



.....  
VESI-INSTITUUTIN JULKAISUJA 5  
.....

# KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMIEN TUTKIMUS SISÄYMPÄRISTÖ-OHJELMASSA: LAATU, TURVALLISUUS SEKÄ VEDEN- JA ENERGIANSAÄSTÖ

Aino Peltö-Huikko (toim.)



**Käyttövesijärjestelmien tutkimus Sisäympäristö-ohjelmassa:  
laatu, turvallisuus sekä veden- ja energiansäästö**

Aino Pelto-Huikko (toim.)

Satakunnan ammattikorkeakoulu

2015

Pori

Vesi-Instituutin julkaisuja 5

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Sarja B, Raportit 8/2015

ISSN 2323-8356 | ISBN 978-951-633-178-5 (verkkajulkaisu)

© Satakunnan ammattikorkeakoulu ja tekijä

Julkaisija:

Satakunnan ammattikorkeakoulu

PL 520, 28601 Pori

[www.samk.fi](http://www.samk.fi)

Graafinen suunnittelu ja taitto: SAMK Viestintä /Jatta Lehtonen

## Tiivistelmä

Satakunnan ammattikorkeakoulun Energia- ja rakentaminen -osaamisalueen ja Vesi-Instituutti WANDERin, Aalto-yliopiston, Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitoksen ja Itä-Suomen yliopiston tutkijat sekä yritykset Oras Oy, Cupori Oy ja Uponor Oy tutkivat yhdessä veden ja energian kulutusta käyttövesijärjestelmissä, kulutukseen vaikuttavia tekijöitä sekä veden hygieniata. Tutkimus on osa strategisen osaamisen keskittymän (SHOK) Sisäympäristö-ohjelman Käyttäjäkeskeinen sisäympäristö -työpakettin vesikonaisuutta.

Kiinteistön vesijärjestelmien mitoitusohjeet tulevat kansallisesta lainsäädännöstä. Lainsäädännön päivittämiseen liittyen selvitettiin vesijärjestelmien mitoitusohjeita eurooppalaisissa standardeissa sekä ympäristö- ja energiamerkkien vaikutusta vesijärjestelmien mitoittamiseen ja vesikalusteisiin. Tulevan kansallisen lainsäädännön olisi hyvä nykyistä paremmin tukea energiansäästöön liittyvää ohjeistusta. Energiansäästön kannalta olisi hyvä tarkastella koko vesijärjestelmää.

Mitoitusohjeet vaikuttavat myös käyttövesiverkostossa syntyviin paineiskuihin. Paineiskujen vaikutus tulee ottaa huomioon, mikäli kansallista mitoitusmenetelmää lähdetään muuttamaan. Vesikalusteiden aiheuttamien paineiskujen todettiin myös vaikuttavan veden mikrobiologiseen laatuun. Asentamalla kiinteistöön paineentasausventtiili veden painetasoa vesiverkostossa voidaan alentaa. Kun painetaso verkostossa alenee, myös paineiskut pienenevät.

Lämpötilan hallinta on veden laadun kannalta tärkeää. Kylmän veden tulee säilyä kylmänä ja lämpimän veden lämpimänä aina käyttöpisteelle asti. Tähän tulee kiinnittää huomioita suunnittelussa ja mitoituksessa. Lämpimän käyttöveden verkoston suunnittelemisen ja toteuttamisen energiatehokkuuteen tulee kiinnittää huomiota. Eristämisen kautta ei energiatehokkuutta voida nykyisestä parantaa kustannustehokkaasti, vaikka huolellinen eristäminen onkin tärkeää. Lämpimän käyttöveden kierron energiatehokas toteuttaminen vaatii lisätutkimusta.

Käyttöveden laatua seurattiin monin tavoin. Suurin muutos veden laadussa tapahtuu kiinteistön käyttöönottoa seuranneen puolen vuoden aikana. Tämän jälkeen pitoisuudet tasoittuivat. Vuorokauden aikana tapahtuu veden laadun muutoksia liittyen käyttöasteeseen ja paineiskuihin. Lämpötilan hallinta osoittautui veden laadun kannalta keskeiseksi: kylmän veden tulee säilyä kylmänä ja lämpimän lämpimänä. Tämä liittyy myös infektioita aiheuttavien legionellabakteerien pitoisuuksien kasvumahdollisuuksien torjuntaan. Veden seisominen verkostoissa heikentää veden laatua, joten veden juoksuttaminen kylmäksi ennen veden käyttämistä on tärkeää.

# Sisältö

1	Johdanto.....	8
2	Tutkimusta todellisissa olosuhteissa.....	10
	2.1 Teknologiaatalo Sytyttimen tutkimusverkosto.....	10
	2.2 Teknologiaatalo Sytyttimen pilottiverkosto.....	11
	2.3 Asuinkerrostalo DiaVilla.....	13
	Lähteet.....	13
3	Kiinteistön käyttövesiverkoston veden laatu.....	14
	3.1 Mittaukset.....	14
	3.2 Tulokset.....	15
	3.3 Jatko.....	18
	Lähteet.....	19
4	Kiinteistökohtainen magneettinen vedenkäsittely.....	20
	4.1 Koejärjestelyt.....	20
	4.2 Tehdyt mittaukset.....	21
	4.1 Jatko.....	23
	Lähteet.....	23
5	Paineiskujen vaikutus käyttövesiverkostoon.....	25
	5.1 Suoritetut mittaukset ja koelaitteistot.....	25
	5.2 Jatkoimenpiteet.....	30
	Lähteet.....	30
6	Käyttövesijärjestelmän energiatehokkuus.....	32
	6.1 Tutkimus ja tulokset.....	33
	6.2 Jatkoimenpiteet.....	34
	Lähteet.....	35

7	Käyttöveden mitoitusmenetelmät.....	35
	7.1 Tutkimus ja tulokset .....	37
	7.2 Jatkotoimenpiteet .....	37
	Lähteet.....	37
8	Mikrobikasvun riskienarviointi.....	38
	8.1 Riskienarviointi .....	38
	8.2 Johtopäätökset .....	39
	Lähteet.....	39
9	Yhteenveto .....	41

# 1. Johdanto

Korkeatasoisinta tutkimusta Suomessa edustavat muun muassa strategisen huippututkimuksen osaamiskeskittymät eli SHOKit (<http://www.shok.fi>). SHOKeissa yritykset ja tutkimustahot ovat tehneet pitkäjänteistä yhteistyötä tulevaisuuden tärkeimmillä alueilla siten, että innovaatiot muuttuvat kasvuksi ja hyvinvoinniksi. Tutkijat tekevät tieteellistä ja yritykset teollista tutkimusta. Sisäympäristö-ohjelma on toinen Rakennetun ympäristön (RYM) SHOK-ohjelmista.

Tekesin ja yritysten rahoittamassa RYM Oy:n Sisäympäristö-ohjelmassa yrityksillä, tutkimuslaitoksilla ja yliopistoilla oli yhteinen tutkimusstrategia. Tutkimusohjelma 2011–2015 keskittyi käyttäjälähtöisiin tiloihin tavoitteenaan löytää ratkaisuja, joilla edistettiin tilan käyttäjien tuotavuutta, viihtyvyyttä ja terveyttä ekologisesti kestäväällä tavalla.

Sisäympäristöohjelman Käyttäjäkeskeinen sisäympäristö -työpakettin vesikokonaisuus (Portable water systems – quality, safety and saving of water) keskittyy veden- ja energiansäästöön käyttövesijärjestelmissä sekä veden hygieniaan. Tutkimuksessa on selvitetty muun muassa vesijärjestelmien mitoitusta, jonka ohjeistus Suomessa poikkeaa eurooppalaisesta standardista. Raumalla Teknologiatalo Sytyttimessä tehdyt veden laatuun liittyvät mikrobiologiset ja kemialliset tutkimukset ovat liittyneet läheisesti muihin Sisäympäristö-ohjelman vesikokonaisuudessa toteutettuihin tutkimuksiin, esimerkiksi tutkittaessa paineiskujen vaikutusta verkostoon on analysoitu myös niiden vaikutus veden laatuun.

Vesikokonaisuuden osallistujatahoja ovat Satakunnan ammattikorkeakoulun Vesi-Instituutti WANDER (Rauma, osakokonaisuuden koordinaatio) sekä Energia- ja rakentaminen -osaamisalue (Pori), Aalto-yliopisto (Espoo), Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos, THL (Kuopio) ja Itä-Suomen yliopisto (Kuopio, kausi I ja II). Yritystutkimuskumppaneina olivat alan johtavat osaajat Oras Oy, Cupori Oy ja Uponor Oy (Kuva 1–1).

Tämä raportti kokoaa yhteen vesijärjestelmien tutkimustuloksia. Raportin toisessa luvussa on kuvattu tutkimuksen koekohteina olleita teknologiatalo Sytyttimen sekä asuinkiinteistö Diavillan vesijärjestelmiä. Luvuissa 3–7 on kuvattu tehtyjä tutkimuksia veden laatuun, paineiskuihin, energiatehokkuuteen ja mitoitukseen liittyen. Näiden tutkimusten tuloksia on hyödynnetty mikrobiologisen riskinarvioinnin tekemisessä luvussa 8. Viimeisessä luvussa on tuotu yhteen tutkimuksen tuloksia ja mietitty jatkotutkimustarpeita.





Kuva 1–1. Teollisen ja tieteellisen tutkimuksen konkreettinen kohtaaminen. Oras Oy:n tuotelaadun hallinnan päällikkö Jari Jäpölä (edessä) ja laboratorioteknikko Manne Santonen asentamassa jatkuvatoimista vesijohtoverkoston paine- ja lämpötilamittaria mittausaineiston tuottamiseksi tutkijoiden käyttöön Teknologiatalo Sytyttimessä.

