http://www.dallasnews.com/news/community-news/best-southwest/headlines/20141130-cedar-hill-taps-into-digital-water-meter-technology.ece> [viitattu 27.1.2015].

Suomen ympäristöopisto Sykli Oy & Osuuskunta Eco-One, 2012. Vuotovesien hallinta - Vesijohtovuotojen vähentäminen. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 30. Helsinki: Suomen Vesilaitosyhdistys ry, 91 s. ISBN 978-952-5000-86-3.

Säteri J. (toim.), 1997. Kiinteistön vesitalous, Opas tarkoituksenmukaiseen vedenkäyttöön. Suomen LVI-liitto ry., julkaisu 6. Jyväskylä: Suomen LVI-liitto ry., 120 s. ISBN 951-97233-6-6.

Takala R., 2015. Väärän kytkennän vuoksi jättimäinen vesilasku. Kiinteistöposti-lehti, 2/2015, s. 23-25.

Toivanen L., 2010. Huoneistokohtaiset vesimittarit –Käyttöönoton vaikutukset asunto-osakeyhtiö Turun Linnankatu 29:ssä. Opinnäytetyö (AMK) [verkkodokumentti]. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Saatavissa:  
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21332/Toivanen\\_Leea.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21332/Toivanen_Leea.pdf?sequence=1) [viitattu 5.6.2015]. 54 s.

Tukes, 2011. Tukes, Toimialat, Mittauslaitteet, Uusi mittauslaitelaki voimaan, Mittauslaitelaki 17.6.2011/707 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20110707> [viitattu 8.1.2015].

Tukes, 2012. Tukes, Toimialat, Mittauslaitteet, Direktiivit, Mittauslaitedirektiivi (MID), 2004/22/EY [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Mittauslaitteet/Muutokset-ja-kaytosta-poisto/Mittauslaitedirektiivi-MID/> [viitattu 4.3.2015].

Tukes, 2013. Tukes, Toimialat, Mittauslaitteet, Kulutusmittaukset, Vesimittarit [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Mittauslaitteet/Kulutusmittaukset/Vesimittarit/> [viitattu 4.3.2015].

Valtioneuvoston asetus, 2009. Valtioneuvoston asetus sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. Finlex, Lainsäädäntö, Säädökset alkuperäisinä, 2009, 66/2009 [verkkodokumentti]. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090066> [viitattu 27.1.2015].

Verohallinto 2015. Verohallinnon kotisivut [verkkodokumentti]. Etusivu, Henkilöasiakkaat, Kilometrikorvaus ja päivärahat. Saatavissa: [https://www.vero.fi/fi-FI/Henkiloasiakkaat/Kilometrikorvaus\\_ja\\_paivaraha](https://www.vero.fi/fi-FI/Henkiloasiakkaat/Kilometrikorvaus_ja_paivaraha) [viitattu 17.4.2015].

Vestia Oy 2015. Vestia Oy:n kotisivut [verkkodokumentti]. Ylivieska: Vestia Oy. Saatavissa: <http://www.vestia.fi/> [viitattu 31.3.2015].

Viitanen 2015. Forssalaiset saivat kaukoluettavat mittarit [verkkodokumentti]. Omakoti, Forssa, Omakotiasumisen erikoislehti. 1/2015. s. 24. Saatavissa: [http://issuu.com/mediapotentialoy/docs/ok\\_forssanseutu](http://issuu.com/mediapotentialoy/docs/ok_forssanseutu) [viitattu 4.3.2015]. 32 s.

VVY 2001. VVY, Vesihuoltolaitoksen yleiset toimitusehdot, 29.6.2001. Vesilaitosyhdistyksen kotisivut, VVY ohjeet ja mallit, Yleisten toimitusehtojen malli [verkkodokumentti]. Helsinki: Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. Saatavissa: [http://vvy.fi/vvy\\_ohjeet\\_ja\\_mallit/liittymis\\_ ja\\_kayttosopimuksen\\_malli\\_ ja\\_yleisten\\_toimitusehtojen\\_malli.539.news](http://vvy.fi/vvy_ohjeet_ja_mallit/liittymis_ ja_kayttosopimuksen_malli_ ja_yleisten_toimitusehtojen_malli.539.news) [viitattu 24.2.2015].

