

Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Tomi Parviainen

# Vuodonhaun tekniikka paineellisissa ja paineettomissa vesiputkissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työjohto

Opinnäytetyö

1.11.2020

Tekijä Otsikko	Tomi Parviainen Vuodonhaun tekniikka paineellisissa ja paineettomissa vesiputkissa
Sivumäärä Aika	35 sivua 1.11.2020
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaajat	lehtori Jyrki Viranko
<p>Opinnäytetyön aiheena on vuodonhaun tekniikka paineellisissa ja paineettomissa putkissa. Olen opiskeluni ohella ollut tällä hetkellä noin kaksi ja puoli vuotta töissä Polygon Finland Oy:ssä kosteuskartoittajana tutkien kosteusvahinkojen syitä ja niiden korjaamista.</p> <p>Opinnäytetyö on kirjallinen apuväline vuodenhakijoiden koulutukseen Polygon Finland Oy:n käyttöön. Polygon Finland Oy on kansainvälinen yritys yritys, joka on erikoistunut kiinteistövahinkojen hallintaan. Vuonna 2020 Polygonilla on työntekijöitä Suomessa hie- man yli 300. Taitavia vuodenhakijoita halutaan kouluttaa lisää. Aiheeseen ei juuri ole ole- massa koulutusmateriaalia koulutusohjelmista puhumattakaan. Työssä tarvitaan teoreettis- ten tietojen lisäksi runsaasti käytännön kokemusta ja harjaantumista. Tämän opinnäyte- työn tarkoituksena on helpottaa asiaan perehtyvien henkilöiden alkuun pääsyä sekä teoria- tietojen kautta että kertomuksilla käytännön tilanteista, joissa kirjoittaja on ollut mukana.</p>	
Avainsanat	vuodonhaku, LVI

Author Title	Tomi Parviainen Leak detection in pressurized and non-pressurized pipes
Number of Pages Date	35 pages 1 November 2020
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	HVAC Engineering
Instructors	Jyrki Viranko, Senior Lecturer
<p>The purpose and goal of this final year project was to create a teaching handbook for educating new experts in the field of leak detection. This includes leaks in pressurized as well as non-pressurized water pipes. Technics used in the search were acoustic leak detection, tracer gas detection, submission tests, along with moisture detection technics.</p> <p>Information for the study was gathered mainly from an experienced leak seeker in actual leak searching cases in the field. Literal sources were used also for background information. Leak detection is a rare profession and literal sources are very few. Not any school in Finland are teaching it. This project aims to be the first literal leak detection handbook in Finnish.</p> <p>Leak detection is also a very practical science needing a lot of field practice along with theoretical knowledge before mastering it properly. However, this handbook gives a good start on the theoretical side, easing the way towards true master skills.</p>	
Keywords	leak detection, HVAC

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Erytyypiset vuodot ja niiden aiheuttajat	1
2.1	Tyypilliset vuodot	1
2.2	Erytyypiset putket, asennuspaikat ja niissä esiintyvien vuotojen aiheuttajat	3
3	Vuodonhaun prosessi	5
3.1	Vuodonhaun prosessi	5
3.2	Epäily putkivuodosta	6
3.3	Kosteuskartoitus	6
3.3.1	Silmämääräinen tutkimus	6
3.3.2	Tutkimus pintakosteusosoittimella	6
3.3.3	Kosteusmittaus	7
3.3.4	Kosteusmittaus puuanturilla	9
3.4	Painekoe käyttövesi- ja lämmitysjärjestelmään.	10
3.5	Vesijärjestelmän koon arviointi	11
3.6	Putkikuuntelu	12
3.7	Merkkikaasututkimus	18
3.8	Vuodonhaku viemäreistä.	21
3.8.1	Viemärikuvaus	21
3.8.2	Viemärin padotus	22
3.8.3	Viemärin merkkikaasututkimus	24
4	Vuodonhakesimerkkejä	24
4.1	60-luvun rivitalo	24
4.2	Kylmäksi jäänyt hirsitalo	27
4.3	Vanhan vesivahingon epäillään vuotavan edelleen	30
4.4	Taloyhtiön lämmitysjärjestelmästä häviää painetta	31
5	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

## 1 Johdanto

Opiskeluni ohella olen työskennellyt ensimmäisestä harjoittelusta alkaen Polygon Finlandilla kosteuskartoittajana, tätä kirjoittaessa noin kahden ja puolen vuoden ajan. Työssäni tulee toisinaan esiin tilanteita, joissa on todettu tai epäillään putkivuodon aiheuttamaa kosteusvahinkoa mutta sen syytä ei ole saatu selville. Vuoto voi jatkua edelleen, tai vesijärjestelmä on poistettu käytöstä, koska vuotopaikkaa ei ole löydetty eikä näin ollen voitu korjata. Kyseessä on erityinen taito ja ala, jolla toiminta on Suomessa hyvin harvoissa käsissä. Polygon Finlandilla vesivahinkoalan toimialapäällikkönä toimivalla Hannu Kärjellä on itsellään hallussa tiedot ja taidot vuotojen hakemiseen, mutta ei riittävästi aikaa hoitaa asiaa yksin koko Suomen alueella. Tämän vuoksi tehtiin päätös, että vuodonhakijoita koulutetaan lisää kosteuskartoittajista. Valmista koulutusta, kirjallisuutta tai muuta opetusmateriaalia ei Suomessa ole ollut. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on toimia oppimateriaalina vuodonhakuun koulutettaville henkilöille. Vuodonhaku työnä vaatii tietopohjan lisäksi runsaasti harjaantumista ja kokemusta, erityisesti putki-kuuntelun osalta.

Tämän opinnäytetyön pääasiallinen tietopohja on syntynyt, kun olen itse ollut Hannu Kärjen mukana vuodonhakutyömailla. Hän on samalla perehdyttänyt minua vuodonhaun tekniikkaan, johon olen harjaantunut sekä tekemällä muistiinpanoja että tekemällä itse työtä. Vuodonhaun prosessiin kuuluvasta kosteuskartoituksesta kerron tässä oman ammattitaitoni pohjalta. Lisäksi olen kerännyt tähän tietoja erityyppisten ja -ikäisten putkien rikkoutumismekanismeista. Vuodonhaun tekniikan ja menetelmien lisäksi mukana on esimerkkitapauksia todellisista vuodonhakutapauksista ratkaisuihin.

## 2 Erityyppiset vuodot ja niiden aiheuttajat

### 2.1 Tyypilliset vuodot

Ympäristöministeriön asetus 1047/2017 rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista ohjeistaa seuraavasti:

13 §

Vuotojen havaittavuus

Erityissuunnittelijan on suunniteltava rakennukseen asennettavat vesijohdot ja niihin liitetyt laitteet niin, että mahdollinen vesivuoto on helposti havaittavissa, ja vesijohdot ja laitteet voidaan helposti tarkastaa, korjata ja vaihtaa. Seinärakenteissa olevissa kytkentäjohdoissa ei saa olla liitoksia. Märkätilan lattiaan ei saa tehdä vesijohtojen läpivientejä.













Vesivuotojen havaitsemiseksi on käytettävä rakenteellisia ratkaisuja, jotka ohjaavat vuotoveden näkyville. Pystyjakojohtoissa on oltava mekaaniset tai rakenteelliset vuodonilmaisimet kerroksittain, elleivät jakojohdot ole näkyvissä. [1]

Käytännössä kyseinen asetus ei toteudu kovin kattavasti Suomen rakennuskannassa. On hyvin tyypillistä, että vuotopaikat ovat piilossa aiheuttaen merkittävää vahinkoa ennen paljastumistaan.