## 2 Tutkimusta todellisissa olosuhteissa

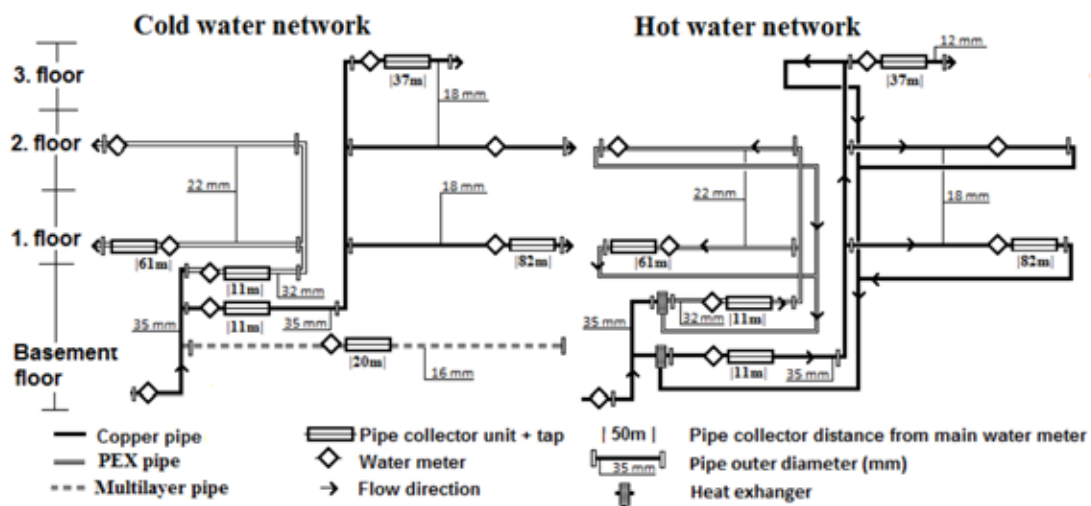
*Aino Pelto-Huikko, SAMK*

Käyttövesijärjestelmien tutkimus kohdistui olemassa oleviin kiinteistöihin. Tutkimuksessa on hyödynnetty kahta kiinteistöä, jotka ovat valmistuneet tutkimuksen aikana. Tässä luvussa on esitelty näiden kiinteistöjen vesijärjestelmiä. Tehdyt tutkimukset on esitelty seuraavissa luvuissa.

### 2.1 Teknologiatalo Sytyttimen tutkimusverkosto

Raumalla sijaitsevassa Teknologiatalo Sytyttimessä on innovatiivinen Living Lab -ympäristö; kiinteistön vesijärjestelmä on tutkimuskäytössä. Kiinteistö on valmistunut maaliskuussa 2011. Kiinteistöissä on kolme erillistä vesijärjestelmää, jotka koostuvat kupari-, PEX- ja monikerros- eli komposiittiputkista (Kuva 2–1). Vesijärjestelmien eriytyminen lähtee jo lämmönjakuhuoneesta. Kupariputkijärjestelmällä ja PEX-putkijärjestelmällä on erilliset lämmönvaihtimet. Kumpaakin verkostoa on kaikissa kerroksissa. Kiinteistön keskeltä nousevat putkilinjat haarautuvat, niin että kiinteistön toisessa osassa on kupari- ja toisessa PEX-putkijärjestelmä. Monikerrosputkijärjestelmä on kylmävesiverkosto kellarikerroksissa. Monikerrosputkijärjestelmää ei ole hyödynnetty tässä tutkimuksessa. Tutkimusverkostolla tarkoitetaan tässä raportissa saman kiinteistön sisällä olevaa, toisistaan erillistä kupari- ja PEX-putkijärjestelmää. Verkostoon on asennettu normaaliin kiinteistön vesiverkostoon nähden ylimääräisiä näytteenottohanoja, jatkuvatoimisia ja etäluettavia vesimittareita sekä putkikeräinjärjestelmiä. Putkikeräinjärjestelmä (Kuva 2–2) koostuu viidestä peräkkäisesti putkikeräinyksiköstä (putkinäytteet + venttiilit). Putkikeräinyksiköt ovat venttiileillä helposti irrotettavissa ja vaihdettavissa (vastaavat kuin pilottiverkostossa, jotka on kuvattu kappaleessa 2.2). Nämä lisäasennukset mahdollistavat materiaalien vertailun ja vesinäytteiden ottamisen.

Kiinteistöön tulee vesi Rauman Vedeltä, joka valmistaa pintavedestä talousvettä. Vesilaitoksen prosessi sisältää useita prosessivaiheita kuten muun muassa saostuksen, flotaation ja desinfioinnin.



Kuva 2-1. Syyttimen kiinteistön vesijärjestelmät on suunniteltu tutkimuskäyttöön. Kiinteistössä on kaksi erillistä vesijärjestelmää, joista toinen on tehty kupariputkilla ja toinen PEX-putkilla. Vesijärjestelmiin on lisätty putkikeräimiä (pipe collector unit), näyttteenottohanoja (tap) ja vesimittareita (water meter) tutkimuksia varten.

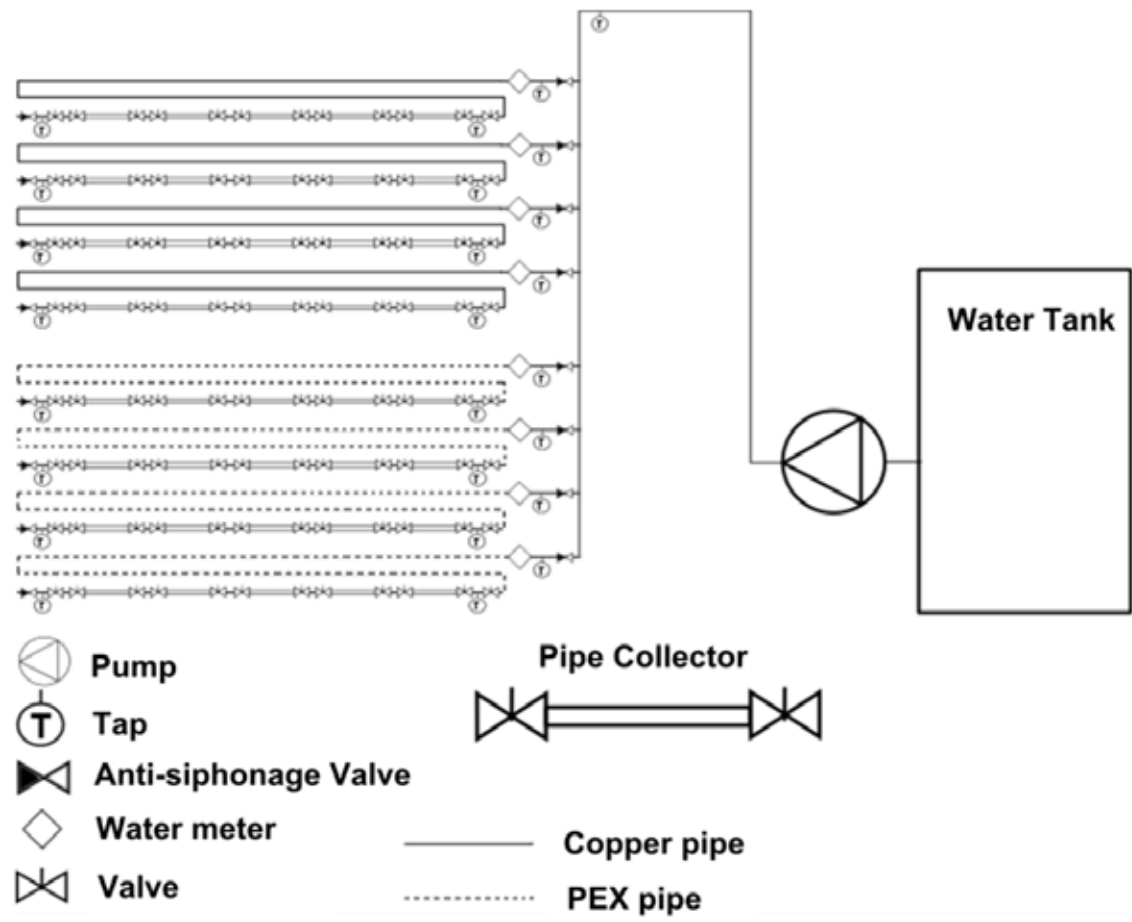


Kuva 2-2. Teknologiatalo Syyttimen käyttövesiverkosto on jaettu PEX- ja kuparilinjaan, joihin molempiin on asennettu myös putkikeräimiä (tutkimustarkoituksessa).

## 2.2 Teknologiatalo Syyttimen pilottiverkosto

Teknologiatalo Syyttimessä tutkimusverkoston lisäksi on pilottiverkosto, joka sijaitsee Vesi-Instituutti WANDERin tutkimuslaboratoriossa (Kuva 2-3). Pilottiverkosto ei ole yhteydessä kiinteistön vesijärjestelmään, joten veden laatua voidaan muuttaa ja muokata tutkimuksia

varten. Kahdeksasta eri linjasta koostuva verkosto on kuvattu tarkemmin Nymanin pro gradu -työssä (2013). Pilottivesiverkostossa on kahdeksan putkilinjaa, joista neljä on tehty kupariputkesta ja neljä PEX-putkesta. Jokainen näistä putkilinjoista on 11 metriä pitkä ja koostuu viidestä putkikeräinyksiköstä ja kahdesta vesinäytteenottohanasta.



Kuva 2-3. Sytyttimen pilottiverkostossa on neljä kupari- ja neljä PEX-putkilinjaa. Kussakin linjassa on viisi irrotettavaa putkikeräintä.

Putkikeräimet ovat irrotettavia paloja putkea, ja ne voidaan korvata uudella palalla silloin, kun jokin pala irrotetaan tarkempaa analysointia varten. Koko tutkimuksen ajan vesi kiersi erillisesti kunkin putkilinjan läpi viemäriin neljä kertaa (á 5 min) toimiston työpäivän aikana (ma-pe klo 8–16). Kiinteistön vesi tulee Rauman Vedeltä, joka valmistaa pintavedestä talousvettä. Vesilaitoksen prosessi sisältää useita prosessivaiheita kuten muun muassa saostuksen, flotaation ja desinfioinnin. Viikonloppuisin ja yöaikana vesi seiso i putkessa. Tämä simulo i vedenkäyttöä tavanomaisessa toimistorakennuksessa.



Kuva 2–4. Pilottiverkoston neljä kuparilinjaa ja neljä PEX-linjaa. Kussakin linjassa on viisi perättäistä putkikeräintä. Lisäksi PEX-putket on peitetty UV-valolta mustalla suojaputkella.

