



Vuodonpaikannusmenetelmät

Riku Pulli

OPINNÄYTETYÖ
Elokuu 2024

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

RIKU, PULLI
Vuodonpaikannusmenetelmät

Opinnäytetyö 28 sivua
Elokuu 2024

Tässä opinnäytetyössä käsitellään niitä vuodonpaikannusmenetelmiä, joita käytetään Suomessa lähes päivittäin. Työn tarkoituksena on tehdä katsaus nykyään käytössä oleviin vuodon havaitsemisen ja paikantamisen menetelmiin, sekä siitä miten niitä käytetään ja missäkin vaiheessa. Työssä arvioidaan myös mahdollisia tulevaisuuden menetelmiä.

Työssä aluksi esitellään, mikä on vuotoveden määritelmä ja miten ne jaotellaan. Vuodonpaikannusmenetelmät jaotellaan tässä työssä kahteen eri kategoriaan; vuodon havaitseminen ja vuodon paikannus. Vuodon havaitsemismenetelminä käsitellään aluemittausjärjestelmää, vuotoääniloggereita ja piikillä kuuntelua. Aluemittausjärjestelmä on tällä hetkellä vähiten Suomessa käytössä, mutta tulevaisuudessa sen käytön uskotaan yleistyvän. Vuodonpaikannusmenetelmien osalta käsitellään akustokorrelointia, maamikrofonia ja kaasuttamista.

Suomen vesijohtoverkostoissa, riippuen maaperästä ja/tai alueesta, on merkittäviä määriä paikantamattomia vuotovesiä. Vuotovesien paikantamista haittaa mm. puuttuvat resurssit, eli mm. työvoiman puute. Vuotovesivahingot ovat monesti ylilyöksellisiä, joten resursseillakin on mahdotonta varautua vahinkoon etukäteen. Vuotovesien haittavaikutuksia ovat mm. se, että ne kuormittavat maastoa, esimerkiksi virtaava vesi voi vilkastuttaa eroosiota. Kiinteistöille vuotovedet voivat aiheuttaa vesivahinkoja. Lisäksi vuotovedet rasittavat jätevesipumppaamoita, mikä voi johtaa pumppaamoiden täyttymiseen, jonka seurauksena vuotovesi voi vuotaa takaisin maastoon. Tehokkailla menetelmillä näitä haittavaikutuksia voidaan minimoida. Työn tarkoituksena on lisätä tietoisuutta eri menetelmistä, jotta niitä voitaisiin hyödyntää tehokkaasti vuotovesien havaitsemiseen ja paikantamiseen.

Työhön haastateltiin alan osaajia ja lisänä käytettiin myös alan teknistä materiaalia. Opinnäytetyössä hyödynnetään myös Tampereen Veden käytössä olevia vuodon havaitsemiseen ja paikantamiseen käytettäviä menetelmiä ja Tampereen Veden itse keräämää aineistoa.

Asiasanat: vuotovesi, vuodon paikannus, vuodon hakeminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Program in Construction Management

RIKU, PULLI
Leak Detection Methods

Bachelor's 28 pages
August 2024

This thesis deals with the leak detection methods that are used almost every day in Finland. The purpose of the thesis is to give an overview of the leak detection and location methods in use today, how they are used and at what stage. It also evaluates possible future methods.

The thesis starts by presenting the definition of a leak and how they are classified. Leak detection methods are divided into two categories in this thesis: leak detection and leak location. Leak detection methods include area measurement, leak sound loggers and spike listening. The area measurement system is currently the least used in Finland, but it is expected to become more common in the future. For leak detection methods, acoustic correlation, ground microphone and echo sounding are discussed.

Depending on the soil and/or the area, there are significant amounts of unlocated leakage in Finnish water supply networks. One of the obstacles to locating leaks is the lack of resources, including manpower. Leakage damage is often unpredictable, making it impossible to plan for the damage in advance, even with the resources available. The adverse effects of flooding include the negative impact on the landscape, for example, flowing water can accelerate erosion. For properties, floodwaters can cause water damage. In addition, leaks put pressure on wastewater pumping stations. Leaks can lead to the pumping stations filling up. This can result in water seeping back into the ground. Effective methods can minimize these adverse effects. The aim of this work is to raise awareness of the different methods available so that they can be used effectively to detect and locate leaks.

The work involved interviews with experts in the field and the use of technical material in the field. The thesis also draws on existing leak detection and location methods used by Tampere Water and on material collected by Tampere Water itself.

Key words: leaking water, leak detection, applying for a leak

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VUOTOVEDET	8
	2.1 Tiedostettu mittaamaton vesi	10
	2.2 Tiedostamaton mittaamaton vesi	10
3	VUODON HAVAITSEMINEEN	11
	3.1 Aluemittausjärjestelmä	11
	3.2 Vuotoääniloggeri	16
	3.3 Piikillä kuuntelu	17
4	VUODON PAIKANNUS	19
	4.1 Akusto korrelointi.....	19
	4.2 Maamikrofoni.....	21
	4.3 Kaasuttaminen	22
5	POHDINTA	24
	LÄHTEET	25

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

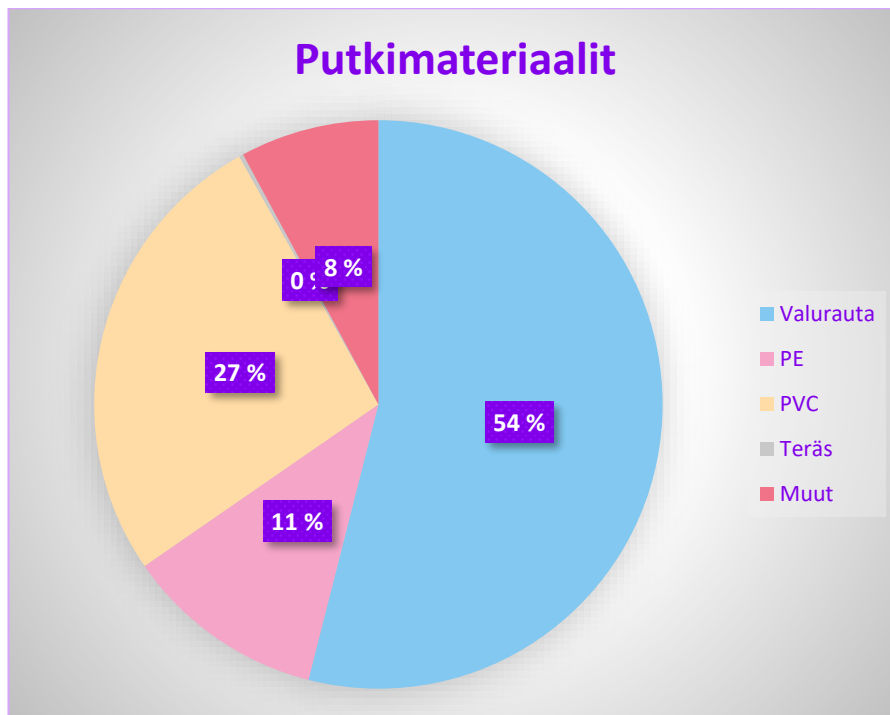
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
vj	vesijohto
jv	jätevesi
sv	sadevesi
mp	mittauspiste
pk	paineen korotus
pvc	polyvinyylikloridi kestumuoviputki
pe	polyeteeni
pel	alhaisen tiheyden polyeteeni
pem	keskitiheyksinen polyeteeni
peh	korkeatiheyksinen polyeteeni
sg	pallografiittivalurauta putki
muhvi	liitos, jolla putket yhdistetään
DN	putken sisäkokoa millimetreissä
tj	tonttijohto/talohaara

1 JOHDANTO

Kunnalla on lakisääteinen velvollisuus huolehtia vesihuoltopalvelujen saatavuudesta alueellaan. Vesihuoltolaki (119/2001) määrittelee vesihuollon toiminnaksi, jossa käsitellään, johdetaan ja toimitetaan vettä käytettäväksi talousvetenä sekä pois johdetaan ja käsitellään jätevesiä. Kuntien omien vesilaitoksien tehtävänä on taata kaupunkien ja kuntien asukkaille puhdasta juomakelpoista vettä päivittäin. (Kuntaliitto 2007, s.5). Vesilaitokset rahoitetaan pääosin verorahoilla (Kuntaliitto 2007, s.32), jolloin myös kaupunkilaisilla on perusteltuja odotuksia vesilaitoksen toiminnan jouhevuudesta.