Keskimäärin rakennuksissa tapahtuu vuotoja kerran viidessä vuodessa. Eniten vuotoja tapahtuu 1960–1980-luvuilla rakennetuissa kerrostaloissa. Kuitenkin vuotoriski on olemassa kaikenikäisissä ja -mallisissa rakennuksissa. Kaikilla putkilla on käyttöikänsä, ja jossain vaiheessa ne syöpyvät, haurastuvat tai ruostuvat ja alkavat vuotaa. Myös työvirheet aiheuttavat paljon vuotoja. Heikentyneiden kohtien löytäminen ja vuotokohtien tarkka paikallistaminen nopeasti on hyvin tärkeää, jotta suuria vaurioita ei pääse syntymään rakenteisiin. [2]. Erikokoisten vuotojen vesimäärää ja veden hintaa havainnollistetaan kuvassa 1. Vuotoa on syytä epäillä, kun todetaan seuraavia seikkoja:

- Lämmitysverkostoon joudutaan toistuvasti lisäämään vettä.
- Vesimittari pyörii, vaikka vedenkulutusta ei pitäisi olla missään rakennuksessa.
- Vesilasku on kasvanut selvästi ilman tiedossa olevaa syytä.
- Rakenteista löydetään kosteutta.
- Lämmityskulut nousevat ilman selkeää syytä.
- Kuuluu poikkeavia ääniä, esim. suhinaa.

[2]

Vuoto vuodessa	Vuotokohtan koko	Lisäkustannus
30 m <sup>3</sup> /vuosi  Tiheä tippavuoto	 Ompelulanka	 75 €
300 m <sup>3</sup> /vuosi  Ohut vesivirta	 Parsinneula	 750 €
3 000 m <sup>3</sup> /vuosi  WC:n jatkuva vuoto	 Tulitikku	 7 500 €
30 000 m <sup>3</sup> /vuosi  Jatkuva vesivirta	 Lyijykynä	 75 000 €

Vuotava vesimäärä, kun vedenpaine on 50 m vp (500 kPa) Veden hinta 2,5 €

Kuva 1. Vuodon koko ja taloudellinen vaikutus Motivan mukaan [2].

## 2.2 Erityyppiset putket, asennuspaikat ja niissä esiintyvien vuotojen aiheuttajat

Eri-ikäisissä ja -tyyppisissä taloissa putkiratkaisut poikkeavat selvästi toisistaan. Vuodonhakijalle on hyödyllistä ymmärtää tyyppilliset ratkaisut ja niiden heikot kohdat [kuva 2].

**Putkistomateriaalien vauriomekanismeja ja vaurioita:**

Materiaali	Käyttö-tarkoitus	Vaurion muoto	Vaurion aiheuttaja	Vaurioiden muodostumiseen vaikuttavat tekijät
<b>Kupari</b>	Lämmin ja kylmä vesi	Paikallinen syöpymä	Eroosio-korroosio	Liian suuri virtausnopeus tai pyörteisyys, mekaaninen rasitus, korkea lämpötila, veden laatu (matala pH, kloridit).

			Pistekorrosio	Mekaaniset vauriot ennen asennusta, asennusvirheet, liian korkea lämpötila, veden laatu (happamuus, pehmeys, kloridit, bikarbonaati-sulfaattisuhte, rauta, alumiini, mangaani, silikaatti, hiilihappo).
		Murtumat	Korroosioväsyminen	Asennusvirheet, lämpöliikkeiden estyminen, paineiskut, veden laatu.
<b>Sinkitty teräs</b>	Kylmä vesi	Paikallinen syöpymä	Yleinen korrosio	Veden laatu, puutteelliset sinkitykset, valmistusvirheet, asennusvirheet, veden laatu (kloridit, pehmeys, happamuus, aggressiivinen hiilidioksidi).
			Galvaaninen korrosio	Asennusvirheet, jalompaa metallia oleva putki asennettu virtaussuunnassa ennen sinkittyä teräsputkea. Suora kontakti jalomman metallin kanssa.
			Piste- ja kuopakorrosio	Veden laatu (kloridit, sulfaatit), seisova vesi, pieni virtausnopeus, kerrostumat.
<b>Valurauta</b>	Viemäri	Laaja-alainen syöpymä	Grafitoituminen	Pinnoitteiden vauriot, veden laatu (hapan ja pehmeä vesi), valuraudan huokoisuus.
		Paikallinen syöpymä	Piste- ja kuopakorrosio	Pinnoitteiden vauriot, veden laatu (hapan ja pehmeä vesi, kloridit, sulfaatit).
		Laaja-alainen tai paikallinen syöpymä	Yleinen korrosio	Pinnoitteiden vauriot, veden laatu (hapan ja pehmeä vesi, kloridit, sulfaatit).
			Mikrobiologinen korrosio	Pinnoitteiden vauriot, seisova vesi.
<b>Ruostumatonta teräs</b>	Kiinteistöverkotot	Murtumat	Piste- ja rakkokorrosio	Veden laatu (kloridit), putken vauriot lämpökäsittelyn seurauksena, jälkiäsittämättömät hitsit, seisova vesi, suuri virtausnopeus
			Jännityskorrosio	Vetojännitykset, kloridit, liian korkea lämpötila.
<b>PEX ja komposiitti</b>	Kiinteistöverkotot	Murtuma	Sitkea murtuminen.	Suunnitellun lämpötilan tai paineen ylitys, aggressiiviset yhdisteet,
			Vanheneminen (hauras murtuminen)	Osittain materiaalille luontaista, mekaaninen kuormitus, aggressiiviset yhdisteet, UV, lisäaineiden liukeneminen.
<b>Komposiitti</b>	Kiinteistöverkotot	Kerrostenvirtaaminen		Suunnitellun lämpötilan tai paineen ylitys, aggressiiviset yhdisteet.