### 2.3 Asuinkerrostalo DiaVilla

Yhtenä tutkimuskohteena oli Porissa sijaitseva ikäihmisille suunnattu asuinkerrostalo DiaVilla. Vuonna 2013 valmistuneessa kuusikerroksisessa talossa on 50 asuinhuoneistoa sekä ensimmäisessä kerroksessa yhteisiä tiloja. Kiinteistön vesijärjestelmät on tehty kuparista ja putkikeräinjärjestelmät on asennettu alimpaan ja ylimpään kerrokseen. Putkikeräinjärjestelmä koostuu viidestä putkikeräinyksiköstä, jotka ovat irrotettavissa ja vaihdettavissa. Vastaavia järjestelmiä on Teknologiatalo Sytyttimen tutkimusverkostossa ja pilottiverkostossa (kappaleet 2.1 ja 2.2). Kiinteistössä on asuntokohtainen vedenkulutuksen seuranta ja hälytysjärjestelmä epätavallisesta vedenkäytöstä.

#### Lähteet

Nyman N. 2013. The microbiological impact of different building solutions in an office environment. M. Sc thesis, Helsingin yliopisto.



### 3 Kiinteistön käyttövesiverkoston veden laatu

*Riika Mäkinen, SAMK*

*Anna Pursiainen, Ilkka T. Miettinen, THL, Vesi ja terveys -yksikkö*

Kiinteistön käyttövesiverkoston veden laatua on tutkittu Sytyttimen käyttöönotosta lähtien (Kuva 3–1). Vesinäytteet otettiin Sytyttimen tutkimusverkostosta, joka on kuvattu tarkemmin luvussa 2.1. Tutkimusverkoston käyttöönotto, ensimmäinen toimintavuosi ja sen aikana tehdyt laajat analyysit on kuvattu yksityiskohtaisesti Inkisen ym. (2014) kirjoittamassa artikkelissa.



Kuva 3–1. Vesinäytteenotto Teknologiatalo Sytyttimen tutkimusverkostosta.

#### 3.1 Mittaukset

Veden laatua analysoivat mittaukset pitivät sisällään muun muassa:

- Kuukausittaisen vesinäytteenoton eri puolilta kiinteistön tutkimusverkostoa. Tämä näytteenotto on aloitettu talon valmistuttua 4.4.2011 ja se jatkuu edelleen kvartaali-

näytteenottona neljä kertaa vuodessa. Näytteenotto ja analyysit tehtiin Vesi-Instituutti WANDERin ja THL:n yhteistyönä. Näytteistä tehtäviä mikrobiologisia analyysejä olivat muun muassa DAPI ja R2A, ravinneanalyysejä AOC ja MAP sekä kemiallisia analyysejä  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^{2-}$ ,  $\text{NH}^{4+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , alkaliteetti ja kovuus. Näytteenotot oli ajoitettu maanantaiaamuun, kun vesi oli ollut viikonlopun ajan vähäisellä käytöllä tai käyttämättä. Näyte kuvaa veden laatua huonoimmillaan.

- Vesinäytteen Rauman veden lähtevän veden altaasta. Näytteen tarkoitus oli selvittää veden laadun muutokset vesilaitoksen ja kiinteistön välillä jakeluverkostossa.
- Tehoseurantapäivä: näytteenotto klo 7, klo 12 ja klo 17. Mikrobiologisia analyysejä, muun muassa Legionella-analyysiin osa näytteistä.
- Vuorokausiseuranta: näytteenotto klo 17, 23, 04 ja 12. Mikrobiologisia ja kemiallisia analyysejä.

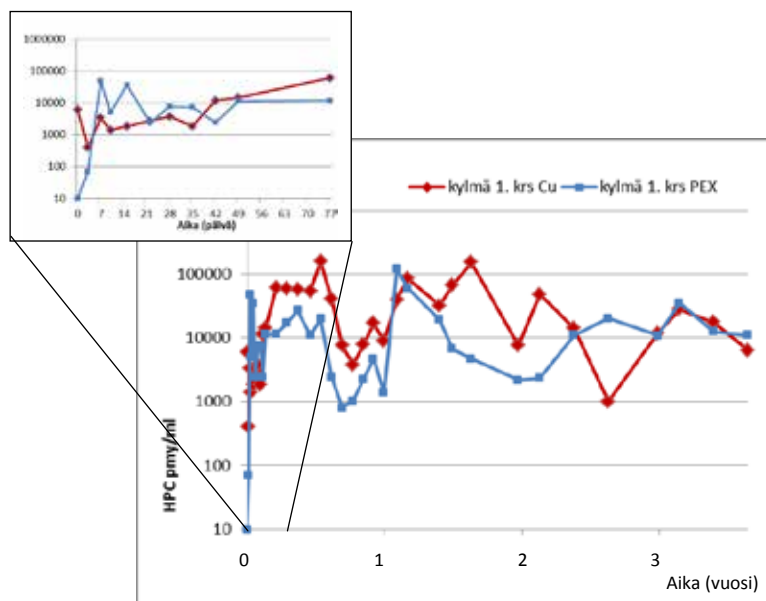
## 3.2 Tulokset

### 3.2.1 Veden laadun muutokset kiinteistön ensimmäisen käyttövuoden aikana

Suurimmat muutokset tutkituissa muuttujissa tapahtuivat käyttöönottoa seuranneen puolen vuoden aikana. Tämän jälkeen pitoisuudet tasoittuivat ja selkeää vaihtelua esiintyi vain esimerkiksi vuodenajan mukaan. Putkimateriaaleista irtosi sekä epäorgaanisia että orgaanisia yhdisteitä. Korkeimmat metallien, kuten lyijyn, pitoisuudet mitattiin ensimmäisen käyttöönottoa seuranneen viikon aikana. Lyijy todennäköisesti liukeni verkoston messinkiosista. Putkimateriaalilla ei todettu olevan selvää vaikutusta biofilmin muodostumiseen ensimmäisen vuoden aikana.

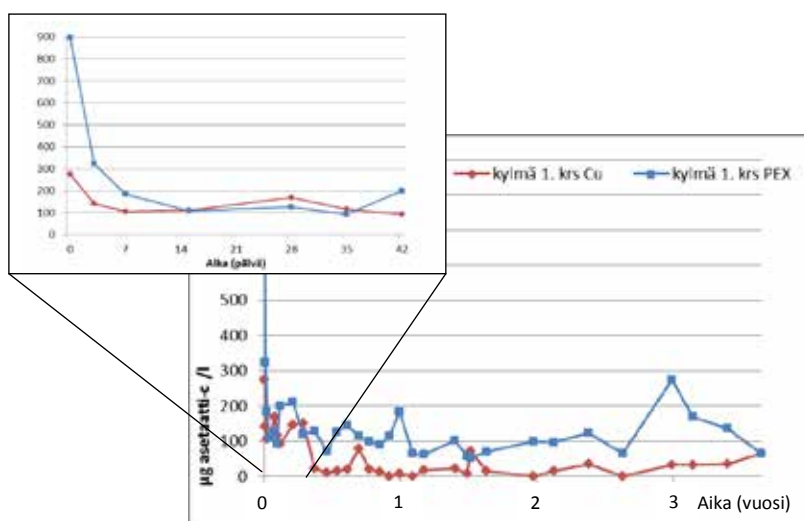
Kiinteistöjen sisällä veden ja verkoston pinta-alan suhteellinen osuus on suurempi kuin päävesilinjoissa, mikä aiheuttaa suurempia veden laadun muutoksia rakennuksissa. Vesi ja putkimateriaali ovat jatkuvassa vuorovaikutuksessa keskenään. Vaikutukset olivat tämän tutkimukseen mukaan merkittävimmät ensimmäisen vuoden aikana. Materiaalivalinnat kiinteistöjen verkostoihin tulisi tehdä alueella käytössä olevan veden laatu huomioiden. Näin saataisiin vähennettyä mahdollisia materiaalin ja veden vuorovaikutuksia.

Pesäkelukumäärä kylmässä vedessä suureni muutamassa päivässä alkutilanteen alhaisemmista tasoista. Lämpimän veden näytteissä pesäkeluku suureni ensimmäisten viikkojen aikana. Lämpimän veden pesäkelukumäärä oli kertaluokan pienempi kuin kylmän veden. Eri putkimateriaalien välillä ei ollut selkeää eroa vaan molemmissa pesäkelukumäärät suureni nopeasti ja pysyivät materiaalille ominaisella tasolla (Kuva 3–2).



Kuva 3–2. Heterotrofiset pesäkelukumäärät (HPC) seurannan aikana Sytyttimen ensimmäisen kerroksen kylmän veden näytteenottopisteissä kupari (Cu) ja muovi (PEX).

Mikrobeille käyttökelpoisen hiilen (AOC) ja fosforin (MAP) suuri pitoisuus vedessä mahdollistaa mikrobien lisääntymisen. Mikrobeille käyttökelpoisen hiilen (Kuva 3–3) ja fosforin pitoisuudet olivat suurimmillaan verkoston käyttöönottoa seuranneiden kuuden kuukauden aikana. Fosforin määrä vaihteli vastaavasti kuten hiilen määrä. Fosforin pitoisuudet kupari-verkostossa vaihtelivat välillä  $<0,08$ – $0,55 \mu\text{g map-P/l}$  ja PEX-verkostossa välillä  $<0,08$ – $3,72 \mu\text{g map-P/l}$  kylmän veden näytteissä rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa.



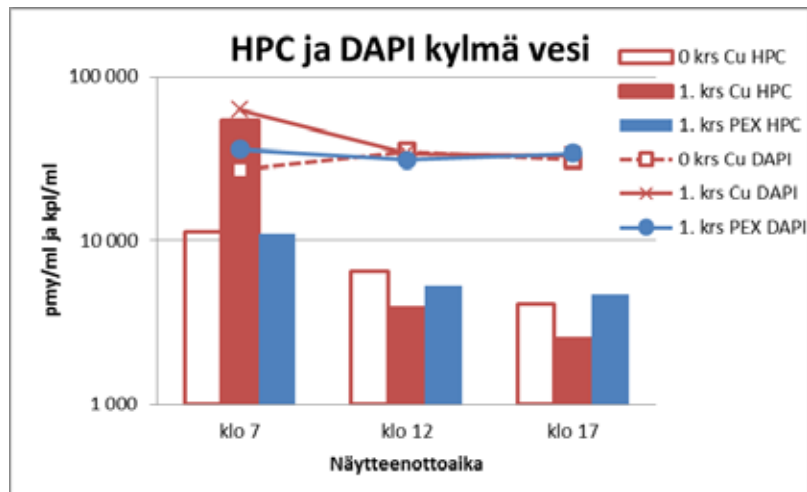
Kuva 3–3. Mikrobeille käyttökelpoinen hiili (AOC, asetaattihiilenä  $\mu\text{g/l}$ ) seurannan aikana Sytyttimen ensimmäisen kerroksen kylmän veden näytteenottopisteissä kupari (Cu) ja muovi (PEX).