Veden tarve on useita tuhansia litroja päivässä. Tämän tehtävän täyttämiseksi vesilaitokset rakentavat uusia vesijohtolinjoja ja saneeraavat putkia. Lisäksi vesilaitoksen vastuuseen kuuluu myös vuotojen korjaus, joita sattuu viikoittain. Ikääntyvien verkostojen ja käsittelylaitosten peruskorjauksiin on yleisesti panostettu tarvetta vähemmän, minkä seurauksena myös vuotojen määrä kasvaa. (Kuntaliitto, 2007, s. 6)

Vesihuoltoverkoston kunto on heikkenemässä ja verkoston toimintahäiriöt lisääntyvät. Merkittävä osuus Suomen vesi-infrastruktuurista on rakennettu 1960–1980-luvuilla, mutta verkostoissa voi olla jopa yli 100 vuotta vanhoja putkia. (ROTI 2017, s. 33) Vesijohtoverkostossa on noin kolmannes yli 30 vuotta vanhoja putkia. Ikääntyneimmissä vesijohtoverkostoissa on vielä paljon käytössä vanhoja valurautaisia putkia. (Lehto 2015, s. 6) Kuviosta on havaittavissa tilanne Tampereen alueella, josta ilmenee, että valurautaputkien osuus on jopa 54 %. Tampere on harvoja kaupunkeja, jossa valurautaputkien osuus on selkeästi suurin.



Kuvio 1. Putkimateriaalit Tampere 2023. (Tampereen vesi sisäinen selvitys)

Kuten edellä todettua, putkilla on tietty käyttöikä, joka voi vaihdella materiaalin ja maan happamuuden tai emäksisyyden mukaan paljonkin.

Vuotovesiksi määritellään pääsääntöisesti sellaiset vedet, jotka tulevat vuotavien putkiliitosten tai särkyneiden putkien takia. (Karttunen 2004, 464.) Vuotovedellä tarkoitetaan muuta kuin vesihuoltolaitoksen laskuttamaa vettä. Vuotovesiä voi olla hankala paikallistaa, ellei vesi nouse suoraan pintaan vuotopaikan läheisyydessä. Maaperä vaikuttaa vuodon paikantamiseen paljon, sillä yleensä vesi nousee pintaan läheltä vuotokohtaa. On alueita missä vesi voi kulkeutua satoja metrejä kallionpintaa pitkin vesistöihin tai metsiin, joista kukaan ei välttämättä vuotovesiä havaitse. Tämän takia on kriittistä saada kehitettyä vesilaitoksien ja vesi-
osuuskuntien kykyä havaita mahdolliset vuotovedet mahdollisimman nopeasti vesijohtoverkoston laajuudesta huolimatta, sillä jokainen laskuttamaton litra vettä, on ylimääräistä kuluu. Vuotovesien määrää vähentämällä on mahdollista hillitä ylimääräisen veden pumppaamisesta aiheutuvaa sähkönkulutusta ja vähentää käsittelyssä tarvittavien kemikaalien käyttöä sekä energiankulutusta. (VMSV, 2018)

Tässä työssä kerrotaan vuodon havaitsemis- ja paikantamistavoista.

2 VUOTOVEDET

Vuotovedet ovat vesijohtoverkostosta vuotavaa vettä, eli puhdistettua juomavettä, jota pumpataan vesijohtoverkoston. Vuotovesi termiä voisi hyvin kuvailla laskuttamattomana vetenä kokonaisuudessaan, todellisuudessa tilanne ei ole aivan niin selkeä.

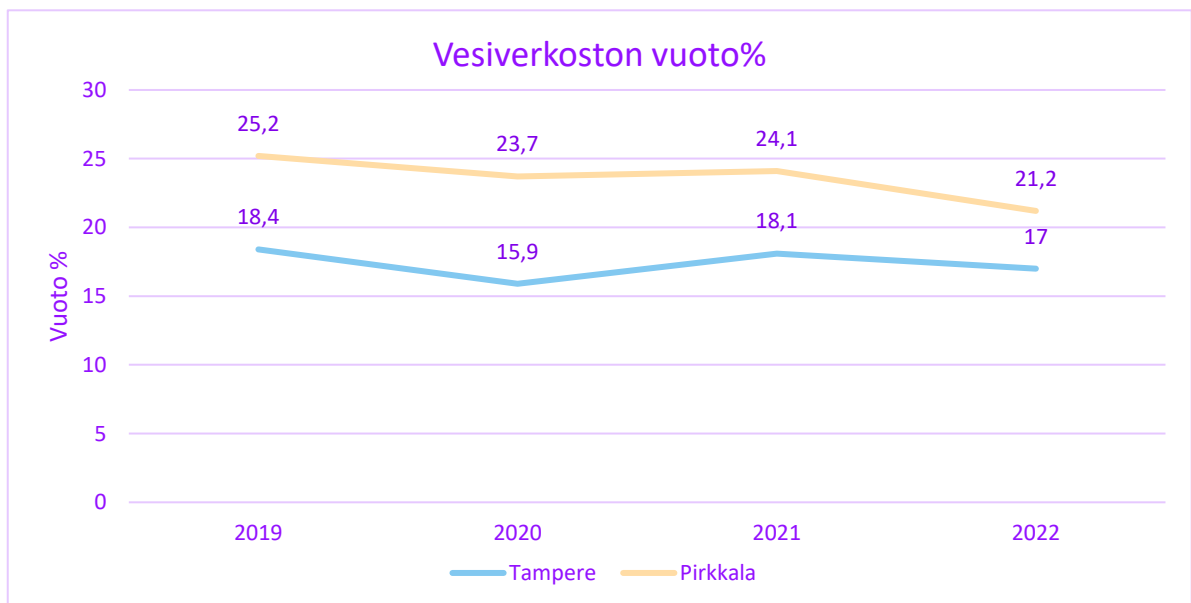
Hallitsemattomasti vuotava vesi on vaara niin ympäristölle, kuin alueen asukkaille, mutta myös turhaa luonnonvarojen tuhlaamista. Itsessään veden valmistuksen kustannukset ovat suhteellisen pieniä euromääräisesti, mutta vuotovesistä muodostuva hinta näkyy laitoksilla selkeämmin jätevedenpuhdistuksen kautta, jos vuotovedet päätyvät viemäriverkoston. Suomessa vuotovesiprosentti on kokonaisuudessaan noin 15–17 %. (Vesilaitosyhdistys, 2020) Alla olevassa taulukossa on havainnollistettu Tampereen ja Pirkkalan vuotovesiprosentit, vuosina 2022 ja 2023. Taulukosta on havaittavissa, että vuotovesiprosentit ovat korkeampia kuin keskimääräinen vuotovesiprosentti Suomessa. Tämä selittyy sillä, että Tampere ilmoittaa vuotoprosentissaan tiedostetun mittaamattoman veden, tästä kerrotaan omassa kappaleessaan lisää.