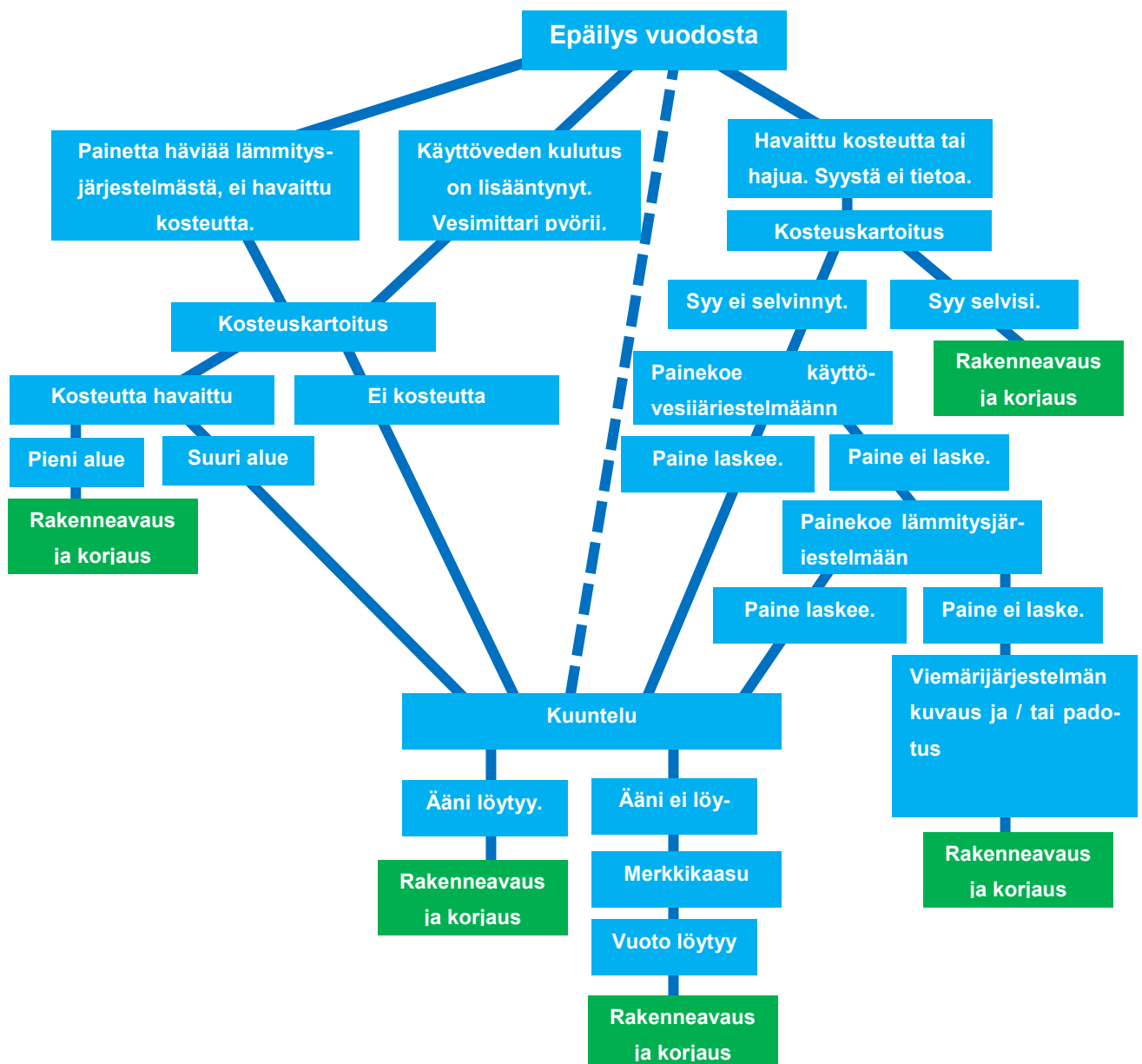
Kuva 2. Putkistojen vaurioituminen [3].



### 3 Vuodonhaun prosessi

#### 3.1 Vuodonhaun prosessi

Kuvassa 3 on esitetty vuodonhaun prosessi kaaviona. Seuraavissa alajaksoissa kuvataan jokainen kohta tarkemmin.



Kuva 3. Vuodonhaun prosessi kaaviona.

### 3.2 Epäily putkivuodosta

Kun kiinteistössä on herännyt epäily putkivuodosta, on epäilyksen lähteitä pääsääntöisesti kolme. On havaittu kosteutta tai hajua, käyttöveden kulutus on lisääntynyt, jolloin vesimittari pyörii myös silloin kun vettä ei käytetä, tai vesikiertoisen lattialämmitysjärjestelmän paine on laskenut. Jos on vain havaittu kosteutta tai hajua, syy voi olla myös muualla, esim. kattovuoto tai maakosteuden pääsy rakenteisiin. Vuodonhaku aloitetaan yleensä kosteuskartoituksella, jossa tämä asia selvitetään. Joissain tapauksissa se voidaan aloittaa myös suoraan putkikuuntelulla.

### 3.3 Kosteuskartoitus

Kosteuskartoituksessa pyritään löytämään kosteus rakenteissa ja rajaamaan sen vaikutusalue. Jos vuotoa hakiessa kostea alue löytyy ja rajautuu suhteellisen pienellä alueella, voidaan edetä suoraan rakenneavaukseen ja paikantaa vuoto silmämääräisesti kun putket saadaan näkyviin. Samalla selvitetään myös, onko löydetyn kosteuden syynä putkivuoto vai muu syy. Vanhemmissa taloissa ei ole harvinaista, että kastumisen syitä on yhtä aikaa useita. Seuraavissa alajaksoissa esitetään lyhyesti kosteuskartoituksen välineet ja työtavat.

#### 3.3.1 Silmämääräinen tutkimus

Kosteuskartoituksessa tutkittava alue käydään ensin läpi silmämääräisesti etsien viitteitä kosteudesta. Haetaan tummentumia, kiinnityksestään irronneita pintamateriaaleja, vesipisaroiden jälkiä, irronnutta maalia.

#### 3.3.2 Tutkimus pintakosteusosoittimella

Tämän jälkeen tutkittava alue käydään läpi pintakosteusosoittimella. Pintakosteusosoittimella tutkittaessa ei rikota pintoja. Osoitin näyttää muutoksia aineen sähkönjohtavuudessa, joka muuttuu kosteuden myötä. Pintakosteusosoittimen näyttö ei näytä mitään mittayksikköä, vaan vertailulukua, jonka muutoksia samassa materiaalissa seurataan. Luku vaihtelee huomattavasti eri materiaaleissa. Se reagoi myös metalliin, rakenteen tiiviyden muutoksiin (esim. runkopuu väliseinässä) ja moniin muihin rakenteessa oleviin muutoksiin. Pintakosteusosoittimella voidaan usein rajata kastunut alue pintarakentei-

den osalta. Laitteen käyttö vaatii harjaantumista ja kokemusta virheiden välttämiseksi. [4] Pintakosteusosoittimia on useita tyyppisiä, joista eniten käytetty on pallopääosoitin [kuva 4]. Erityyppiset osoittimet toimivat paremmin tai huonommin eri materiaaleihin.



Kuva 4. Kuvassa käytetään Gann Hydrotest -pallopäätyyppistä pintakosteusosoitinta.

### 3.3.3 Kosteusmittaus

Rakenteen hetkellinen kosteusmittaus voidaan suorittaa kosteus- ja lämpötilamittarilla (Esimerkiksi Vaisala HM40 [kuva 5]). Mittarin mittapää täytyy tällöin saada suljettuun tilaan, jossa kosteus ei haihdu nopeasti pois. Tehdään esimerkiksi viiltomittaus lattian muovimatton alle tai eristetilaan porareian kautta. Alapohjan eristetilan kosteutta voidaan mitata useimmiten vuoden ympäri, mutta ulkoseinän eristetilan kosteuden mittausta vaikeuttaa talvella myös eristetilan matala lämpötila. Tällöin suhteellinen kosteus on korkealla, vaikka eristeen vesisisältö olisikin pieni. Tämä tekee kastuneen alueen

rajaamisesta vaikeampaa. Mittapää viedään porareiästä tai viillosta mitattavaan kohteeseen ja reikä eristetään esimerkiksi elastisella massalla [kuva 6]. Mittapään täytyy antaa tasaantua 15 minuuttia ennen lukemista. Tämä on hyödyllinen menetelmä vuoto- ja hakiessa.

Betoniin kosteutta voidaan mitata mittaputken avulla. Betonin mittausta vaatii mittaputken asennuksen porareikään ja tämän jälkeen kolmen vuorokauden tasaantumisaika. Tämän jälkeen mittaputkeen asennetaan mitta-anturi, joka luetaan 30–60 minuutin kuluessa asennuksesta, riippuen mittarivalmistajasta ja mittapätyypistä. [5]. Tämä menetelmä ei kuitenkaan vuoto- ja hakiessa ole käytännöllinen hitautensa vuoksi, vaan pintakosteusosoitin on riittävän tarkka tähän tarkoitukseen.



Kuva 5. Vaisala Humicap -kosteusmittari



Kuva 6. Eristetilan kosteusmittaus Vaisala Humicap -kosteusmittarilla.

#### 3.3.4 Kosteusmittaus puuanturilla

Puuanturilla [kuva 7] voidaan mitata kosteutta imevien materiaalien kosteutta. Puuanturissa on kaksi piikkiä, jotka upotetaan mitattavaan materiaaliin, ja mittari näyttää kosteusarvon painoprosenteina. Mittaustapa soveltuu puulle, kipsilevyille ja laminaatille joka kykenee imemään kosteutta.