Kuukausittaisen vesinäytteenoton tulokset osoittivat, että veden lämpötilanhallinta kiinteistöissä on ollut keskeistä käyttöveden laadun kannalta. Sytyttimessä havaittiin haastavaksi erityisesti kylmän veden lämpötilan pysyminen viileänä. Veden juoksuttaminen ennen käyttöä takaa parempilaatuisen veden kuluttajalle. Ainoastaan kylmä vesi on tarkoitettu juotavaksi. Kiinteistön verkoston käyttöönottoaikaan huuhtelut ovat tarpeen veden laadun parantamiseksi.

### 3.2.2 Veden laadun muutokset käyttöasteen mukaan

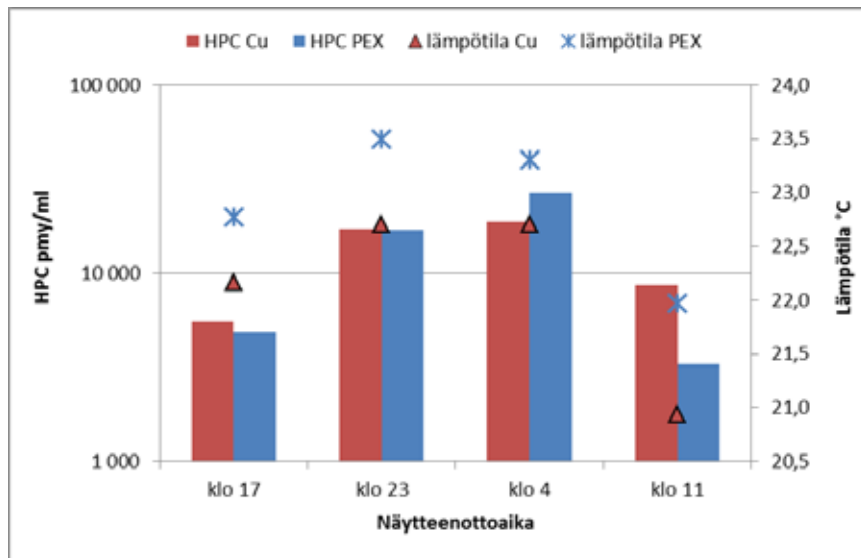
Tehoseurantapäivän aikana veden mikrobiologisen laadun todettiin paranevan käytön lisääntyessä (Kuva 3-4). Ensimmäiset näytteet otettiin aamulla, kun käyttö oli vielä vähäistä. Päivän näytteenotossa klo 11 heterotrofinen pesäkelukumäärä (HPC) oli pienentynyt selvästi aamun klo 7 määrästä. Illan klo 17 näytteenotossa pesäkelukumäärä pieneni edelleen. Kokonaismikrobilukumäärässä (DAPI) ei vastaavaa pienenemistä tapahtunut, mutta tämän voi selittää menetelmien ero. HPC mittaa viljeltävissä olevien mikrobien määrää ja DAPI sekä viljeltävät että ei-viljeltävät mikrobit. Pitoisuuksien pieneneminen oli selvää molemmilla putkimateriaaleilla. Aamun näytteenotossa pitoisuus oli kupariverkostossa suurempi kuin PEX-verkostossa, mikä ero oli nähtävissä muissakin näytteenotoissa (Kuva 3-2).



Kuva 3-4. Heterotrofinen pesäkeluku (HPC) ja kokonaismikrobilukumäärä (DAPI) kupari- (Cu) ja PEX-verkostossa tehoseurantapäivän aikana. Näytteet on otettu kylmävesiverkostosta rakennuksen kellarista (0 krs, Cu) ja ensimmäisestä kerroksesta (Cu ja PEX). pmy = pesäkettä muodostava yksikkö.

Vuorokausiseurannan vesinäytteiden analyysien tuloksista on julkaistu tuloskortti *Diurnal water quality and aging of water*, jossa todetaan muun muassa veden seisotusjaksojen,

esimerkiksi toimistokiinteistössä yön yli, vaikuttavan merkittävästi veden laatuun. Veden seistessä sen laatu heikkenee esimerkiksi veden lämpötilan noustessa, klooripitoisuuden laskiessa ja heterotrofisen pesäkelukumäärän suurentuessa selvästi jo muutamassa tunnissa (Kuva 3–5). Vuorokausiseurannassa verkostomateriaalien välillä ei havaittu eroja veden laadussa. Veden seisominen verkostossa voi aiheuttaa ongelmia myös materiaalien kestävyydelle. Kiinteistöverkoston suunnittelu ja käyttötapa ovatkin ratkaisevassa roolissa veden laadun säilyttämiseksi hyvällä tasolla.



Kuva 3–5 Heterotrofinen pesäkeluku (HPC) ja lämpötila kupari- (Cu) ja PEX-verkostossa päivän aikana. Näytteet on otettu kylmävesiverkostosta rakennuksen ensimmäisen kerroksen WC:n käsienspesuhanasta. pmy = pesäketä muodostava yksikkö.

Legionella-analyysituloksia on hyödynnetty tehtäessä tulokorttia *Risk assessment of legionella bacteria in buildings*, josta enemmän luvussa 8 Mikrobikasvun riskienarviointi. Paineiskujen vaikutuksesta veden laatuun on tarkemmin luvussa 5 Paineiskujen vaikutus käyttövesiverkostoon.

### 3.2.3 Veden laadun muutos jakeluverkostossa

Veden laadun muutosta jakeluverkostossa ei havaittu merkittäväksi, ravinneanalyysit (AOC, MAP) osoittivat hienoista pitoisuuksien nousua vesilaitoksen ja kiinteistön välillä. Heterotrofisen pesäkeluku oli kiinteistössä kellarin näytteenottopisteessä suurempi kuin vesilaitokselta otetussa näytteessä. Kellarikerroksen heterotrofisen pesäkeluku oli 1600 pmy/ml, kun vesi-

laitokselta lähtevän veden pesäkeluku oli 600 pmy/ml samana päivänä otetussa näytteessä. Tuloksia ei kuitenkaan voi suoraan verrata toisiinsa, koska kiinteistön näyte oli otettu veden seisottua kiinteistön verkostossa viikonlopun ajan. Näin vedessä olevilla mikrobeilla oli ollut mahdollisuus lisääntyä kiinteistön sisällä.

### 3.3 Jatko

Veden laatu muuttuu kiinteistön sisällä, mikä on huomioitava jo suunnitteluvaiheessa. Vesi ja putkimateriaali ovat jatkuvassa vuorovaikutuksessa keskenään ja kiinteistön ääripäissä verkostoissa oleva kylmä vesi lämpenee ja lämmin vesi vastaavasti jäähtyy. Näin voi syntyä mikrobeille alkutilannetta paremmat kasvuolosuhteet. Uudessa kiinteistössä samoin kuin pitkien seisotusten jälkeen veden laatua voi parantaa runsailla huuhteluilla. Veden laadun muutoksiin kiinteistön sisällä vaikuttaa alueen talousveden laatu. Materiaalivalinnat kiinteistöjen verkostoihin tulisi tehdä alueella käytössä olevan veden laadun perusteella.

### Lähteet

Inkinen J., Kaunisto T., Pursiainen A., Miettinen I.T., Kusnetsov J., Riihinen K., Keinänen-Toivola M.M. 2014. Drinking water quality and formation of biofilms in an office building during its first year of operation, a full scale study. *Water Research* 49, 83–91.

*Sisäympäristö-hankkeeseen liittyvät tulokortit:*

Water quality changes in new pipeline system

Saatavilla: <http://rym.fi/results/water-quality-changes-in-new-pipeline-system>

Diurnal water quality and aging of water

Saatavilla: <http://rym.fi/results/diurnal-water-quality-and-aging-of-water/>

Risk assessment of legionella bacteria in buildings

Saatavilla: <http://rym.fi/results/risk-assessment-of-legionella-bacteria-in-buildings/>

*Menetelmäkuvaukset:*

heterotrofinen pesäkeluku, mikrobeille käyttökelpoiset ravinteet (AOC,MAP). Saatavilla <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/vesimikrobiologinen-analytiikka/analyysivalikoima>

## 4 Kiinteistökohtainen magneettinen vedenkäsittely

*Martti Latva, SAMK*

Koben ym. (2002) mukaan vesijärjestelmään kohdennettu magneettikenttä vaikuttaa kalsiumkarbonaatin ( $\text{CaCO}_3$ ) kiteytymiseen. Sisäympäristö-ohjelmassa magneettista vedenkäsittelyä tutkittiin vaihtoehtona kemialliselle saostumanestolle. Tutkimus on tehty lisäämällä magneettinen vedenkäsittely pilottiverkostoon. Tarvetta saostumanestolle on erityisesti lämmönvaihtimissa, lämminvesikiertoissa ja kiinteistöjen vesijärjestelmissä, koska lämmönsiirron tehostuminen saostumien vähentymisen myötä alentaa käyttökustannuksia huomattavasti.

### 4.1 Koejärjestelyt

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää magneettisen vedenkäsittelyn vaikutuksia kahteen eri putkimateriaaliin suomalaisessa keskikovassa vedessä. Käytetyt putkimateriaalit olivat kupari and PEX (ristisilloitettu polyetyleni).