Taulukko 1. Verkostoon pumpattu vesi ja vuotoprosentit, Tampere ja Pirkkala. (Tampereen vesi, 2022–2023, sisäinen selvitys)

Tampere		
Vuosi	2022	2023
Vuoto %	17,0	18,4
Määrä m3/vrk	9 071,5	9 841,6
Pumpattu vesi verkostoon m3/vrk	49 974,5	50 219,0
Pirkkala		
Vuosi	2022	2023
Vuoto %	21,2	19,7
Määrä m3/vrk	739,2	680,0

Tampere		
Vuosi	2022	2023
Pumpattu vesi verkostoon m3/vrk	3 488,3	3 441,2

Alueellisella tasolla, Tampereen ja Pirkkalan alueella verkostoon pumpataan vuosittain 19Mm^3 ja tästä laskuttamatonta vettä vuosittain muodostuu n. $3,2\text{Mm}^3$. Tästä määrästä laskuttamatonta vettä, ei kaikki kuitenkaan ole vuotovettä. Laskuttamaton vesi sisältää lisäksi vesijohtoverkoston huuhteluun käytettävää vettä, katujen pesemiseen käytettyä vettä sekä muihin tarpeellisiin prosesseihin käytettävää vettä. Tämä kaikki kuitenkin kirjataan Tampereen vedellä sisäisesti laskuttamattomaksi vedeksi, josta vuotovesien erottaminen on käytännössä mahdotonta. (Tampereen vesi, sisäinen selvitys, 2019–2022)



Kuva 1. Vuotoprosentit vuosina 2019–2022. (Tampereen vesi, 2019–2022, sisäinen selvitys)

Laskuttamaton vesi voidaan jakaa vielä kahteen erilliseen osioon; tiedostettuun mittaamattomaan veteen ja tiedostamattomaan mittaamattomaan veteen.

2.1 Tiedostettu mittaamaton vesi

Tampereen alueella tiedostettu mittaamaton vesi on vettä, jota ei voida tai ei mitata, mutta sen käyttö tiedostetaan. Määriä on mittaamattomuuden vuoksi vaikea arvioida. Kyse on usein esimerkiksi pelastuslaitoksen sammutustyössä käyttämästä vedestä tai vesilaitoksen käyttäessä vettä verkoston kunnossapitoon, esimerkiksi linjojen huuhteluun. (Lempäälän Vesi 2022, s.1–2). Tiedostettua kuluusta on vuosittain pyritty vesilaitoksilla pienentämään erilaisin mittauksin. Kokonaisuutena arvostellen, tämä on haastavaa, sillä vedenkulutus on tapauskohtaista ja ennalta-arvaamatonta.

2.2 Tiedostamaton mittaamaton vesi

Tiedostamaton mittaamaton vesi on rikkoutuneista tai vuotavista putkilinjoista vuotavaa vettä. Puhtaasti vuotovesistä käytetään termiä tiedostamaton vesi, eli tähän ei sisälly aiemmin mainitut muut veden käyttötarkoitukset, vaan kyse on juuri putkirikkojen yms. muiden vuoksi aiheutuneista vuotovesistä.

Mittaamattoman veden arvioinnin määrää vaikeuttavat monet seikat. Keväisin veden arviointia vaikeuttaa mm. katujen pesijät, jotka saattavat ottaa verkoston paloposteista vettä. Tällöin vesilaitoksen on mahdoton havaita, kuinka paljon vettä on kulutettu, saatikka kontrolloida sitä, kuka vettä on ottanut laskutusta varten. Lähtökohtaisesti palopostien käyttö tulisi olla vesilaitoksien ja hätätapauksissa pelastuslaitoksen käyttöä varten, tämä ei kuitenkaan toteudu, vaan palopostit on usein koettu kuuluvan kansalaisten käyttöön. Palopostien käyttöä on hankala valvoa tai edes rajoittaa, sillä palopostit ovat lukitseemattomia eikä niitä voi hitsata kiinni, sillä se ei ole mahdollista hätätilanteiden vuoksi.