Kuva 7. Humimeter WLW -puunkosteusmittari

### 3.4 Paine- ja vuoto- koe käyttövesi- ja lämmitys- järjestelmään.

Paine- ja vuoto- kokeella voidaan selvittää, onko vuoto käyttövesijärjestelmässä tai vesikiertoisessa lämmitys- järjestelmässä. Paine- ja vuoto- koe voidaan tehdä mihin tahansa paineistettuun vesijärjestelmään, joka voidaan sulkea ja johon voidaan asentaa painemittari. Koko talon käyttöveden paine- ja vuoto- koe toteutetaan asentamalla painemittari mihin tahansa vesihanaan [kuva 8]. Mittarin asennuksen jälkeen hana avataan niin, että sekä kylmä että lämmin puoli ovat auki (sekoittaja keskelle). Tämän jälkeen suljetaan tuloveden pääsulku. Merkitään mittarin asento ja seurataan, laskeeko paine. Jos puolen tunnin aikana paineessa ei tapahdu muutosta, voidaan todeta, että järjestelmä ei vuoda. Vastaava selvitys voidaan toteuttaa vesikiertoiseen lämmitys- järjestelmään asentamalla mittari sopivaan liitoskohtaan. Kiinteistön tulovesiputki voidaan mitata samalla tavalla sulkemalla sulku kiinteistön ulkopuolella paikallisen vesilaitoksen avustuksella.

Muoviputkistoihin voidaan toteuttaa koeponnistus seuraavasti: Ajetaan järjestelmään painetta 6–9 bar riippuen putkivalmistajan ohjeistuksesta. Annetaan putken venyä 30–

60 min. Sitten lasketaan painetta 1,5–2 bar. Tästä paineen ei pitäisi enää laskea, jos järjestelmä on ehjä. Eri putkivalmistajat antavat tähän (+/–) -arvon, jonka alle/yli paine ei saa pudota/nousta.



Kuva 8. Painekeho käyttövesijärjestelmään.

### 3.5 Vesijärjestelmän koon arviointi

Tutkittavan vesijärjestelmän koko on syytä kyetä arvioimaan suuntaa-antavasti, jotta vuodon suuruutta voidaan arvioida paineenlaskun perusteella. Kalvopaisunta-astia on tietyn kokoinen suhteessa koko järjestelmään, joten sen perusteella voidaan arvioida

järjestelmän kokonaistilavuus. Kalvopaisunta-astian mitoituksen laskentakaava on seuraava:

$$V^1 = \frac{(0,05 (p^2 + 1) V)}{(p^2 - p^1)}$$

- $V^1$  on paisunta-astian tilavuus (l)
- $V$  on lämmitysjärjestelmän kokonaistilavuus (l)
- $p^1$  on paisunta-astian esipaine (bar)
- $p^2$  on järjestelmän suurin sallittu käyttöpaine (bar)

[6]

Kun halutaan selvittää lämmitysjärjestelmän kokonaistilavuus, kaava johdetaan edellisestä seuraavasti:

$$= \frac{(p^2 - p^1)V^1}{(p^2 + 1)0,05}$$

Käytännössä voidaan karkeasti olettaa, että järjestelmän kokonaistilavuus on yleensä noin 20-kertainen suhteessa paisunta-astian kokoon.

### 3.6 Putkikuuntelu

Putkikuuntelulla pyritään paikallistamaan tarkka vuotokohta paineisista putkista. Putkikuuntelun etuna on, ettei tarvita purkua eikä vesijärjestelmien tyhjennystä. Kuuntelu on pikkutarkkaa toimintaa, jossa haetaan taustakohinasta pieniä muutoksia. Taustamelu täytyy hiljentää, jotta kuuntelu on mahdollista. Esimerkiksi kiertovesipumput, polttimet, kaukolämmönvaihtimet, moottoriventtiilit, IV, kylmälaitteet ym. sammutetaan kuuntelun ajaksi. Kuuntelu vaatii riittävän määrän harjoittelua ja harjaantumista ennen kuin voi odottaa menestyksekkäitä tuloksia [kuva 9]. Kuuntelulaitteita on saatavilla useilta eri valmistajilta [ks. kuva 12 a, b, c, d, e].