Pilottiverkosto, johon magneettiset vedenkäsittelyjärjestelmät asennettiin, on kuvattu tarkemmin kappaleessa 2.2. Kaksi magneettista vedenkäsittelylaitetta PJ-20i HST, jotka oli hankittu Bauer Watertechnology Ltd Oy:ltä, asennettiin kahteen vierekkäiseen eri materiaaleista rakennettuun linjaan eli kuparilinjaan (Cu IV) ja PEX-linjaan (PEX I). Näin voitiin tarkastella magneettisen vedenkäsittelyn toimintaa kahdesta eri materiaalista olevassa järjestelmässä ja verrata eroja vaikutuksen suuruudessa. Muut linjat toimivat vertailulinjoina, joissa magneettista vedenkäsittelyä ei ollut. Kaikki putkilinjat ja koko muukin järjestelmä oli uusi ja aiemmin käyttämätön, joten putkipinnoilta ei ollut aiemmin liuennut mitään pois eikä saostumia tai biofilmejä ollut muodostunut. Tutkimuksessa tarkasteltiin vain kylmää talousvettä. Tutkimuksissa kerättiin kahden litran vesinäytteitä yhdeksästä eri kohdasta pilottiverkostoa. Ensimmäinen vesinäyte otettiin kohdasta ennen kuin vesi jakaantuu kahdeksalle eri putkilinjalle. Tämä näyte edusti järjestelmään syötettävän veden laatua ennen kuin se on ollut kontaktissa pilottivesijärjestelmän materiaalien kanssa. Muut kahdeksan vesinäytettä kerättiin kunkin putkilinjan loppupäästä, yksi per näytelinja. Nämä kahdeksan näytettä edustivat materiaalien vaikutusta veden laatuun sekä lisäksi kahdessa näistä linjoista sijainneen magneettisen vedenkäsittelyn vaikutusta veden laatuun. Vesinäytteidenotto tapahtui kerran kuussa klo 7.30 ajanjaksolla 27.3.2012–3.12.2013.

Putkinäytteet otettiin järjestelmän kaikista kahdeksasta linjasta yhdeksän ensimmäisen käyttökuukauden jälkeen. Näistä näytteistä mitattiin putken sisäpinnoille saostuneen kalsiumin määrä.

## **4.2 Tehdyt mittaukset**

### **4.2.1 Vesianalyysit**

Vesinäytteistä mitattiin lämpötila, pH, liennut happi, hapetus- ja pelkistyspotentiaali sekä johtokyky YSI professional plus mittarilla (YSI, Yellow Springs, Ohio, USA). Lisäksi vapaan kloorin, kokonaiskloorin, kloridin, sulfaatin, ammoniumin, fosfaatin, nitriitin ja nitraatin määrät analysoitiin Hach Lange DR 2800 spektrofotometrillä (Hach Lange GmbH, Düsseldorf, Germany). Alkaliteetti mitattiin titraamalla potentiometrisesti (SFS 3005, 1981), kokonaiskovuus määritettiin kalsiumin ja magnesiumin yhteismääränä (SFS 3003, 1987). Kupari ja rauta mitattiin standardisoidulla menetelmällä SFS-EN ISO 11885:2009.

### **4.2.2 Veden kanssa kosketuksissa olleiden materiaalien sisäpintojen kalsiumpitoisuuden määrittäminen**

Putkinäytteet täytettiin 0,1 M suolahapolla ja niiden annettiin seistä 60 minuuttia käännellen niitä ylösalaisin 15 min välein. Sen jälkeen happoliuos otettiin ulos ja kerättiin talteen. Sen jälkeen putki vielä huuhdeltiin 10 millilitralla suolahappoa, joka lisättiin aiempaan näyteliuokseen. Kalsiumin määrä analysoitiin kerätystä näyteliuoksesta ICP-OES-spektroskoopilla standardin SYP600/SFS-EN ISO 11885 mukaisesti. Analyysituloksesta laskettiin sisäpinnan sisältämän kalsiumin määrä yksikkönä  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ .

### **4.2.3 FE-SEM määrittäykset pinnoille kertyneistä saostumista**

Kupariputkien sisäpintoja tutkittiin FESEM (Zeiss Ultraplus) -laitteistolla. Ennen näytteiden analysointia ne pinnoitettiin JEOL Jee-420 vakuuievaporaattorilla aikaansaadulla ohuella hiilikerroksella johtavan kerroksen muodostamiseksi. Käytetty kiihdytysjännite oli 15 kV.

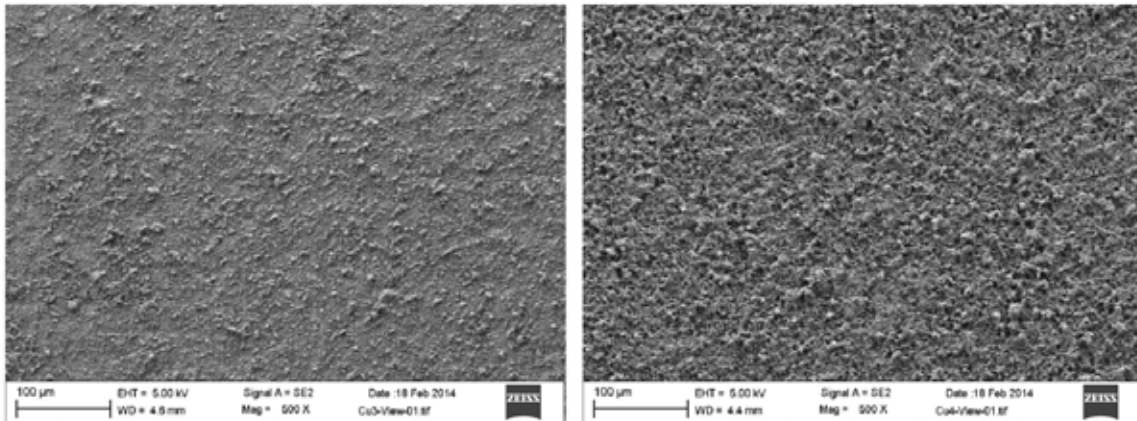
#### 4.2.4 Tulokset ja päätelmät

Ensimmäisen käyttövuoden vesianalyysien perusteella huomattiin, että juomaveden kovuus laski kaikissa kahdeksassa linjassa verrattuna verkostoon syötettävän veden laatuun. Kaikista pienin lasku oli linjassa Cu IV ja toiseksi pienin linjassa PEX I. Näissä molemmissa oli asennettuna magneettinen vedenkäsittelylaitteisto, jonka läpi vesi kulki ennen näytteenottoa. Veden pH nousi kaikissa linjoissa yli 0,2 yksikköä verrattuna verkostoon syötettävään veteen. Samalla myös alkaliteetti nousi kaikissa linjoissa verrattuna niihin syötettävään veteen. Kupariputkilinjoista korkein alkaliteetti mitattiin putkesta Cu IV ja vastaavasti muoviputkista PEX I linjasta. Muista mitatuista veden kemiallisista parametreista magneettisen vedenkäsittelylaitteiston sisältämien linjojen huomattiin poikkeavan hieman alaspäin sulfaatti-ionin ja liunneen hapen osalta verrattuna muiden linjojen tuloksiin. Käytännössä poikkeamat kemiallisten analyysien perusteella ovat melko pieniä. Vaikka poikkeamat mahtuvat kokeellisten virherajojen sisään, ne osoittavat, että magneettisella vedenkäsittelyllä on vaikutusta veden laatuun. Lisäksi vaikutus näyttäisi olevan jonkin verran suurempi kupariverkostossa kuin PEX-verkostossa.

Magneettisen vedenkäsittelylaitteen vaikutuksen selvittämiseksi tarkemmin putkilinjoista irrotettiin näytepalat 11 kuukauden käytön jälkeen. Näytepalojen sisäpintojensaostumat irrotettiin liuottamalla suolahappoon, jonka jälkeen happoliuoksen sisältämä  $\text{Ca}^{2+}$ -ionipitoisuus määritettiin ja siitä laskettiin sisäpinnan saostumien sisältämä kalsiumin määrä neliösenttiä kohden. Tutkitut putkilinjat olivat Cu III, Cu IV, PEX I ja PEX II. Niistä määritetyt kalsiumpitoisuudet olivat vastaavassa järjestyksessä  $1,53 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ,  $1,31 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ,  $0,48 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  ja  $0,57 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ .

Tuloksen mukaan kalsiumia löytyi enemmän kuparilinjoista kuin PEX-linjoista. Näyttäisi, että kalsiumsaostumilla on suurempi taipumus kiinnittyä kuparipinnoille kuin PEX-pinnoille. Kuitenkin molemmilla materiaaleilla magneettisen vedenkäsittelylaitteen havaittiin pienentävän saostumia noin 15 % verrattuna linjoihin, joissa magneettista vedenkäsittelyä ei ollut. Erikoista on, että PEX-putkinäytteiden pinnoilla havaittiin selvästi vähemmän kalsiumia kuin kupariputkinäytteiden pinnoilla. Vesinäytteiden perusteella veden kalsiumpitoisuutta indikoiva kovuus oli kuitenkin Cu IV linjassa korkeampi kuin PEX I linjassa. Tämä todennäköisimmin johtuu siitä, että muoviputken sisäpinnoilla saostumat ovat kevyemmin kiinni kuin kuparipinnoilla, ja näin ollen irtoavat helpommin verkostoissa tapahtuvien paineiskujen johdosta. Alkuaineanalyysien perusteella huomattiin, että kupariputkien sisäpintojen kalsiumpitoisuus on alle 1 % pääkomponentin ollessa luonnollisesti kupari. Muita pinnalta löydettyjä aineita olivat happi, sinkki, alumiini, natrium, rauta ja magnesium.

Pinnan morfologiaa tutkittaessa havaittiin ero magneettisen vedenkäsittelyn linjan ja vertailulinjan välillä kupariverkostossa (Kuva 4–1). Näyttäisi siltä, että kalsiumsaostumien lisäksi magneettisella vedenkäsittelyllä on vaikutusta sisäpinnalle muodostuviin kuparin hapetus tuotteisiin.



Kuva 4–1. FE-SEM kuvat kupariputken sisäpinnoilta. Vasemmalla Cu III ja oikealla Cu IV, jonka läpi kulkenut vesi on käsitelty magneettisella vedenkäsittelylaitteistolla.

#### 4.1 Jatko

Tässä tutkimuksessa käytettiin käyttämättömiä putkia niiden keskimääräiseen elinaikaan nähden varsin lyhyt ajanjakso. Vesi oli Rauman vesilaitoksella käsiteltyä pintavettä. Useimmiten ongelmia putkien kestävyydelle Suomessa aiheuttavat käsittelemättömät pohjavedet. Näiden tutkimusten perusteella voidaan todeta, että magneettisella vedenkäsittelyllä on vaikutuksia veteen ja putkien sisäpintoihin. Tässä työssä havaintomateriaali on vielä suhteellisen vähäistä ja tieteellisiä lisätutkimuksia tarvitaan havaintojen tarkentamiseksi. Jatkossa tutkimuksessa pitäisi olla mukana erilaisia vesiä ja käyttöolosuhteita, jotta saadaan monipuolinen ja kattava tieto magneettisen vedenkäsittelyn vaikutuksista sekä hyödyistä, jotka sillä voidaan saavuttaa.