3 VUODON HAVAITSEMINEN

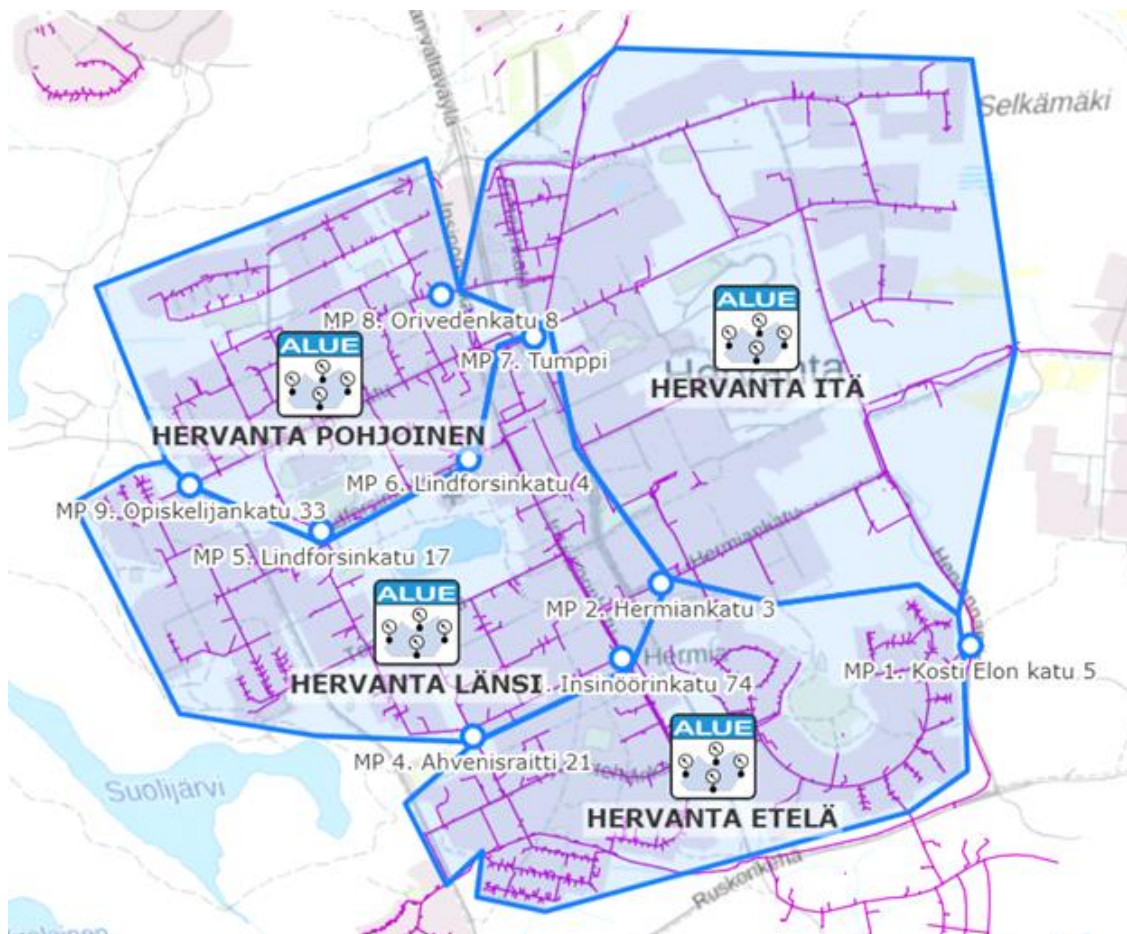
3.1 Aluemittausjärjestelmä

Aluemittausjärjestelmä (district metering area, DMA) on kehitetty 1980-luvulla Iso-Britanniassa, sen tarkoitus on ollut vuotojen hallinta ja niiden monitoiointi. Aluemittausjärjestelmän mittaukset ovat usein alueen rajoille asetettuja tilavuusvirta- ja painemittareita. Aluemittausjärjestelmän avulla voidaan pienentää merkittävästi vesivuotoja. Vesijohtoverkoston jakaminen aluemittausalueisiin edesauttaa vesijohtoverkon toiminnan optimointia. Toimivan aluemittausjärjestelmän avulla onnistutaan pienentämään vesivuotojen määrää. Sen tehokkuus perustuu sen mahdollistamaan nopeaan raportoimattomien vuotojen havaitsemiseen ja poistamiseen. (Kowalska et al. 2022, s.1)

Aluemittausjärjestelmä on keino hallinnoida vesijohtoverkon vuotovesiä tai lasuttamattomia vesiä. Aluemittausjärjestelmällä rajataan vesijohtoverkon alueita pysyvästi ennalta määritellyille rajoille, jolloin alueen tulevaa ja menevää vettä voidaan mitata ja laskea niiden perusteella alueellinen vedenkulutus, vesitase ja vuototaso. (Farley ja Trow 2003, 103.) Aluemittausjärjestelmää käyttämällä voidaan selvittämään vesijohtoverkoston hetkellisiä vuototasoja ja voidaan tarkkailla vuotojen päivittäisiä muutoksia vedenkulutuksessa. Aluemittausjärjestelmää hyödyntämällä voidaan havaita yksittäisien vuotojen synty sekä taustavuotojen lukumäärä, jota olisi hankalampi havaita muilla tavoilla. Hyvin toimivalla aluemittausjärjestelmällä vesijohtoverkon vuodot voidaan havaita jo ennen merkittävien vahinkojen syntymistä. (Puurunen, 2015, s.7)

Vesijohtoverkostot jaetaan kulutusalueisiin aluemittausjärjestelmien periaatteiden mukaisesti. Aluemittausjärjestelmien käyttöä voidaan tehostaa sijoittamalla alueelle lisämittauksia sellaisiin pisteisiin, joissa on hyvin havaittavissa verkon paineen ja kulutuksen muutokset. Verkostojen eri kohdat ovat herkempiä reagoimaan muutoksiin, jolloin tutkimalla ja analysoimalla tuloksia voidaan löytää olemassa olevan alueen sisällä kriittiset pisteet. (Farley et al. 2008, s.747–748)

Alla olevasta kuvasta selviää Hervannan mittapisteeet ja kuinka alue on siellä rajattu.



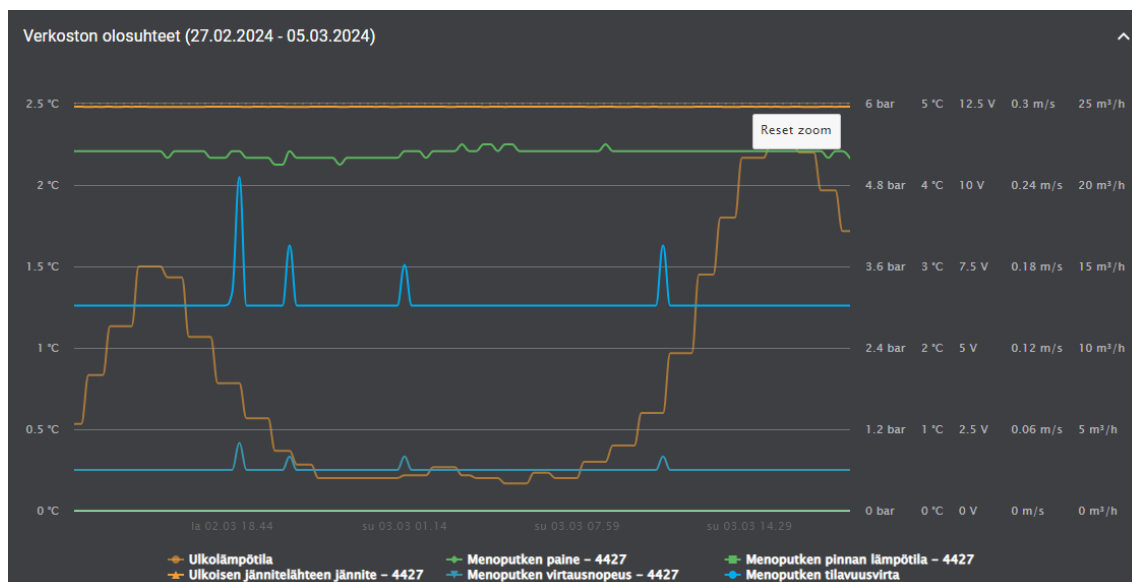
Kuva 1. Hervanta aluemittaus projekti (Lining Oy, Tampereen Vesi, 2024)

Mittapisteeet sijoitellaan runkolinjoihin siten, että alueet jakautuvat omiin pienempiin alueisiinsa. Mittauspisteiden avulla veden kulutusta voi tarkastella paikkakohteisesti. Veden kulutuksen avulla voidaan reagoida mahdollisiin vuotoihin. Aluemittausjärjestelmä huomioi poikkeukselliset kulutus ajankohdat esim. juhlapyhät, jonka huomioidaan järjestelmän laskiessa kulutuksia.

Etäluettavat vesimittarit kiinteistöillä tuovat tähän kuitenkin entistä enemmän helppotusta, sekä tarkkuutta tuomalla kiinteistöjen kulutuksen mittajärjestelmän tietoon, jolloin saadaan vielä tarkemmin laskettua vedenkulutusta. On hyvä kuitenkin muistaa aluemittausjärjestelmää käyttöön ottaessa, että alueella voi olla vuotoja entuudestaan ja jotka eivät erotu mittausjärjestelmässä ennen kuin ne ovat muuten paikannettu. Itse päättelämällä tässä tapauksessa voidaan arvioida,