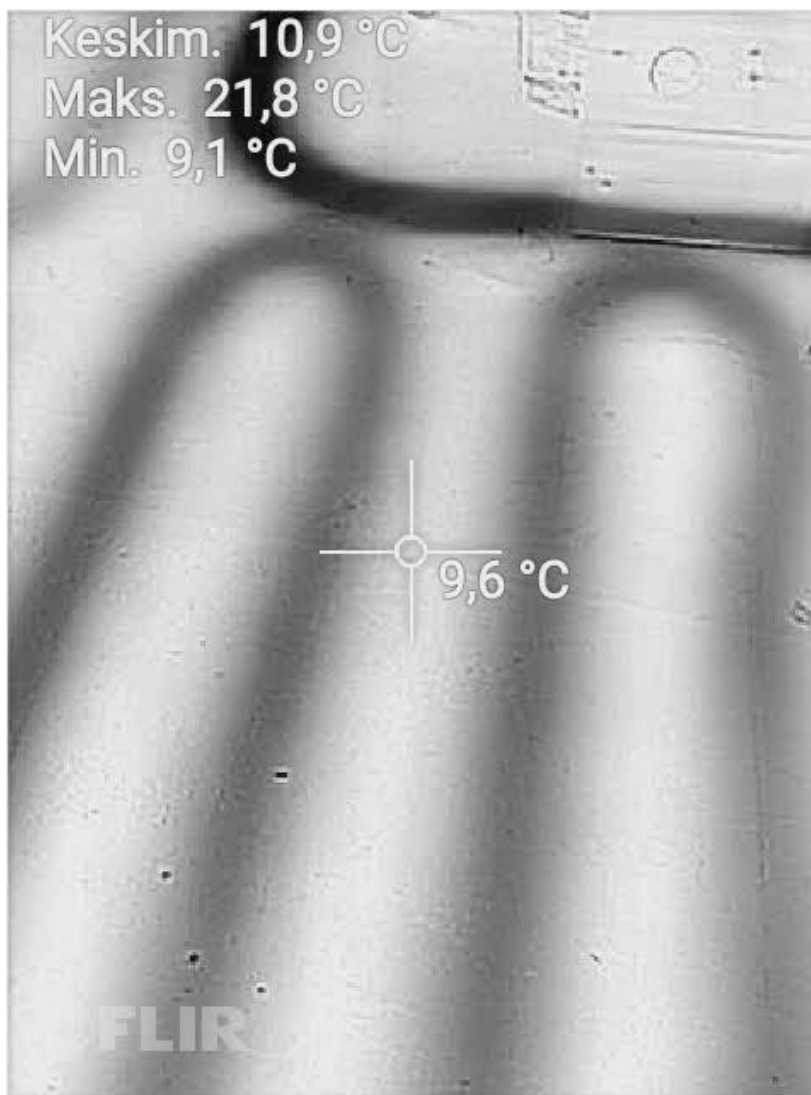




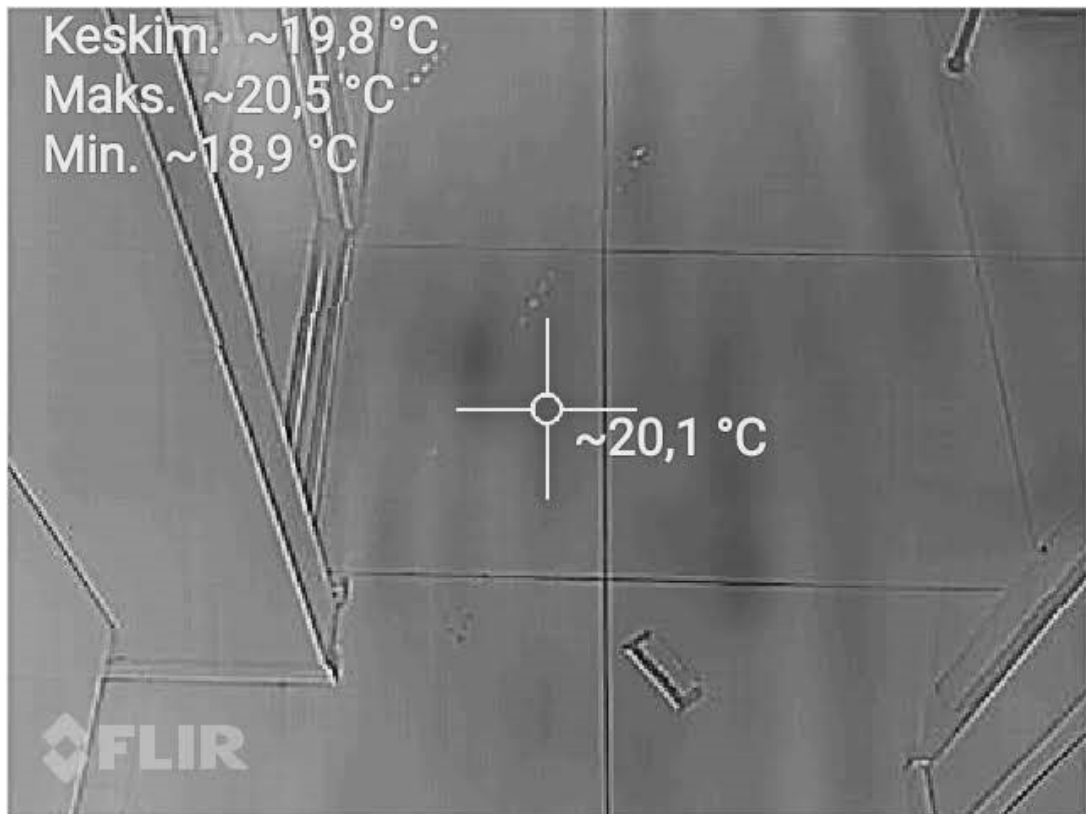
Kuva 9. Lattialämmityksen vuodon kuuntelua lattia-anturilla.

Kuuntelemalla on mahdollista löytää pienimmillään nuppineulavuotoja. Mehivä vuoto ei pidä ääntä, ellei pisaroita pääse putoamaan jollekin kovalle alustalle. Vuodon suuruutta voidaan päätellä painekokeen perusteella ja vesimittarin pyörimisnopeuden perusteella. Kuunteluun voidaan käyttää maa/lattia-anturia, joka asetetaan sileille pinnoille, tai piikkianturia, joka asetetaan metalliputkien pinnoille, esimerkiksi pattereiden liitoksiin. Järjestelmä voidaan myös tyhjentää vedestä ja ajaa tilalle paineilmaa. Paineilman vuoto pitää kovemman äänen kuin vesivuoto, mutta paineilman kaikuminen voi aiheuttaa virhetulkintoja.

Kun tutkittava vesijärjestelmä on selvillä, seurataan sen putkilinjauksia hiljaa kuuntele-  
malla. Lämpimän veden putkissa voidaan putkilinjaukset paikantaa lämpökameralla ja,  
pintamateriaalista riippuen, piirtää niiden linjaukset lattiapintaan. Näin voidaan seurata  
niitä tarkemmin kuunteluanturilla. Lattiaa kuvatessa lämpökameralla on huomioitava,  
että lämpö on voinut tasaantua betoniin niin, että putket eivät erotu. Kuvaaminen kan-  
nattaakin järjestää niin, että lämmitys on ensin pois päältä, kunnes lattia on jäähtynyt.  
Sitten lämmitys käynnistetään ja odotetaan, että putket tulevat lämpökameralla näky-  
viin selvästi, yleensä 15–60 minuutin kuluttua [kuvat 10 ja 11]. Kun vuoto löytyy, siirry-  
tään rakenneavaukseen. Jos vuoto ei löydy, jatketaan tutkimusta merkkikaasukokeella.  
Kuvassa 13 näkyy kuuntelemalla löydetty, jäätyneen seurauksena rikkoutunut putki.



Kuva 10. Lämpökameran kuvassa paikallistettu lattialämmitysputkia. Kuvan asetuksilla tumma  
edustaa lämmintä. Musta-valkokuva on käytännöllisin lattialämmitystä paikantaessa.



Kuva 11. Tässä kuvassa lämmitysputket erottuvat vain epäselvästi. Lämpö on liian tasaantunut.



12a



12b



12c



12d



12e

Kuva 12. a), b), c), d) ja e) Kuvissa on erilaisia putkikuuntelulaitteita. Piikillä kuunnellaan painamalla se putkea vasten. Kuvulla kuunnellaan tasaiselta pinnalta.



Kuva 13. Kuvassa on kuuntelemalla löydetty, jäätyksen seurauksena rikkoutunut lattialämmitysputki.

### 3.7 Merkkikaasututkimus

Merkkikaasututkimuksella voidaan löytää pienimmätkin vuodot paineisista putkista. Tutkimuksessa tutkittava putkisto tyhjenetään vedestä. Tilalle ajetaan merkkikaasu haluttuun paineeseen. Kaasuna käytetään formier 5 -vety-typiseosta [kuva 14]. Tätä ei saa sekoittaa formier 12 -kaasuun, joka on vaarallista. Formier 5 on väritön ja hajuton kaasu, josta ei ole ihmisille haittaa tutkimukseen käytettävänä pitoisuuksina. Sisällä voidaan oleskella normaalisti tutkimuksen aikana. Kaasua ajetaan järjestelmään hiljaa n. 5 l/s 6,5–7 kbar:iin asti. Korkein paine riippuu putkityypistä tapauskohtaisesti / putkivalmistajan ohjeiden mukaan. Pääsääntöisesti putket käyttövesijärjestelmässä kestävät 10 kbar ja patterijärjestelmässä max 3 kbar. Odotusaika päätellään paineenlaskun ja järjestelmän koon perustella. Tiloja lähdetään kiertämään kaasuanturin kanssa [kuvat 15 ja 16]. Kaasuanturi ilmaisee näytöllä kaasun löytymisen. Täytyy ottaa huomioon, että kaasu tulee ulos sieltä, mistä helpoiten pääsee. Kaasua voi tulla betonissa olevien rakojen kautta, jotka eivät välttämättä ole juuri vuodon kohdalla. Tarkkuutta voidaan

lisätä poraamalla lattiaan reikiä lattialämmityksen yläpuolelle. Kaasu hakeutuu reikiin. Reikä, josta kaasua tulee eniten, on lähimpänä vuotoa. Mittaustulosta voidaan myös tarkentaa kuuntelun avulla kaasututkimuksen yhteydessä.



Kuva 14. Formier 5 -kaasua lasketaan tyhjennettyyn käyttövesiverkkoon.



Kuva 15. Kaasuvuotoa haetaan tunnistusanturilla. Kuvassa kaasua löytyy, kun tunnistimen anturilla punaiset pykälät ovat nousseet. Samalla laite päästää merkkiään.





Kuva 16. Vuotoa haetaan betonin raosta. Anturi ei havaitse kaasua kuvaushetkellä.