Välisalo T., Hanski J., Virolainen K., Malm T., Salmela L. (toim.), Pietilä P., Heino O., Oulasvirta L., Luomanen T., Riihimäki M., Grönfors T. & Teerimo S., 2013. Vesihuoltoverkostojen kunnossapitopalvelujen riskienhallinta, Loppuraportti, VTT Technology 73 [verkkodokumentti]. Espoo: VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T73.pdf> [viitattu 26.3.2015] 84 s. ISBN 978-951-38-7903-7.

WSAA, 2010. Domestic SmartWater Meter Specification. Water Services Association of Australia. Teoksessa: Beal C.D. & Flynn J. (toim.) 2014. Utilities Policy, Toward the digital water age: Survey and case studies of Australian water utility smart-metering programs [verkkodokumentti]. Australia: Elsevier. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957178714000976> [viitattu 28.1.2015]. s. 29-37.

Ylivieskan Vesiosuuskunta 2015. Ylivieskan Vesiosuuskunnan kotisivut [verkkodokumentti]. Ylivieska: Ylivieskan Vesiosuuskunta. Saatavissa: <http://www.yvo.fi/> [viitattu 17.2.2015].

Ympäristöministeriö (toim.), 2007. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, Määräykset ja ohjeet 2007 [verkkodokumentti]. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf) [viitattu 7.1.2015]. 64 s.

Ympäristöministeriö (toim.), 2010. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta [verkkodokumentti]. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/36380-D1\\_2010.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/36380-D1_2010.pdf) [viitattu 27.1.2015].

Zenner-Korkeamäki 2015. Zenner-Korkeamäen kotisivut, Tuotteet, Uutuudet [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.zenner-korkeamaki.com/fi/tuotteet/uutta/index.htm> [viitattu 24.3.2015].

Taulukko 1. Säilynterän vedenmittausalueen vuorokausikohtaisia tietoja 13.6. – 19.7.2015.

Päivä	Kulutus [l/vrk]	Pumpattu [l/vrk]	Vuotovesi [l/vrk]	Vuotov-%	Vuotov [l/km]		
19.7.2015	7434	7826	392	5,0	91		
18.7.2015	9994	10421	427	4,1	99		
17.7.2015	13611	13828	217	1,6	50		
16.7.2015	7711	8224	513	6,2	119		
15.7.2015	13747	14251	504	3,5	117		
14.7.2015	8308	8794	486	5,5	113		
13.7.2015	10264	10507	243	2,3	57		
12.7.2015	8199	8871	672	7,6	156		
11.7.2015	8220	8829	609	6,9	142		
10.7.2015	7839	7992	153	1,9	36		
9.7.2015	7578	7883	305	3,9	71		
8.7.2015	9565	9961	396	4,0	92		
7.7.2015	16402	16921	519	3,1	121		
6.7.2015	12179	12526	347	2,8	81		
5.7.2015	8553	8865	312	3,5	73		
4.7.2015	8523	8923	400	4,5	93		
3.7.2015	9483	9917	434	4,4	101		
2.7.2015	7716	8180	464	5,7	108		
1.7.2015	10095	12982	2887	22,2	671		
30.6.2015	8876	9242	366	4,0	85		
29.6.2015	8085	8617	532	6,2	124		
28.6.2015	9807	10391	584	5,6	136		
27.6.2015	8701	9404	703	7,5	163		
26.6.2015	8528	8883	355	4,0	83		
25.6.2015	9691	10314	623	6,0	145		
24.6.2015	9936	10845	909	8,4	211		
23.6.2015	8749	9009	260	2,9	60		
22.6.2015	12054	12405	351	2,8	82		
21.6.2015	10383	10917	534	4,9	124		
20.6.2015	11985	12453	468	3,8	109		
19.6.2015	13348	13647	299	2,2	70		
18.6.2015	7465	8017	552	6,9	128		
17.6.2015	10692	11046	354	3,2	82		
16.6.2015	8322	8729	407	4,7	95		
15.6.2015	9390	10006	616	6,2	143		
14.6.2015	8513	8724	211	2,4	49		
13.6.2015	11121	11523	402	3,5	93		
						Vuotovesi -% keskiarvo 5,0	Vuotovesi [l/km] keskiarvo 118

Taulukko 2. Säilynerän vedenmittausalueen vuorokausikohtaisia tietoja 19.5. – 11.6.2015.