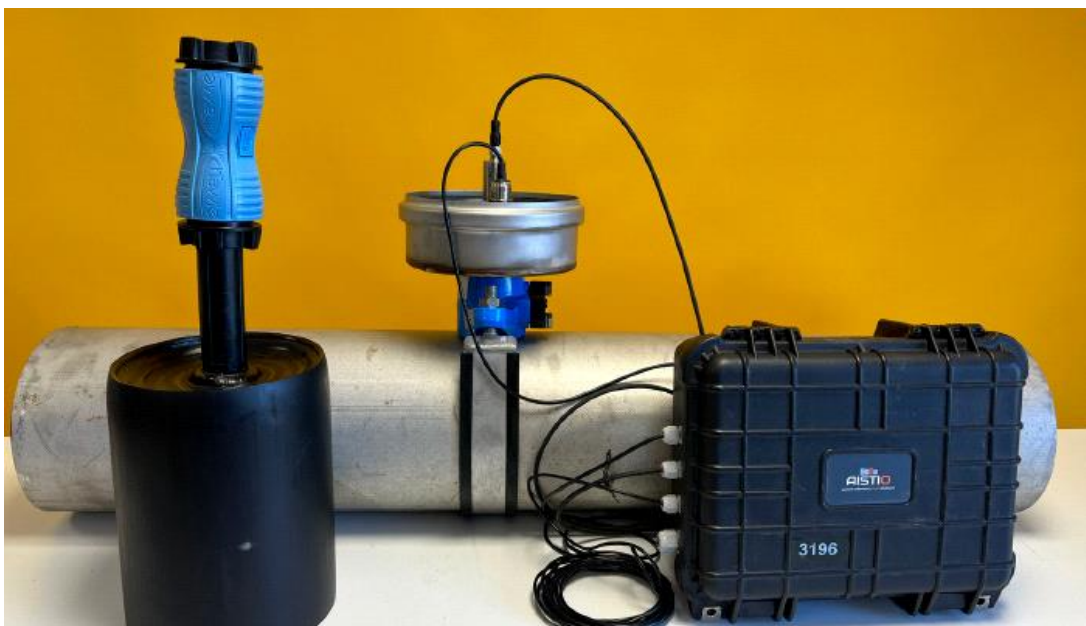
onko alueella mahdollisesti vuotoa kun, tiedetään, onko kyseisellä alueella asutusta tai teollisuutta voidaan päätellä, pysykö alueen kulutus tyypillisellä tasolla.

Alla olevassa kuvassa on Toniscon mittakaivon eli mittapisteen dataa ajalta 27.2.2024-5.3.2024.



Kuva 2. Toniscon monitor system, Aistio järjestelmä (Aistio, District monitoring)

Aluemittausjärjestelmään on monia erilaisia mittauslaitteita, kaivoja, antureita, jotka toimivat joko sähkötoimisesti tai akkutoimisesti. Yhteistä näissä on datan liikkuminen, joka tapahtuu pilvipalveluiden kautta. Mittauspisteet lähettävät dataa tiettyyn palvelimeen, joka taas siirtää tiedon lopulliseen kohteeseen, jossa data muunnetaan karttanäkymään. Aluemittausjärjestelmään on tarjolla useita erilaisia vaihtoehtoja. Huoltotoimien kannalta selkein vaihtoehto on mittakaivon asentaminen, mutta tämä ei sovi joka paikkaan kokonsa puolesta. Ahtaissa paikoissa voidaan hyödyntää pienempää akkutoimista mittakaivoa, joka on kokoluokaltaan 4 kertaa pienempi, eikä vaadi sähköliittymän kaivamista. Huonona puolena järjestelmässä on suhteellisen suuri alkuinvestointi, sekä työ jotta saadaan kaivot asennettua. Hyvänä puolena taas isojen alueiden rajaaminen on helppoa, jolloin saadaan pienennettyä vuodon hakualuetta ja vuotojen hakeminen helpottuu. Uusia alueita suunnitellessa tulisi ottaa ehdottomasti huomioon aluemittausjärjestelmä osana vesijohtoverkosta. (Auvinen, 2024)



Kuva 3. Tonisco monitor system, mittakaivon sisusta (Tonisco, 2022)



Kuva 4. Lining mittakaivo (Oma kuva, 2023)



Kuva 5. Lining mittakaivon sisusta 2, (Oma kuva 2023)

3.2 Vuotoääniloggeri

Vuotoääniloggerit on yleistynyt vuotokohtien paikantamista helpottava laite. Vuotoääniloggerien toiminta perustuu äänien kuuntelemiseen, joita se tallentaa verkostosta. Normaalista poikkeavat äänet vuotoääniloggeri ilmoittaa vuodoksi. (VTT 2013, 7–11.)

Vuotoääniloggeri asennetaan kiinteästi olevaan laitteeseen eli näkyvillä olevaan putkeen, venttiilikaraan tai muuten mekaanisesti putkeen yhteydessä olevaan osaan. Loggeri ohjelmoidaan kuuntelemaan mahdollisia vuotoääniä, mahdollisimman häiriöttömään aikaan esim. arki öisin. Loggeri havaitsee ääniperusteisesti vuotoääniä. Loggeri voi olla paikallaan kuuntelemassa verkostoa noin 3–5 vuotta ennen kuin siihen tarvitsee uusia paristo (VMS, 2024).

Loggereita käytetään mahdollisen vuodon havaitsemiseen tietyllä alueella. Loggeria voidaan käyttää tarkentaakseen mahdollisen vuotopaikan sijaintia. Nykyisillä vuotoääniloggereilla voidaan jopa korreloida tarkka vuotopaikka, jos vuotoääni kuuluu kahteen tai useampaan loggeriin, sekä verkoston putkimateriaalit ja koot ovat tiedossa. Korreloinnista lisää ”korrelointi” kappaleessa.

Vuotoääniloggeria käytetään välttääkseen inhimillisiä virheitä, sekä turhia ylityötunteja. Vuotoääniloggeri on helppo tapa kuunnella passiivisesti vesijohtoverkoston kuntoa lyhyilläkin sykleillä. Tutkittavan alueen vaihto onnistuu muutamissa minuuteissa, sillä loggeri on yleensä vain magneetilla kiinni vesijohtoventtiin avainjatkossa tai suoraa venttiin päässä. (Tolvanen, 2023)



Kuva 6. Vuotoääniloggeri (Oma kuva, 2023)

3.3 Piikillä kuuntelu

Piikillä kuuntelussa vuotoäänien paikannus perustuu samaan kuin lokkerissa eli vuotoäänien paikallistamiseen ääniperustein. Kuuntelupiikissä mikrofonina toimii kiihtyvyyssanturi, jolla putkistossa mahdollisesti olevat vuodon kohinat ovat erotettavissa kuulokkeilla kuuntelemalla. Piikillä kuuntelun etuna lakkereointiin nähden on se, että tulokset saadaan heti ja heikkoutena taas inhimilliset virheet ja hankalat työajat häiriöäänien välttämiseksi, kuten liikenne. Vuotoääni havaitaan kuuntelupiikillä maanpinnalta, ei kuitenkaan vielä tiedetä tarkkaa vuotopaikkaa. Putkimateriaalista, halkaisijasta ja vuodon muodostamasta äänestä riippuen. Mitä suurempi putkikoko, sitä pienemmältä alueelta ääni on mahdollista kuulla. Putkimateriaali vaikuttaa huomattavasti äänen havaittavissa olevaan etäisyyteen. Esim. sama vuotoääni kuuluu 100 mm valuraudassa 200 m, kun taas 500 mm valuraudassa samainen ääni kuuluu enää vain n. 50 m. Maaperä vaikuttaa

äänen kulkeutumiseen putkikoosta huolimatta. 110 mm PE putkessa ääni kulkeutuu noin 50 m, kun taas 315 mm PE putkessa ääni kulkeutuu enää noin 20 m. Käytetään aktiivisena vuodonhakemismenetelmänä, kun on epäilyjä mahdollista vuotopaikoista.

Piikillä kuuntelu sopii erinomaisesti tapauksiin, jossa epäillään esimerkiksi talohaarassa olevan vuoto. Sillä talohaarojen pituus on yleensä suhteellisen lyhyt ja talohaara on käytännössä aina umpiperä, jolloin talohaaraventtiililtä kuunneltaessa saadaan selville, onko linjassa venttiilin läpi virtausta.