### 3.8 Vuodonhaku viemäreistä.

#### 3.8.1 Viemärikuvaus

Viemärikuvauksessa putkeen viedään pitkän putken päässä oleva kamera, jota ujutetaan hiljaa sisäänpäin ja seurataan samalla tarkasti kuvaa näytöltä etsien vuotopaikkaa. Samalla voidaan tallentaa videokuvaa tai valokuvia [kuva 17].



Kuva 17. Padotetun kattokaivon kuvaus.

### 3.8.2 Viemäriin padotus

Viemäriin padotus toteutetaan ujuttamalla viemäriputkeen padotuspallo tutkittavan alueen taakse, esimerkiksi lähdetään lattiakaivon viemäristä ja edetään putkessa talon ulkoseinän ulkopuolelle. Pallo on ilmatäytteinen. Se ujutetaan putkeen litteänä letkun päässä ja pumpataan täyteen ilmaa haluttuun sijaintiin. Tämän jälkeen pallo pumpataan tiiviiksi putkeen. Kun pallo on pumpattu pallovalmistajan ohjeen mukaiseen paineeseen (yleensä 1,5–5 bar), lasketaan putkeen vettä. Veden annetaan nousta hieman kylpyhuoneen lattian päälle viemäriaukon ympärille niin, että lattiakaato muodostaa pienen lammikon. Tämän jälkeen seurataan, laskeeko veden pinta. Viistolla lattialla pinnanlasku on huomattavasti helpommin havaita kuin alaspäin menevässä putkessa. Voidaan kuitenkin erottaa, onko vuoto lattiakaivon liitoksessa vai alempana putkessa täyttämällä putki muutaman sentin lattiakaivon suuaukon alapuolelle. Tällöin pinnanlaskua on syytä odottaa vähintään 15 minuuttia, ellei laskua havaita nopeammin. Jos pinnanlaskua ei ole, täytetään lisää em. tavalla lattialle saakka. Näin kaivon liitoksen vuoto saadaan eriteltyä muista putkiston osista [kuvat 18, 19 ja 20].



Kuva 18. Kattokaivon padotus. Padotuspallo on viety ensi syvemmälle kaivoon ja täytetty kuvan tasoon saakka. Pinta ei laske. Sadevesiviemärissä ei ole vuotoa kuvan pinnantason ja padotuspallon välissä.



Kuva 19. Vettä lisätään kuvan tasoon saakka, hieman katon puolelle.



Kuva 20. Vedenpinta laskee aluksi ja pysähtyy sitten kuvan tasoon. Tämä osoittaa, että katto-kaivon ja kattohuovan liitos vuotaa.

### 3.8.3 Viemäriin merkkikaasututkimus

Viemärivuotoja voidaan selvittää merkkikaasun avulla. Tällöin epäilty viemäriosuus padotetaan kahdesta kohdasta, minkä jälkeen merkkikaasu ajetaan tarkasteltavalle osuudelle padotuspallon läpi, jossa on ns. läpivirtausmahdollisuus. Tämän jälkeen etsitään vuotopaikkaa kaasuanturin avulla.

## 4 Vuodonhakesimerkkejä

Oheiset esimerkkitapaukset ovat omia kokemuksiani työssäni ja aiheeseen perehtyessäni Polygon Finlandilla. Polygon Finlandin Hannu Kärki on toiminut ensisijaisena asiantuntijana jokaisessa esimerkkitapauksessa.

### 4.1 60-luvun rivitalo

60-luvun rivitalon asukas oli havainnut alakerran seinällä joitakin vesitippoja valuvan katon ja seinän nurkkauksesta. Hän soitti vakuutusyhtiöön, ja Polygon Finland sai kutsun tulla paikalle selvittämään tilannetta. Talo on 60-luvulla rakennettu aluksi muuhun

käyttöön, mutta siitä on muokattu asuinrakennus myöhemmin. Kaksikerroksisessa asunnossa oli hiljattain remontoitu sisätilat tyylikkääksi. Alakerrassa havaittiin kohonnut pintakosteus tiiliseinässä vuotopaikalla. Yläpuolella on kylpyhuone. Kylpyhuoneessa pinta-anturi näytti hieman kohonneita lukemia wc-istuimen ympärillä, joka on vuotopaikan yläpuolella. Vaikutti todennäköiseltä, että vuoto liittyi wc-istuimeen. Tämä ei kuitenkaan ollut varmaa. Vesi on voinut liikkua välipohjan rakenteessa myös sivusuunnassa ja tulla läpi esimerkiksi betonissa olevasta halkeamasta. WC-istuimen takaosan alla taas on tyypillistä havaita kohonneita pintakosteusarvoja, koska istuimen vesisäiliön kylmyys voi kohdatessaan lämpimän sisäilman aiheuttaa veden tiivistymistä eli kondensoitumista säiliön alapintaan. Tästä se pisaroi sitten lattialle aiheuttaen kosteushavainnon. Pintakosteusanturi ei havaitse havaitse, onko kosteus vedeneristyksen ylä- vai alapuolella. Ei myöskään tiedetty, oliko vuoto tulo- vai jäteveden puolella.

Tutkimus aloitettiin painekokeella. WC-istuimen tulovesiliittymään asennettiin painemittari [kuva 21]. Tulovesi suljettiin ja varmistettiin, että kukaan ei käyttänyt vettä sulkualueella. Seurattiin painemittaria ja todettiin, että paine laski hiljalleen.



Kuva 21. Painemittari asennettuna.

Vuoto oli siis tulovesipuolella. Seuraavaksi yritettiin löytää vuotopaikka kuuntelemalla. Kuuntelulaitteen piikkianturi asetettiin näkyviin osiin putkia. WC:n lattiaa kuunneltiin kuppianturilla. Vuotopaikkaa ei löytynyt, vuoto oli liian pieni löydettäväksi kuuntelemalla. Aloitettiin merkkikaasututkimus. Tulovesijärjestelmä tyhjennettiin vedestä. Kaasupullo liitettiin käyttövesiputkeen wc:ssä ja liitos tiivistettiin hampulla. Veden tilalle ajettiin putkiin Formier 5 -vety-typiseosta paineeseen 6,5 kbar ja odotettiin 15 minuuttia, kunnes paine laski 4,8 kbar:iin. Tämän jälkeen alettiin kierrellä wc:tä kaasutunnistimella. Ensin ei löytynyt mitään, mutta käytiin myös viereisten huoneiden puolella. Kun kaasun ajosta putkistoon oli kulunut puoli tuntia, havaittiin kaasuvuoto wc-istuimen takana. Nyt voitiin todeta, että vuoto oli todella jo ensin epäilyssä paikassa, wc-istuimen tulovesiputkessa.