#### Lähteet

Kobe S., Drazic G., Cefalas A.C., Sarantopoulous E., Strazisar J. 2002. Nucleation and crystallization of CaCO<sub>3</sub> in applied magnetic fields. *Crystal Engineering* 5. 243–253

Nyman N. 2013. The microbiological impact of different building solutions in an office environment. Helsingin yliopisto, M. Sc thesis.

*Menetelmäkuvaukset:*

SFS 3005:1981. Veden alkaliteetin ja asiditeetin määrittäminen. Potentiometrinen titraus.

SFS 3003:1987. Veden kalsiumin ja magnesiumin summan määrittäminen. Titrimetrinen menetelmä.

SFS-EN ISO 11885:2009. Water quality. Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES).



## 5 Paineiskujen vaikutus käyttövesiverkostoon

*Marko Kukka, Aino Pelto-Huikko, SAMK*

*Anna Pursiainen, Sallamaari Siponen, Jenni Ikonen, Jaana Kusnetsov, Ilkka T. Miettinen, THL, Vesi ja terveys -yksikkö*

Rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaan vesilaitteisto tulee mitoittaa siten, että vesilaitteistossa ei esiinny haitallisia paineiskuja. Paineiskujen syntyyn kiinteistön käyttövesijärjestelmässä on useita syitä: venttiilin äkillinen tai väärällä hetkellä tapahtuva sulkeutuminen tai avautuminen sekä takaiskuventtiilin nopea sulkeutuminen. Sähkökatkon aiheuttama pumpun pysähtyminen tai katkon jälkeinen käynnistyminen voivat myös johtaa paineiskuihin käyttövesiverkostossa.

Paineiskut saattavat olla haitallisia verkostoille, jos ali- tai ylipaine ylittää putken tai verkostossa olevan komponentin paineenkeston. Paineiskuista saattaa myös aiheutua terveysriski, jos paineiskun aiheuttama alipaine putkessa mahdollistaa ulkopuolisen materiaalin pääsemisen käyttövesiverkostoon. Ulkopuolisten aineiden pääsy käyttövesiverkostoon voi tapahtua myös paineiskujen vahingoittamista liitoksista tai putkien halkeamista.

Paineiskujen määrään ja voimakkuuteen voidaan vaikuttaa muun muassa valitsemalla käytettäväksi elastisia putkimateriaaleja sekä venttiilejä, joiden avautumaa ja sulkeumaa voidaan säätää tarpeen mukaan. Näiden lisäksi voidaan käyttää painesäiliöitä paineiskujen vaimentamiseen. Suunnittelussa on tärkeää mitoittaa verkoston virtaamat ja putkikoot oikein. Tutkimustietoa paineiskujen vaikutuksista käyttöveden laatuun erityyppisissä verkostoissa ei ole juurikaan saatavilla. Teknologiatalo Sytyttimen tutkimusverkostossa tehtyjen mittausten avulla pyrittiin selvittämään paineiskujen voimakkuutta ja vaimenemista eri putkimateriaaleilla sekä paineiskujen vaikutusta käyttöveden laatuun. Tuloksista on tehty tulostkortti *Water pressure changes and drinking water quality*.

### 5.1 Suoritetut mittaukset ja koelaitteistot

Paineiskukokeita tehtiin Sytyttimen tutkimusverkostossa yhteensä neljä kappaletta eri ajanjaksoina (Taulukko 5–1). Mittauskalustona käytettiin Dataq Instruments:n DI-718B- ja HBM:n MGCplus-tiedonkeruulaitteistoa, joihin molempiin oli kytketty kaksi paineanturia.

Mittalaitteet kykenevät suorittamaan 200 mittausta sekunnissa. Mittauksia tehtiin Sytyttimen PEX- ja kupariverkostoissa ajankohtana, jolloin verkostossa oli mahdollisimman vähän muuta vedenkäyttöä. Sytyttimessä on seurattu kiinteistöön tulevan veden painetta Grantin dataloggerilla, ja sen keräämää dataa käytettiin taustatietona mittaustulosten tarkastelussa.

Taulukko 5–1. Teknologiatalo Sytyttimessä suoritettavat mittaukset




	<b>Paineiskukoe 1</b>	<b>Paineiskukoe 2</b>	<b>Paineiskukoe 3</b>	<b>Paineiskukoe 4*</b>
<b>Ajankohta</b>	joulukuu 2012	heinäkuu 2013	heinäkuu 2013	marraskuu 2014
<b>Suoritettavat mittaukset</b>	paineiskujen vaikutus veden laatuun	paineiskujen vaimeneminen, poresuuttimien vaikutus, veden johtokyky	paineiskujen vaikutus veden laatuun	paineiskujen vaikutus veden laatuun
<b>Mittalaitteisto</b>	Dataq Instruments DI-7188	Dataq Instruments DI-7188	HBM MGCplus	Dataq Instruments DI-7188
<i>*paineiskukoe 4 on tehty paineenalennusventtiilin asennuksen jälkeen</i>				

Paineiskujen vaikutusta veden laatuun tutkittiin juoksuttamalla vettä ja aiheuttamalla säännöllisesti paineiskuja juoksutuksen aikana. Paineiskujen välillä otettiin vesinäytteitä hanasta, jolla paineiskuja aiheutettiin sekä hanasta, johon putkilinjan paineiskut vaikuttivat edempänä verkostossa. Paineiskukokeet 1 ja 3 suoritettiin ennen paineenalennusventtiilin asennusta ja paineiskukoe 4 venttiilin asennuksen jälkeen. Paineiskukokeissa 1, 3 ja 4 mitattiin veden mikrobipitoisuuksia. Menetelmänä käytettiin heterotrofista pesäkelukua (HPC). Menetelmässä kasvatusalustana käytetään R2A-maljaa ja seitsemän vuorokauden kasvatusaika 22 °C lämpötilassa.

Paineiskukokeen 2 tarkoituksena oli selvittää paineiskujen vaimeneminen eri putkimateriaaleilla ja pituuksilla. Paineiskut aiheutettiin Oras Electra -hanoilla, joissa on magneettiventtiili. Mittauksissa käytettiin vakioporesuutinta sekä paineiskukokeessa 2 erikoispuoresuuttimia. Erikoispuoresuuttimilla on suurempi virtaama (Taulukko 5–2). Mittaushana asennettiin alkuperäisen hanan tilalle. Mittaushanalla aiheutettiin paineiskuja pitämällä kättä Electran valokennon edessä 2–3 sekuntia kerrallaan noin 15 sekunnin välein. Näitä paineiskuja aiheutettiin käyttövesiverkoston eri kohdissa ja vaimenemaa mitattiin eri etäisyyksiltä. Lisäksi selvitettiin kiinteistön verkoston lähtöpisteestä kauimmaisten vesikalusteiden käytössä olevaa painetasoa mahdollista paineenalennusventtiiliä varten sekä paineiskujen vaikutusta veden sähkönjohtokykyyn. Veden sähkönjohtokykyä mitattiin InoLabin Cond Level 1:llä.

Paineiskukokeiden tuloksia tarkastellessa tulee huomioida, että Sytyttimen eri materiaalien verkostot eivät ole täysin identtisiä keskenään. PEX-verkoston arkkitehtuuri perustuu jakotukkeihin, kun taas kupariverkosto on toteutettu haaroittamalla. Verkostojen pituus ja vesikalusteiden sijainnit verkostossa ei myöskään ole täysin identtiset talon muun arkkitehtuurin vuoksi.

Taulukko 5-2. Oras Electra -hanan virtaama eri poresuuttimilla

	6 l/min vakioporesuutin 	A-suutin 	Vesitähti 
3bar	5,5 l/min	10,7 l/min	16 l/min
4bar	5,5 l/min	12,6 l/min	18,6 l/min
5bar	5,5 l/min	14,2 l/min	21 l/min

### 5.1.1 Paineiskujen vaimeneminen ja poresuuttimien vaikutus

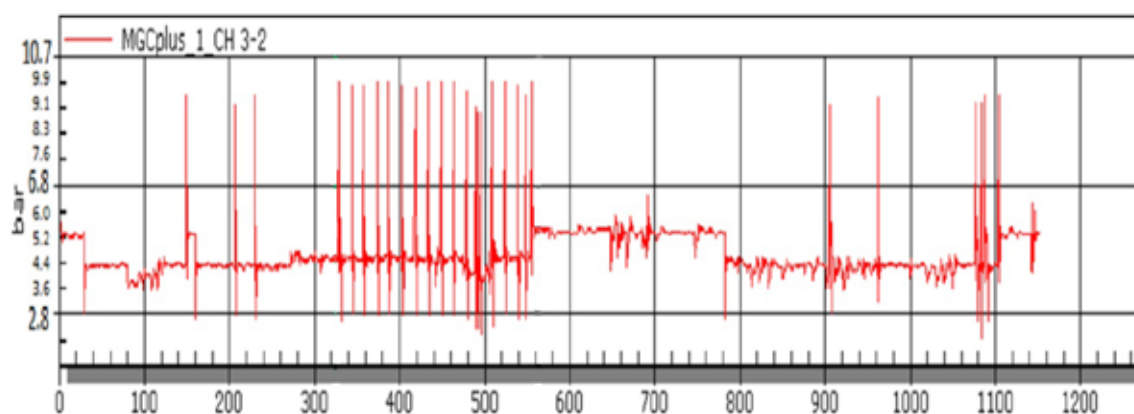
Tutkimuksessa mitattiin nettopaineiskujen (paineiskuhuipun ja staattisen paineen välinen erotus) keskiarvot molemmista verkostoista eri etäisyyksiltä sekä eri poresuuttimilla (Taulukko 5-3). Taulukosta voidaan havaita, että hanassa käytetyllä poresuuttimella on merkittävä vaikutus paineiskun suuruuteen. Tulosten perusteella muoviputki vaimentaa paineiskuja verkostossa metalliputkea tehokkaammin. PEX-putkien arkkitehtuuri perustuu jakotukkeihin, jotka saattavat osaltaan vaikuttaa paineiskujen vaimenemiseen. Muoviputki on myös kupariputkea elastisempaa, mikä edesauttaa paineiskujen vaimenemista. Paineiskujen huiput olivat korkeampia kupariverkostossa, mikä johtuu kupariputken jäykkyydestä.

Taulukko 5-3. Nettopaineiskujen keskiarvot PEX- ja kupariverkostossa (arvot, yksikkönä bar) paineiskukokeessa 2.