Ongelma piikillä kuuntelussa muodostuu ulkopuolisista tekijöistä. Näitä ovat esimerkiksi käynnissä oleva auto tai ohi ajava auto, joista ääni kulkeutuu mikrofoniin selkeästi. Paras ajankohta yleisesti kuunteluissa olisi hiljaiseen aikaan, jolloin vedenkulutus on lähtökohtaisesti vähäisempää. (Tolvanen 2023)



Kuva 7. Piikillä kuuntelu (Oma kuva, 2024)

4 VUODON PAIKANNUS

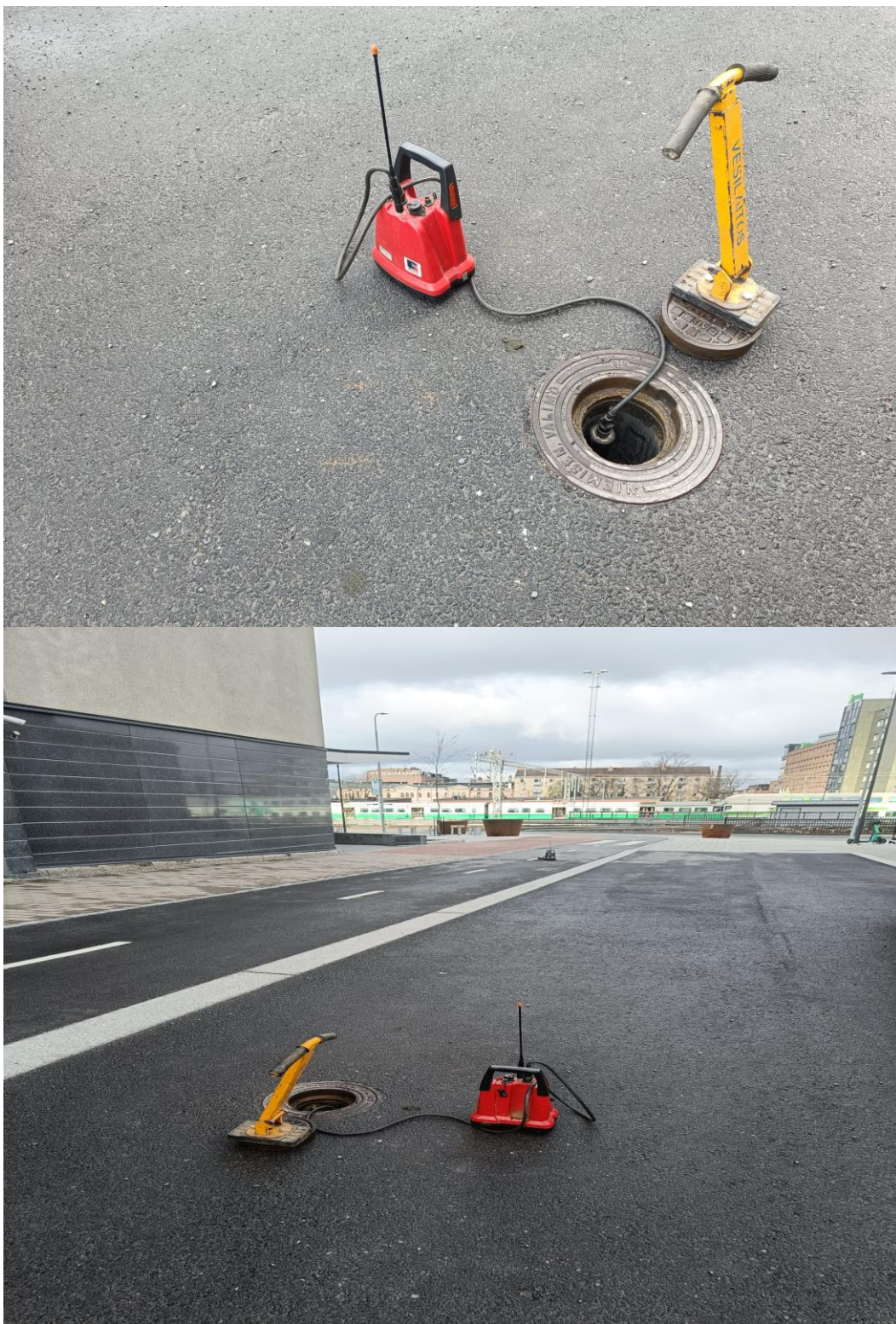
4.1 Akusto korrelointi

Korrelointi on äänien mittaamista materiaaleissa kahden mittapisteen välillä, se mittaa aikaeroa jopa tuhannes sekuntien nopeudella. Korreloidessa vesijohtoverkostosta etsitään sopivalla etäisyydellä olevat korrelointipisteet, jotka voivat olla paloposteja, venttiileitä tai kaivanto, josta pääsee käsiksi suoraan putkeen, mekaaninen yhteys putkeen on kuitenkin oltava. Akustokorreloinnissa mitattava matka olisi hyvä pitää alle 200 m, jotta päästään mahdollisimman tarkkaan paikannukseen. Korrelointi, kuten muutkin paikannustavat ovat tarkempia mitä lyhyempi korreloitava matka yleensä on. Korreloinnin tarkkuus paranee mitä tarkemmin lähtötiedot ovat selvillä. Koko, putki materiaali ja mitattava matka, sillä ääni kulkee putken seinämää pitkin eriajassa riippuen putken koosta ja materiaalista. Onnistuneen korreloinnin edellytyksenä on äänen kuuleminen kahteen kiinteään pisteeseen, jotka ovat putkessa yhteydessä.

Korreloinnin hankaluus tulee putkimateriaaleista sillä muoviputkissa ääni ei johdu yhtä hyvin kuin valurautaisissa, tämä ei sulje pois mahdollisuutta korrelointiin, vaikka materiaali olisikin PVC tai PEH putkea, mutta hajonta voi olla mittauksessa suurempaa. Toki vaikka materiaali olisikin teräsputkea, jossa teoreettisesti äänen pitäisi johtua hyvin niin poikkeuksia on tässäkin, sillä mitä suuremmaksi korreloitavan putken halkaisija kasvaa, sitä suuremmaksi myös kaiku putkessa kasvaa. Uudemmat korrelointikoneet osaavat tulkita tätä jo paremmin, mutta pientä hajontaa saattaa esiintyä. Mikäli mitattavalla matkalla on useampia vuotoja, niin nämä voivat häiritä korrelointi tulosta. Useampi vuoto saattaa antaa virheellisen tuloksen, sillä yleensä suurempi vuoto voi jättää pienemmän vuodon äänet, jolloin pienempi vuoto jää havaitsematta.