Tämän jälkeen selvitettiin vielä vahingon laajuus kosteuskartoituksen avulla. Välipohjan tarkkaa rakennetta ei vielä tiedetty. Lattiapinnoitteen alla oli betonia. Rakennepiirustuksia ei ollut. Pintakosteusanturi ei antanut kohonneita arvoja muualla kuin suihkussa, mikä johtuu suihkun normaalista käytöstä. Tämän seurauksena vettä on jäänyt laatoituksen ja vedeneristyksen väliin, kunnes se oli kuivunut laattasaumojen kautta. Kph:ssa oli betonilattian päälle tehty ylempi lattiavalu jossa on lattialämmitys. Lattialämmitystä ja vedeneristystä ei haluttu vielä rikkoa. Makuuhuoneesta kph:n seinän takana tehtiin koeporaus 30 mm leveällä terällä, jotta rakenne saataisiin selville. Todettiin, että välipohjassa oli ylempi betonilaatta, sen alla eriste, ja eristeen alla toinen betonilaatta. Laatat olivat umpibetonia ja eriste 60-luvulla tyyppillistä Tojalevyä. Tojalevy on hyvä eriste, mutta kastuessaan ongelmallinen. Sitä ei voi kuivata, ja märkänä se aiheuttaa mikrobivaurioriskin. Tojalevyn kosteus mitattiin työntämällä siihen porareian kautta Vaisala HM42 -kosteusmittarin anturi. Todettiin, että Tojalevy oli märkää kyseisestä kohdasta. Kastunut tojalevy oli poistettava purkamalla ylempi betonilaatta pois. Nyt tiedettiin, että remontista tulee merkittävä. Kastuneen eristeen alue selvitettiin tekemällä lisää pieniä, 6 mm halkaisijaltaan olevia reikiä lattian läpi, joista Vaisalan mittapää voitiin työntää eristeeseen [kuva 22]. Reikiä tehtiin vahinkoaluetta ympäröiviin tiloihin, makuuhuoneeseen, eteiseen ja keittiöön. Kastunut alue saatiin rajattua, se ulottui kylpyhuoneen lisäksi kaikkiin edellä mainittuihin huoneisiin noin 20 m<sup>2</sup>:n alueella. Nämä tilat jouduttiin purkamaan kokonaan ja piikkaamaan pintalaatta pois, jotta kastunut Tojalevy saatiin poistettua. Rakenteista paljastui asbestia, joten purku jouduttiin tekemään asbestipurkuna. Samalla korjattiin rikkoutunut wc-istuimen tulovesiputki. Remontin hinta nousi useaan kymmeneen tuhanteen. Vakuutusyhtiö korvasi vahingon.



Kuva 22. Välipohjan eristeen kosteuden mittaus. Porareikä on tehty kynnyksen alle, jotta pintoja ei vahingoitettaisi. Tässä tapauksessa ne jouduttiin kuitenkin purkamaan.

#### 4.2 Kylmäksi jäänyt hirsitalo

Noin sadan neliömetrin kokoinen muutaman vuoden vanha hirsitalo oli jäänyt talveksi kylmilleen erinäisten, ikävien tapahtumien johdosta. Betoniin valettu vesikiertoinen lattialämmitys oli jäänyt. Talon ostanut uusi omistaja oli aloittanut kunnostamaan sitä. Tiedettiin, että lattialämmityksen muoviputkissa oli todennäköisesti useita jäätymisestä seuranneita vuotoja. Talo oli tyhjiällä, ja sen lattiat olivat paljaalla betonipinnalla. Alapohjan rakenne on betoni, styrox, sepeli, maa. Tämä tarkoittaa, että lattian kastuminen itsessään ei ole aiheuttanut merkittävää vahinkoa, vaan se on voinut kuivua itseksensä

painovoimaisesti. Jotta lattialämmitys voitiin ottaa käyttöön, täytyi rikkoutuneet kohdat löytää. Lattialämmitysputket oli tyhjennetty jo aiemmin. Ennen tyhjennystä aiemmin oli löydetty yksi vuotopaikka pintakosteuden perusteella.

Tutkimus aloitettiin pumpaamalla ilmaa lattialämmitysjärjestelmään 7 kbar:n paineeseen. Ilman pihinä kuului vesivuotoa helpommin, mutta ääni oli erilainen. Näin löydettiin kylpyhuoneesta yksi vuotopaikka, joka merkittiin lattiaan. Oli kuitenkin hyvin todennäköistä, että vuotopaikkoja oli enemmän. Tutkimusta jatkettiin täyttämällä lattialämmityksen kaikki piirit kuumalla vedellä. Odotettiin noin 15 minuuttia ja alettiin kuvata lattiaa lämpökameralla. Putkien linjat näkyivät lämpökameran kuvassa nyt selvästi. Ne piirrettiin betonilattiaan koko talon alueella. Sitten vesi poistettiin putkista. Seuraavaksi putkisto täytettiin merkkikaasulla yksi piiri kerrallaan. Putkistoa seurattiin merkkikaasuanturilla [kuva 23] sekä myös kuuntelemalla. Vuotopaikkoja alkoi löytyä, mutta välillä kaasuanturi antoi vääriä hälytyksiä. Tämä johtui siitä, että kaasu voi kulkeutua betonissa olevia hiushalkeamia pitkin eri kohtiin ja hälyttääsiksi hieman väärässä kohdassa. Epäilyttäviin kohtiin porattiin pieniä, n. 30 mm syviä reikiä, jotka eivät menneet lämmitysputkien syvyyteen saakka. Jos kaasu siirtyy reikään, on vuotopaikka lähellä. Kun koko talo oli kierretty merkittyjä putkilinjoja pitkin kaasuanturin ja kuuntelun yhdistelmällä, oli löydetty yhteensä kuusi vuotopaikkaa [kuva 24]. Vuotopaikat piikattiin heti auki. Muoviputki oli silminnähdessä turvonnut vuotopaikoista. Kyseisiin kohtiin tehtiin väliaikainen korjaus helmiliitoksella. Lopuksi koko järjestelmä täytettiin vedellä ja testattiin sen tiiviys. Paineeksi asetettiin kokeessa 6–8 kbar. Muoviputket venyvät aluksi. Tämän vuoksi odotettiin ensin 1 h ja sitten painetta laskettiin 2 kbar. Paineen tulisi nyt pysyä vakaana, jos järjestelmä on ehjä. Todettiin, että vuodot on löydetty.





Kuva 23. Rakoa betonissa tutkitaan kaasuanturilla.



Kuva 24. Jäätymisen seurauksena rikkoutunut lattialämmitysputki.

### 4.3 Vanhan vesivahingon epäillään vuotavan edelleen

Lähdimme tutkimaan 2011 rakennettua 80 m<sup>2</sup>:n omakotitaloa, jossa on ollut vesivahinko 1,5 vuotta sitten. Vakuutusteknisistä syistä korjaus oli viivästynyt, ja vaurioalue oli purettu vasta äskettäin. Kosteuskartoituksessa vuodon oli epäilty olleen keittiön hanan liitoksissa. Liitoksissa näkyy edelleen selvästi vuotojälkiä. Purun jälkeen oli todettu lattian betonin pintakosteusarvojen olleen edelleen korkeat, vaikka vuoto oli tukittu jo 1,5 vuotta sitten. Oli selvítettävä, vuotaako edelleen jossain. Paikalla todettiin, että osittain puretun keittiön ja kodinhoitohuoneen välisen seinän rakenteissa oli selvästi mikrobikasvustoa, jonka voimakkain alue ei ollut keittiön hanan kohdalla vaan siitä reilun metrin sivuun päin. Kodinhoitohuoneen puolella seinällä oli talon LVI-tekniikka. Vesi tuli taloon kaivosta. Talossa oli vesikiertoinen lattialämmitys.

Keittiön viemäri meni keittiöstä suoraan alas talon alle. Viemäri ei ollut ollut käytössä pitkään aikaan. Se ei siis ollut kastumisen syy. Päätettiin tehdä painekoe lattialämmitykseen nostamalla painetta vivusta ja seuraamalla painetta järjestelmän omasta mittarista. Paine ei laskenut, eikä syy siis ollut lattialämmitysjärjestelmässä. Seuraavaksi tehtiin painekoe käyttövesijärjestelmään ja havaittiin selvää paineen laskua. Kaivolta taloon tulevassa putkessa ei ollut sulkuventtiiliä. Sellainen asennettiin putkiliitokseen väliaikaisesti. Näin talon sisä- ja ulkopuoli saatiin eroteltua. Painekokeen uusimisen jälkeen todettiin, että paine ei laskenut talon sisäpuolisessa järjestelmässä. Kodinhoitohuoneen puolella huomattiin, että kaivolta taloon vettä pumppaava pumppu käynnistyy itsekseen tasaisin väliajoin. Kaivoa tutkiessa todettiin, että kaivon pumpun pohja-venttiili vuosi. Tämä aiheutti veden valumista takaisin kaivoon, jolloin pumppu kävi turhaan. Tämän vuoksi ensimmäisessä painekokeessa paine laski selvästi.