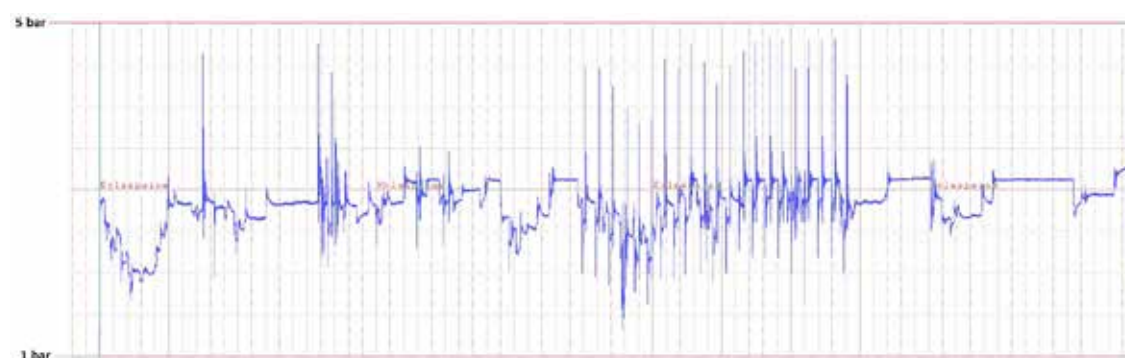
PEX				PEX			
kylmä	5,5l/min	A-suutin	vesitähti	lämmin	5,5l/min	A-suutin	vesitähti
paineiskupaikka	3,7	5,4	6,4	paineiskupaikka	2,1	4,4	4,4
7,5m etäisyydellä	1,3	1,8	2,5	7,5m etäisyydellä	1,3	1,9	2,0
23m etäisyydellä	0,6	1,7	1,7	23m etäisyydellä	0,2	0,4	0,5
CU				CU			
kylmä	5,5l/min	A-suutin	vesitähti	lämmin	5,5l/min	A-suutin	vesitähti
paineiskupaikka	5,6	8,5	13,6	paineiskupaikka	6,9	11,2	16,0
12m etäisyydellä	4,1	7,3	10,3	12m etäisyydellä	4,6	9,0	12,2
32m etäisyydellä	1,6	2,9	4,2	32m etäisyydellä	1,7	3,0	4,3

Kiinteistöön tulevan veden painetaso oli mittausten perusteella yli 5 baaria suurimman osan ajasta. Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D1:n (2007) mukaan paineenalennusventtiiliä käytetään, jos kiinteistön vesilaitteistolle käytettävissä oleva paine päävesimitarin jälkeen on yli 500 kPa:a (5 baaria). Molempien verkostojen kiinteistöön tulevan veden pisteestä kauimmaisten kalusteiden käytössä oli yli 3,5 baaria, jolloin paineenalennusventtiilin asennus oli perusteltua. Kiinteistöön asennettiin paineenalennusventtiili huhtikuussa 2014, jonka jälkeen tulevan veden painetaso on ollut 3–3,5 baarin luokkaa.

Painetasot olivat korkeammat ennen paineenalennusventtiilin asennusta (Kuva 5–1) ja matalammat venttiilin asennuksen jälkeen (Kuva 5–2). Tuloksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että mittaukset on teknisistä syistä toteutettu eri laitteistoilla, joten ne eivät ole suoraan vertailukelpoisia.



Kuva 5–1. PEX-verkoston paineiskujen taso ennen paineenalennusventtiilin asennusta.



Kuva 5–2. PEX-verkoston paineiskujen taso paineenalennusventtiilin asennuksen jälkeen.

Kupariverkostossa vastaavaa vertailua ei ole tehty, koska kuparilinjassa esiintyi vastaavissa mittauksissa ennen paineenalennusventtiilin asentamista hyvin epäsäännöllinen painetaso, jonka syyksi jälkikäteen selvisi saostuman aiheuttama tukos venttiilissä. Kuvista voidaan havaita, että ennen paineenalennusventtiilin asennusta paineiskujen suuruus on ollut maksimissaan 9,9 baarin luokkaa ja venttiilin asentamisen jälkeen 4,8 baarin luokkaa samassa kohtaa verkostoa. Paineenalennusventtiilin asennus näytti tämän perusteella pienentäneen paineiskujen suuruutta yli puolella.

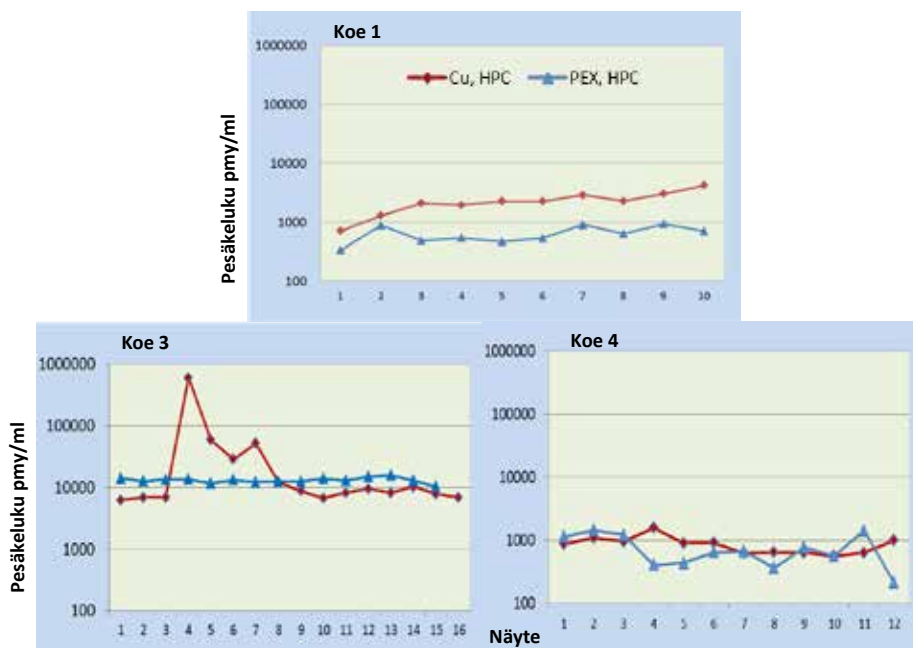
### **5.1.2 Paineiskujen vaikutus veden laatuun**

Ensimmäisessä paineiskukokeessa suurimmat vaihtelut heterotrofisessa pesäkelukumäärässä (HPC) havaittiin kuparilinjalla (Kuva 5–3, koe 1). Havaintoa voi selittää suurempi paineenvaihtelu kupariputkessa. Paineiskujen taso vaihteli ensimmäisessä painekokeessa 6,2–10,7 baaria kupariputkilinjassa ja 0,2–3,9 baaria PEX-putkilinjassa.

Toisessa paineiskukokeessa mitattiin veden johtokykyä. Mittaustulosten perusteella verkostossa tapahtuvilla paineiskuilla ei todettu olevan merkittävää vaikutusta johtokykyyn. Muita vedenlaatumuuttujia ei paineiskukokeessa 2 seurattu.

Kolmannessa kokeessa havaittiin samansuuntainen tulos kuin ensimmäisessä paineiskukokeessa. Heterotrofinen pesäkelukumäärä ja edelleen pesäkeluku oli suurempi vesinäytteessä kupariverkostosta kuin PEX-verkostosta (Kuva 5–3, koe 3). Ero havaittiin, vaikka paineenvaihtelut olivat tässä kokeessa selvästi pienempiä kupariverkostossa kuin PEX-verkostossa. Toteutettujen paineiskujen myötä kupariverkostosta vapautui enemmän mikrobeja veteen kuin PEX-verkostosta, vaikka paine oli pienempi kuparilinjassa. Toisessa kokeessa paineiden taso oli kupariverkostossa 1,0 baaria ja PEX-verkostossa 5,5 baaria.

Neljäs koe toteutettiin paineenalennusventtiilin asennuksen jälkeen. Neljännessä kokeessa todettiin aiempia matalammat paineenvaihtelut, ja tällöin samanlaista selvää eroa ei havaittu putkimateriaalien välillä heterotrofisessa pesäkeluvussa (HPC) (Kuva 5 3, koe 4). Neljännessä kokeessa paineiden taso oli kupariverkoston osalta 1,8 baaria ja PEX-verkoston osalta 1,6 baaria.



Kuva 5–3. Heterotrofiset pesäkelukumäärät (HPC) veden laatua tutkivissa paineiskukokeissa 1, 3 ja 4 kupari- (Cu) ja PEX-verkostossa.

## 5.2 Jatkotoimenpiteet

Paineenvaihtelut irrottivat verkostoihin kertyneitä sakkoja, jotka sisältävät usein suuria määriä mikrobeja. Mikrobien pitoisuuden kasvu vedessä voi ilmetä muun muassa veden laadun esteettisinä ongelmina. Paineenvaihtelut voivat näkyä myös veden sameuden muutoksina. Paineiskujen vaikutuksia mikrobien irtoamiseen pitäisi tutkia vielä enemmän. Näiden alustavien tutkimusten mukaan paineenalennusventtiilin asentaminen pienensi myös paineiskujen vaikutuksesta irtoavien mikrobien määriä.

Hanojen käytöstä aiheutuvia paineenvaihteluita voitaisiin vähentää kehittämällä hanoja. Verkoston paineen alentaminen paineenalennusventtiilillä voi olla käytännöllinen tapa vähentää painepiikkejä verkostossa. Myös muovimateriaalin käyttö voi vähentää korkeita paineenvaihteluita, joita normaali hanojen avaaminen ja sulkeminen aiheuttaa.