Optimi tilanteessa vuodon paikannusvaiheessa ei tarvitse kaivaa ennen vuoto-paikan löytämistä. Oikeiden olosuhteiden ja materiaalien ollessa kohdallaan, voidaan luottaa mittaukseen n. 10 cm tarkkuudella. Akustokorrelaatiota voidaan tehdä nopea toimisesti, mikäli vuotoääni kuuluu selkeästi kahdesta pisteestä: täl-

löin voidaan korrelaatio suorittaa muutamassa minuutissa. Yleisesti akustokorrelaatio menetelmällä voidaan tutkia tunnin aikana 3–5 eri kuunteluväliä. (Tolvanen, 2023)

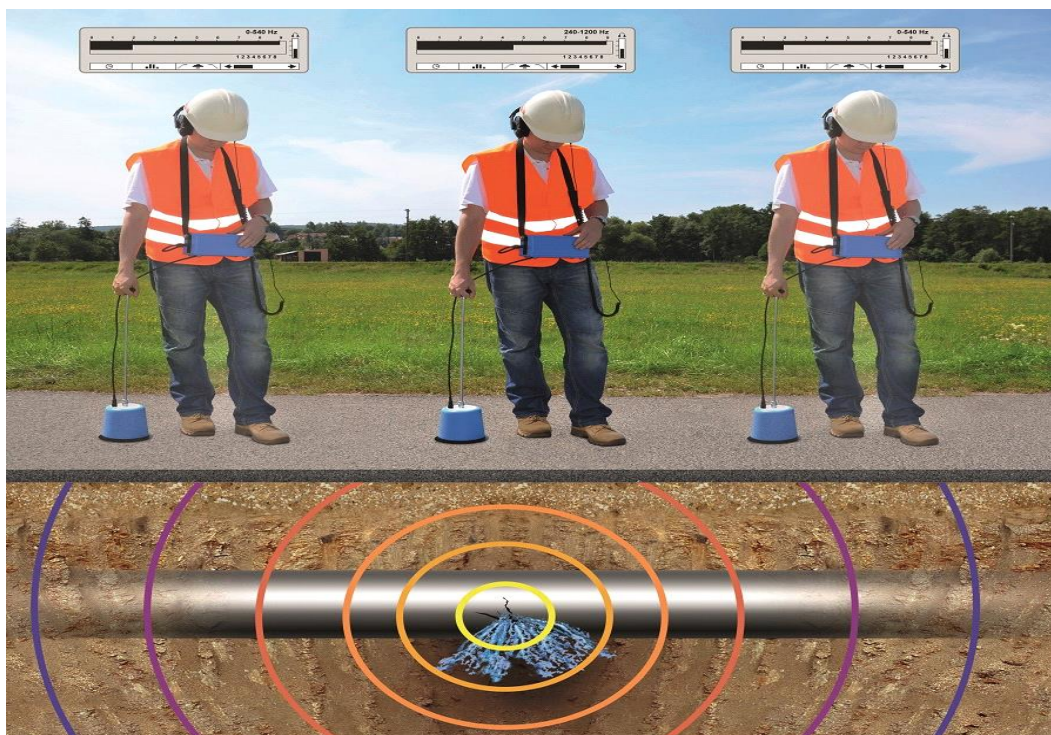


Kuva 8. Akusto korrelointi, Oma kuva, (2024)

4.2 Maamikrofoni

Maamikrofoni toimii yhtenä vuodon paikannus menetelmästä, kun tiedetään putkilinjan suunta ja oletettu vuotoaika. Maamikrofonin käytössä tarvitaan kuulokkeet, maamikrofoni ja vastaanotin. Mikrofonilla pystyy paikantamaan vuodon syvältä maan alta ja toisinkuin piikillä kuuntelemalla maamikrofoni ei tarvitse kontaktia suoraan vesijohtoon, venttiiliin tai muuhun vesijohtoon suorassa kosketuksessa olevaan liittimeen. Maamikrofonia siirretään maanpinnalla lyhyitä matkoja kerrallaan vesijohdon suuntaisesti, äänen kasvaessa tai pienentyessä pystytään määrittämään oikea suunta tai paikka vuodolle. Myös tämä piikillä kuuntelun ohella tarvitsee harjaantuneen korvan vuotoääniin. Tämä toimii erinomaisesti varmistuksena esimerkiksi korreloinnin jälkeen, mikäli korrelointi tulos ei anna täysin selvää piikkiä vuotoaika. Lähtökohtaisesti maamikrofoni on varmistus toimenpide muiden menetelmien rinnalle. Erityisesti muoviputkia kuunnellessa on hankalaa saada selville oikeaa vuotoa paikkaa muilla menetelmillä, mutta mikrofonin ansiosta vuotoaika saadaan selville yleensä tarkasti.

Ongelmana maamikrofonissa, kuten piikillä kuuntelussa on ulkoiset tekijät kuten autot ja muu lähellä oleva meteli. (Tolvanen, 2023)



Kuva 9. Maamikrofonilla kuuntelu, Perel Oy, verkkosivu, 2024

4.3 Kaasuttaminen

Ilmaisinkaasulla vuodonpaikannuksessa täytetään vuotavaksi todettu putki ilmaisinkaasulla ja paikallistetaan kaasun maanpinnalle nousemisen sijainti tähän tarkoitukseen valmistetulla kaasuanturilla. Ilmaisinkaasuna vuodonpaikannuksessa käytetään vetyä seoskaasuina 5 % - 10 % seoksena, jossa loppuosan inerttinä kaasuna toimii typpi. (Hulkkonen, 2007, s. 8) Seosta käytetään, jotta saadaan vähennettyä syttymisriskiä palavien kaasujen kanssa. Ilmaisinkaasua käytettäessä ei vesijohto voi olla vedenjakelukäytössä ja se tulee olla rajattavissa käytössä olevasta verkostosta esimerkiksi venttiilein.

Ilmaisinkaasu vuodonpaikannusmenetelmänä sopii erityisesti kohteisiin, joissa vuodon aiheuttama ääni ei kantaudu toimilaitteisiin ja nopeammat akustiset menetelmät eivät tuota tulosta.

Ennen kaasuttamista tulee suunnitella paikka, josta kaasua aletaan syöttämään linjaan. Esimerkiksi huuhteluposti, putkenpäässä oleva liitin tai jokin muu vastaava yhdistin. Ilmaisinkaasun syöttämistä varten täytyy aina varmistaa, että kaikki venttiilit ovat kiinni, jotta kaasu ei pääse karkaamaan hallitsemattomasti kiinteistöihin tai maastoon. Riskien minimoimiseksi kaasutettavan linjan tulee olla mahdollisimman täynnä vettä, sillä palavat kaasut ovat aina riski ilman kanssa. (Tolvanen, 2023)



Kuva 10. Kaasuttaminen, Leak Control Benelux, verkkosivu, 2024

Kun kaasua syötetään linjaan, se työntää jousimaisesti itseään raskaampaa vettä edellä pois ainoasta mahdollisesta poistumispaikasta, joka onnistuneessa kaasuttamisessa on vuotokohta. Kun vesi on poistunut putkesta kaasun tieltä, alkaa kaasu nousemaan vuotokohdasta maanpintaa kohden. Kaasun havaitseminen maanpinnalla tapahtuu paikannuslaitteella kävellen linjan päällä, jolloin laitteisto havaitsee kaasun siinä kohtaa mistä kaasu nousee pintaan. Kaasun kulkeutuminen maastossa hidastuu merkittävästi, jos maaperässä on paljon vettä, jolloin kaasu joutuu työntämään maaperässäkin vettä edellään. (Tolvanen, 2023)

5 POHDINTA

Kaikki nämä vuodonpaikannusmenetelmät ovat tärkeitä, sillä niitä käytetään eri vuodonpaikantamisvaiheissa riippuen putkimateriaaleista, vuodon koosta, vuodon ilmaantumistavasta tai vuoto paikasta.

Jotta vuotoja voitaisiin paikantaa tehokkaasti resursseja säästäten vesilaitosten ja vesiosuukuntien tulisi panostaa entistä enemmän ennakoivaan vuotojen paikantamiseen. Suunnitteluvaiheessa tulisi keskittyä yhä enemmän riskien minimointiin ja alueelliseen vuodon paikantamiseen. Vuotojen paikantaminen on kuitenkin joka tapauksessa kehittynyt tehokkaasti viimeisen 10 vuoden sisällä.