Kaikki kyseisen alueen vesijärjestelmät oli nyt tutkittu ja oli todettu, että vuotoja ei enää ollut. Kodinhoitohuoneesta huomattiin käyttöveden ylipainesäiliö hikoilevan. Huoneen ilmastokosteus tiivistyi säiliön pintaan ja tiputtelee vettä lattialle kaapin alle. Lattiassa oli vedeneristys, mutta sen kaato oli kohti seinää. Laatoitetun kipsilevyseinän vedeneristyksestä ei ollut varmaa tietoa. Jos seinän eristyksessä on ollut puutteita, oli tästä syntynyt hieman kosteusrasitusta seinään.

Todettiin siis, että vuotoa ei enää ollut. Päätettiin, että kastumisen syy oli alkuperäisen kartoituksen mukainen hanaliitoksen vuoto [kuva 25]. Vuoto oli jatkunut kauan piilossa. Vesi oli siirtynyt todennäköisesti tiskikoneen kaukalon ohjaamana hieman sivuun vuo-

topaikalta ja mennyt sieltä seinän rakenteisiin. Syvälle lattiaan edennyt kosteus oli säilynyt lattiassa 1,5 vuoden ajan laminaatin ja askeläänieristeen alla. Työ jatkui mikrobikasvuston pilaamien rakenteiden purkuna ja lattian kuivauksena. Kosteus oli edennyt keittiöstä kodinhoitohuoneen vesieristyksen alle, ja kodinhoitohuone jouduttiin siksi remontoimaan.



Kuva 25. Vuodon aiheuttanut keittiön hanan liitos.

#### 4.4 Taloyhtiön lämmitysjärjestelmästä häviää painetta

Taloyhtiössä on kaksi vuonna 1976 rakennettua paritaloa. Toinen talo on yksitasoinen, toinen rinnemallinen. Taloyhtiössä oli havaittu, että vesikiertoisessa patterilämmitysverkosta laskee paine. Epäiltyä vuotoa tutkimaan oli tilattu toinen alan yritys, jonka raportin mukaan he olivat etsineet vuotoa painetta seuraamalla ja kuuntelemalla patteriputkia. Vuotoa ei ollut löydetty, mutta kohonneiden pintakosteusarvojen vuoksi oli epäilty lämmitysputkea B-asunnon kph:n alla.

Tehtävänäimme oli selvittää vuotopaikka varmemmin. Patteriverkoston paine oli alhainen. Painetta nostettiin hanaa avaamalla 2,0 bar:iin [kuva 26]. Painetta seurattiin ja havaittiin, että se laski hiljalleen ja pysähtyi 0,4 bar:iin. Paineen laskun hitaudesta ja verkoston koosta voitiin päätellä, että vuoto oli niin pieni, ettei se ollut löydettävissä kuuntelemalla. Kaikki asunnot kierrettiin läpi etsien visuaalisia merkkejä kosteudesta sekä tutkien pintakosteusarvoja. B-asunnon kph:ssa ja vaatehuoneessa havaittiin kohonneita arvoja lattiassa ja seinissä. Tämän perusteella emme kuitenkaan tienneet, johtuiko kosteus patteriputken vuodosta vai jo ikääntyneen kylpyhuoneen vedeneristyksen vuodosta. Siksi päätettiin toteuttaa merkkikaasututkimus.



Kuva 26. Painemittari lämmönjakohuoneessa.

Patteriverkosto tyhjennettiin kokonaan. Tilalle ajettiin Formier 5 -merkkikaasu. Verkoston koon vuoksi vuotoa tutkittiin vasta seuraavana aamuna. Kaasupullosta Kaasupullon perusteella nähtiin, että paine on laskenut, eli vuoto oli olemassa. Pullossa oli rajoitin joka päästää kaasua verkostoon vain sopivan määrän. Tämän jälkeen kierrettiin kaikkien asuntojen kaikki tilat kaasuanturin kanssa. Anturi hälytti B-asunnon ulko-ovelta si-

sään mennessä. Vuoto oli siis B-asunnossa. Asunto tuuletettiin, jolloin vuotokohtaa päästiin tutkimaan tarkemmin. Anturi hälytti nyt kph:ssa ja vaatehuoneessa. Näin oli varmistettu, että kastuneeksi epäilty alue oli kastunut juuri lämmitysjärjestelmän putken vuodon vuoksi. Kastunut alue kartoitettiin vielä tarkemmin tekemällä porareikiä alapohjan eristeeseen ja mittaamalla sen kosteutta rei'istä [kuva 27]. Kastuneet alueet ulottuivat saunaosaston lisäksi vaatehuoneeseen, kodinhoituhuoneeseen, keittiöön, eteiseen ja wc:hen. Kph:n lattia avattiin ja todettiin puutteellisen suihkuhuoneen vedeneristyksen kastelleen alla kulkenutta lämmitysputkea vuosien ajan, niin että se oli ruostunut ja lopulta syöpynyt puhki [kuva 28].



Kuva 27. Alapohjan kosteusmittausreihiä porataan mahdollisimman huomaamattomiin paikkoihin, tässä jalkalistan taakse.



Kuva 28. Vuotopaikka piikattuna auki kph:n lattiassa. Suihkuvesi on päässyt vuosien ajan puutteellisen vedeneristyksen vuoksi lattiaan ja aiheuttanut ruostumisen seurauksena vuodon.

## 5 Yhteenveto

Opinnäytetyö onnistui mielestäni tavoitteessaan hyvin. Se lyhentää uuden koulutettavan henkilön työmäärää niin, että tärkeät perusasiat saadaan haltuun nopeasti ja päästään siirtymään käytännön harjoitteluvaiheeseen, joka vaatiikin enemmän harjoitusta ennen kuin itsenäinen, tuloksellinen työskentely on mahdollista. Opinnäytetyötä tehdessä kiersimme useita vuodonhakukohteita, joista tähän on valittu esimerkeiksi mahdollisimman havainnollinen kokonaisuus. Kaikki tapaukset ovat erilaisia tarjoten monipuolisen näkökulman työhön. Aihe on mielestäni vaativa kokonaisuudessaan, mutta myös hyvin mielenkiintoinen salapoliisityötä muistuttavan luonteensa ansiosta. LVI-alan osaamisesta taustalla on merkittävää hyötyä työhön perehtymisessä, koska työssä tyhjenetään ja täytetään LVI-järjestelmiä ja tehdään toisinaan myös uusia liitoksia. LVI-töissä virheistä voi seurata uusia vesivahinkoja tai putkirikkoja.

Kiitokset Hannu Kärjelle asiaan paneutumisesta ja opastuksesta.

## Lähteet

- 1 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. 2017. 1047/2017
- 2 LVV-kuntotutkimusopas. 2013. Verkkoaineisto. <https://docplayer.fi/918834-Lvv-kuntotutkimusopas-2013-opas-lammitys-vesi-ja-viemariverkostojen-kuntotutkimuksiin-suomen-lvi-liitto-yhteistyossa.html> Luettu 1.11.2020
- 3 Ahola, Samu. 2014. Putkimateriaalien kestävyys LVI-järjestelmissä. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 4 Pitkäranta, Miia (toim.). 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöopas 2016. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 5 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. 2010. RT-kortti 14-10984. Rakennustieto Oy.
- 6 Kalvopaisunta-astian mitoitus. Verkkoaineisto. Profil.fi. <https://profil.fi/paisunta-astiat/kalvopaisunta-astiat>. Luettu 1.11.2020.