Päivä	Kulutus [l/vrk]	Pumpattu [m3/vrk]	Vuotovesi [l/vrk]	Vuotov-%	Vuotov [l/km]		
11.6.2015	9676	10	324	3,2	75		
10.6.2015	11049	12	951	7,9	221		
9.6.2015	9084	9	-84	-0,9	-20		
8.6.2015	11016	11	-16	-0,1	-4		
7.6.2015	8993	10	1007	10,1	234		
6.6.2015	12070	12	-70	-0,6	-16		
5.6.2015	10978	11	22	0,2	5		
4.6.2015	8567	10	1433	14,3	333		
3.6.2015	9996	10	4	0,0	1		
2.6.2015	8173	8	-173	-2,2	-40		
1.6.2015	7776	9	1224	13,6	285		
31.5.2015	13149	13	-149	-1,1	-35	Vuotovesi-%	Vuotovesi [l/km]
30.5.2015	9857	12	2143	17,9	498	keskiarvo	keskiarvo
29.5.2015	18924	19	76	0,4	18	3,7	96
28.5.2015	7790	8	210	2,6	49		
27.5.2015	6994	8	1006	12,6	234		
26.5.2015	7312	7	-312	-4,5	-73		
25.5.2015	7828	9	1172	13,0	273		
24.5.2015	8637	9	363	4,0	84		
23.5.2015	7238	6	-1238	-20,6	-288		
22.5.2015	8569	10	1431	14,3	333		
21.5.2015	7914	7	-914	-13,1	-213		
20.5.2015	6933	8	1067	13,3	248		
19.5.2015	7569	8	431	5,4	100		

Taulukko 3. Säilynerän vedenmittausalueelle pumpatut tuntikohtaiset vesimäärät, tuntikohtaiset kulutukset sekä tuntikohtaiset vuotovesien määrät.

Mittausväli	Maanantai 25.5			Lauantai 4.7		
	Pumpattu [l/h]	Kulutus [l/h]	Vuotovesi [l/h]	Pumpattu [l/h]	Kulutus [l/h]	Vuotovesi [l/h]
00:00 – 01:00	240	202	38	107	75	32
01:00 – 02:00	62	42	20	55	61	-6
02:00 – 03:00	91	36	55	91	62	29
03:00 – 04:00	59	56	3	50	31	19
04:00 – 05:00	92	49	43	68	68	0
05:00 – 06:00	182	142	40	171	134	37
06:00 – 07:00	288	273	15	153	162	-9
07:00 – 08:00	436	376	60	215	192	23
08:00 – 09:00	291	281	10	285	241	44
09:00 – 10:00	454	363	91	328	315	13
10:00 – 11:00	408	370	38	393	382	11
11:00 – 12:00	328	306	22	339	310	29
12:00 – 13:00	289	276	13	475	434	41
13:00 – 14:00	427	420	7	263	265	-2
14:00 – 15:00	394	307	87	293	272	21
15:00 – 16:00	385	376	9	314	287	27
16:00 – 17:00	793	774	19	355	339	16
17:00 – 18:00	393	408	-15	724	679	45
18:00 – 19:00	476	484	-8	922	935	-13
19:00 – 20:00	259	214	45	723	732	-9
20:00 – 21:00	1165	1080	85	970	943	27
21:00 – 22:00	533	570	-37	626	601	25
22:00 – 23:00	213	218	-5	559	553	6
23:00 – 00:00	385	359	26	444	428	16