Tulevaisuudessa vuodon paikantamisissa käytettävät menetelmät tulevat kehittymään entistään ja uusia menetelmiä tullaan ottamaan käyttöön tai hyödyntämään tehokkaammin ja kokonaisvaltaisemmin kuin tällä hetkellä.

Vuotojen paikantamisessa tullaan todennäköisesti jossain määrin hyödyntämään satelliitteja tarkemmin, jotka erottavat vesijohtoveden maaperästä, veden oman sähköjohtavuuden perusteella. Satelliittipohjainen vuodonpaikannus antaisi kerralla satojen kilometrien matkalta dataa, josta voisi lähteä hakemaan tarkkaa vuotoa paikkaa muilla menetelmillä.

Droneja nykypäivänä käytetään jo kaukolämmön puolella, kuvaamassa mahdollisia vuotoja, joka toteutetaan mittaamalla maaston lämpötilaeroja. Kaukolämmön osalta tämä on mahdollista, toisin kuin vesiputkien, sillä kaukolämpöputket asennetaan lähelle maanpintaa ja putkien päällä on vähän läpäisemätöntä maa-ainesta. Vesijohtovuotoihin voi droneilla olla hankala saada yhtä hyviä tuloksia, sillä vesijohto asennetaan yleisesti ottaen 2 m syvyyteen.

Aluemittaus on todennäköisesti tehokkain tapa vuotojen hakemiseen vielä tulevaisuudessakin, mikäli se pystytään toteuttamaan riittävän tehokkaasti. Ongelman yleensä muodostaa alueet, joilla on suuret määrät muuta infraa ympärillä, esimerkiksi keskusta-alueet kaupungeissa ja kunnissa. Lähtökohtaisesti aluemittausjärjestelmän käyttöönotto pitäisi huomioida uusia alueita suunnitellessa, kun muuta infraa ei ole vielä ympärillä.

LÄHTEET

Aistio, District Monitoring, Tampereen veden aluemittausjärjestelmän data, sisäinen lähde.

Auvinen, Tero, 2024. Liiketoiminta päällikkö. Lining Oy. Haastattelu 15.1.2024.

Farley, Malcom. & Trow, Stuart. 2005. Losses in water distribution networks: a practitioners' guide to assessment, monitoring and control. London, UK: IWA Publishing. Viitattu 13.4.2024. Saatavissa:

<https://iwaponline.com/ebooks/book/123/Losses-in-Water-Distribution-Networks-A>

Farley, B., Boxall J.B., Mounce S.R. (2008). Optimal Locations of Pressure Meters for Burst Detection. Proceedings of the 10th Annual Water Distribution Systems Analysis Conference WDSA2008. s. 747-757. Saatavissa:

<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41024%28340%2963>

Hulkkonen, Veli, 3/2007, Fluid Klinikka, Tyhjiötekniikka vuodonetsintä. Viitattu 18.6.2024. Saatavissa: <https://www.salhydro.fi/files/PDF/16.tyhjiotekniikka-vuodonetsinta.pdf>

Karttunen, Erkki, 2004. RIL 124-2-2004. Vesihuolto II. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto IRL ry.

Kowalska, B., Suchorab, P., Kowalski, D. (2022). Division of district metered areas (DMAs) in a part of water supply network using WaterGEMS (Bentley) software: a case study. Applied Water Science 12, Article number: 166 (2022). 10s. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01688-2>

Kunnat ja vesihuolto huomisen Suomessa, Kuntaliiton kannanotto, Helsinki 2007. Viitattu 14.4.2024. Saatavissa:

<https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Kunnat%20ja%20vesihuolto%20huomisen%20Suomessa.pdf>

Leak Control Benelux, verkkosivu, 2024. Viitattu 15.6.2024. Saatavissa:

[Hydrogen Leak Detector Inficon / Sensistor 9012 XRS - Leak Control Benelux \(lekdetectie-apparatuur.nl\)](https://www.leakcontrolbenelux.com/en/hydrogen-leak-detector-inficon-sensistor-9012-xrs-leak-control-benelux)

Lehto, Karri, 2015. Sekaviemäristä erillisviemäriksi. Teknis-taloudellisia tarkasteluja. Tampereen Vesi. Opinnäytetyö. Viitattu 17.4.2020. Saatavissa:

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89841/Sekaviemarista+erillisviemariksi+Teknis+taloudellisia+tarkasteluja.pdf;jsessionid=F9E2BCB8ABCED966A881FB6BB8FAC13C?sequence=1>

Lempäälän Vesi, 2022. Tilinpäätös ja toimintakertomus ajalta 1.1. –31.12.2021. Viitattu 26.5.2024. Saatavissa:

<https://www.lempaalanvesi.fi/lempaalanvesi/toimintakertomukset/nvesi.fi>

Perel Oy, Vesivuodon tarkka paikannus, verkkosivu, 2024. Viitattu 16.6.2024. Saatavissa: [Vesivuodon tarkka paikannus | Vesihuollon mittalaitteet | Mittalaitteet | Perel Oy](#)

Puurunen, Jari, 2015, Hydraulinen mallintaminen ja aluemittausjärjestelmä koevesijohtoverkostossa. Opinnäytetyö. Viitattu 20.5.2024. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/94923?show=full>

ROTI, 2017. Rakennetun omaisuuden tila 2017. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. Viitattu 28.4.2024. Saatavissa: https://www.ril.fi/media/2017/2017-vai-kuttaminen/roti2017/taustat/roti-2017_painettu-raportti.pdf

Tampereen Vesi, 2019–2022, Laakkonen, sisäinen selvitys, ei saatavissa ulkoisesti. Viitattu: 13.2.2024.

Tolvanen, Jouni, 2023. Työnjohtaja. Joostek Oy. Haastattelu 5.6.2023.

Tonisco, myyntiesite, Kaarlo Nisso, 2022. Tampereen veden sisäinen lähde.

Vesihuoltoverkoston kunnon ja arvon määrittäminen. 2013. 42278/SerVesi. Tampere: VTT. PDF-dokumentti. Viitattu 16.5.2022. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2012/VTT-R-08119-12.pdf>

Vesijohtojen kunnon tutkiminen, 2022, Helsinki. Viitattu 18.6.2024. Saatavissa: https://www.vvy.fi/site/assets/files/6898/vesijohtojen_kunnon_tutkiminen_09082022.pdf

Vesilaitosyhdistys, Suomen vesilaitosten vesitehokkuus on hyvällä tasolla, 29.4.2020. Verkkosivu. Viitattu 25.5.2024. Saatavissa: <https://www.vvy.fi/ajankohtaista/uutiset/suomen-vesilaitosten-vesitehokkuus-on-hyvalla-tasolla/>

VMS, Korreloivat IOT-vuotoääniloggerit avuksi vesivuotojen etsintään. Viitattu 26.5.2024. Saatavissa: <https://www.vmsv.fi/fi/artikkelit/korreloivat-iot-vuotoaaniloggerit-avuksi-vesivuotojen-etsintaan/>

VMSV, Vesijohtovuoto löytyy kuuntelemalla, 17.9.2018. Verkkosivu. Viitattu 26.5.2024. Saatavissa: <https://www.vmsv.fi/fi/artikkelit/vesijohtovuoto-loytyy-kuuntelemalla/>