## Lähteet

Kukkasmäki M. 2014. Paineiskujen vaikutukset käyttövesiverkostossa. Insinööriyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Saatavilla 27.1.2015 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013090615004>.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma. 2007. Osa D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

*Sisäympäristö-hankkeeseen liittyvä tulokortti:*

Water pressure changes and drinking water quality

Saatavilla: <http://rym.fi/results/water-pressure-changes-and-drinking-water-quality/>

*Menetelmäkuvaukset:*

heterotrofinen pesäkeluku, mikrobeille käyttökelpoiset ravinteet (AOC,MAP). Saatavilla <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/vesimikrobiologinen-analytiikka/analyysivalikoima>

## 6 Käyttövesijärjestelmän energiatehokkuus

*Jarkko Heinonen, SAMK*

Rakennusten tiukentuvat energiatehokkuusvaatimukset asettavat paineita myös energiatehokkaampien talotekniikkajärjestelmien kehittämiseksi. Ilmanvaihdon ja rakennuksen vaiipan lämpöhäviöiden pienentyessä, vesijärjestelmien energiatehokkuus nousee nykypäivän rakentamisessa yhä tärkeämmäksi. Lämpimän käyttöveden lämmittämisen osuus asuinrakennuksen energiankulutuksesta on kasvanut merkittävästi. Pientaloissa siihen kuluu noin 10–25 % kaikesta energiankulutuksesta (Motiva 2014). Muissa rakennuksissa käyttöveden osuus rakennuksen energiankulutuksesta vaihtelee voimakkaasti rakennuksen käyttötarkoituksesta riippuen. Laitisen (2009) mukaan asuinrakennuksissa käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia on Suomen kokonaisenergian käytöstä yhteensä noin 5 %.

Lämpimän käyttöveden energiankulutus koostuu kulutetun veden lämmittämisen lisäksi verkoston lämpöhäviöistä ja kiertovesipumpun energiankulutuksesta. Laitisen (2009) mukaan asuinkerrostalon lämpimän käyttöveden lämmitystarpeesta noin 60 % syntyy lämpimän veden kulutuksesta ja loput 40 % järjestelmän lämpöhäviöistä.

### 6.1 Tutkimus ja tulokset

Teknologiatalo Sytyttimen käyttövesijärjestelmän energiankulutusta ja sen jakautumista selvitettiin Mari Rämön opinnäytetyössä (2012). Sytyttimen käyttöveden kulutusta seurattiin usealla vesimittarilla. Lisäksi seurattiin kiinteistön lämpimän ja kylmän käyttöveden lämpötilaa.

Kiinteistön vesijärjestelmien energiatehokkuutta tarkasteltaessa havaittiin, että lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kului suhteellisen pieni energiamäärä (4 %) koko rakennuksen kaukolämmön kulutuksesta. Toisaalta lämpöhäviöt lämminvesikierrossa olivat merkittävät ja aiheuttivat lähes kaksinkertaisen lämmitystarpeen käyttöveden lämmittämiseen nähden. Lämpöhäviöt lämminvesiverkostossa aiheuttivat myös ylimääräistä jäähdystarvetta kesällä ja siten lisäsivät kustannuksia. (Rämö 2012)



Rämön (2012) mukaan lämpimän käyttövesiverkoston eristäminen yli LVI 50–10345 ohjekortin suositteleman eristyspaksuuden ei pienennä Rämön opinnäytetyön laskelmien mukaan merkittävästi lämpimän käyttövesiverkoston lämpöhäviöitä.

Energiankulutuksen vähentäminen lämpimän käyttöveden lämpötilatasoja laskemalla on mahdollista, mutta Suomen Rakentamismääräyskokoelman määräysten vastaista. Rämön (2012) opinnäytetyössä laskettiin, millainen taloudellinen vaikutus olisi säädöksen muuttamisella. Tehdyn laskelman mukaan Suomen määräysten mukaisen lämpimän käyttöveden lämpötilan laskeminen 5 asteella ei vähennä merkittävästi lämpimän käyttövesiverkoston lämpöhäviöitä.

Matias Virtasen diplomityössä (2014) tutkittiin kerrostalon (DiaVilla) käyttöveden energiankulutusta. Kohde on esitelty tarkemmin kappaleessa 2.3. Tulosten perusteella lämpimän käyttövesiverkoston eristyspaksuuden kasvattaminen yli Rakentamismääräyskokoelman osan D1 ohjearvon ei pienennä merkittävästi verkoston lämpöhäviöitä. Putkimateriaalin valinnalla ei havaittu myöskään olevan suurta vaikutusta verkoston lämpöhäviöihin. Rakentamismääräyskokoelman D1 määräyksen mukaisten kiertävän lämpimän veden lämpötilatasojen laskeminen 5 °C:lla pienentää järjestelmän lämpöhäviöitä 14 %. Kiertovesipumpun vaihtaminen EC-moottoripumppuun vähentäisi pumpun ostoenergiankulutusta noin 80 %, mutta pumpun osuus koko lämpimän käyttöveden energiankulutuksesta on pieni.

## **6.2 Jatkoimenpiteet**

Lämpimän käyttöveden lämpötilaa alentamalla tai kiertovesiverkoston eristystasoa parantamalla ei ole saatavissa merkittäviä säästöjä lämpimän käyttöveden energiankulutuksessa. Nykyisen ohjeistuksen mukainen lämpimän käyttövesiverkoston huolellinen eristäminen on kuitenkin tärkeää ja eristämättömiä osia tulisi verkostossa olla mahdollisimman vähän.

Verkoston pituudella on merkittävä vaikutus lämpöhäviöihin ja lämpimän käyttöveden verkoston pituuden tulisi olla mahdollisimman lyhyt. Lisätutkimusta tarvittaisiin muun muassa selvittämään, miten lämpimän käyttöveden kierto voitaisiin toteuttaa mahdollisimman energiatehokkaasti.

## Lähteet

Laitinen E., Karen T., Puhakka P., Reisbacka A., Rintala K., Tiitinen M., Varala A-L., Virtanen P., Nyman M., Kauko K. 2009. Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen. Ympäristöministeriö. [Verkko-dokumentti]. Saatavilla 20. 3. 2015: [http://www.motiva.fi/files/5725/Tyoryhmuistio\\_Huoneistokohtaisten\\_vesimittareiden\\_kaytto\\_ja\\_vaikutukset\\_rakennusten\\_energiankulutukseen.pdf](http://www.motiva.fi/files/5725/Tyoryhmuistio_Huoneistokohtaisten_vesimittareiden_kaytto_ja_vaikutukset_rakennusten_energiankulutukseen.pdf).

Motiva. 2014. Mihin lämpöä tarvitaan? Saatavilla 27. 1. 2015 [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/mihin\\_lampoa\\_tarvitaan](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/mihin_lampoa_tarvitaan)

Rämö M. 2012. Toimistorakennuksen käyttövesijärjestelmän energiatehokkuus. Insinööriyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Saatavilla 27. 1. 2015 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012090613452>

Virtanen M. 2014. Tulevaisuuden käyttövesijärjestelmien energiatehokkuus asuinkerrostoissa. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

## 7 Käyttöveden mitoitusmenetelmät

*Jarkko Heinonen, SAMK*

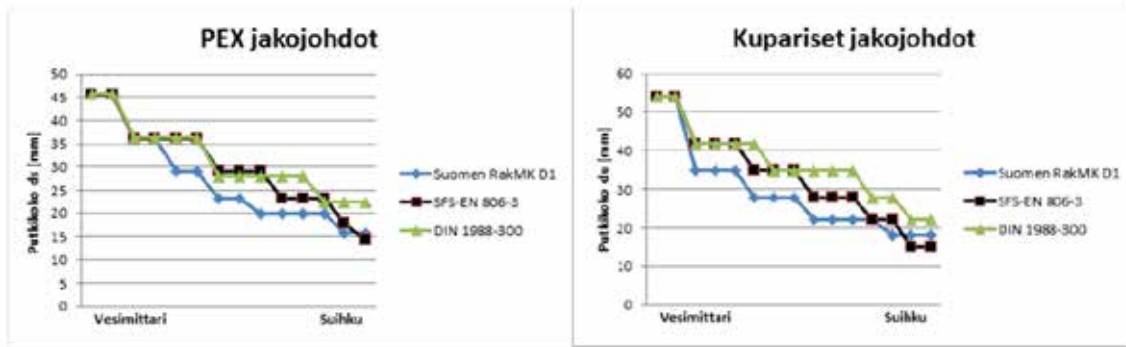
Käyttövesijärjestelmän mitoituksella on merkittävä vaikutus rakennuksen vedenkulutukseen sen käytön aikana. Vesikalusteiden suunnittelua ja tuottoa säätelevät standardit sekä erilaiset energia- ja ympäristömerkinnät tuotteita tai koko kiinteistöä koskien. Ekosuunnitteluun liittyvää pakottavaa lainsäädäntöä ei tällä hetkellä kuitenkaan ole hanoille ja suihkuille.

### 7.1 Tutkimus ja tulokset

Jesse Koivula (2014) tutki opinnäytetyössään erilaisten käyttövesiverkoston mitoitusmenetelmien eroja erityisesti virtaamien, putkikokojen ja vedenkulutuksen osalta. Työssä tutustuttiin myös LEED-sertifioinnin arviointikriteereihin sekä Ecodesign-direktiiviin.

Työssä tutkittiin kolmea eri mitoitusmenetelmää: Suomen Rakentamismääräyskokoelman osaa D1, eurooppalaista SFS-EN 806-3 -standardia ja saksalaista DIN 1988-300 -standardia. Koekohteena käytettiin Porissa sijaitsevaa asuinkerrostaloa, joka on kuvattu tarkemmin kappaleessa 2.3. Rakennukseen on suunniteltu vesilaitteisto kuparisilla vesijohdoilla Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaan. Opinnäytetyössä rakennukseen mallinnettiin sekä kupari- että PEX-käyttövesiverkosto, jotka poikkesivat toisistaan myös putkistoarkkitehtuuriltaan (Koivula 2014). Käyttövesiverkostot mitoitettiin kaikilla kolmella mitoitustavalla.

Koivulan (2014) mukaan koekohteissa pienimmät putkikoot sekä kuparilla että PEX:llä saatiin Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D1-mitoituksella, kun taas suurimmat putkikoot saksalaisella DIN 1988-300 -mitoituksella (Kuva 7–1).



Kuva 7-1. Putkikoot eri mitoitusmenetelmillä (Koivula 2014)

Vaikka saksalaisella standardilla mitoitettut putket olivat suurimmat ja mitoitusvirtaama suurin, veden kulutukseen kuitenkin vaikuttaa eniten se, kuinka paljon vettä päästetään kalusteesta. Vedenkulutukseen vaikuttaa normivirtaama sekä kuluttajan käyttötottumukset. Kun normivirtaamat ovat pienempiä, myös vedenkulutus on vähäisempää. Tällä perusteella DIN 1988-300 -standardilla mitoitettu vesilaitteisto kuluttaisi vähiten vettä. Minimivirtaukset huomioiden Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D1-mitoitus olisi vedenkulutuksessa toisena ja SFS-EN 806-3 viimeisenä. (Koivula 2014)

Malla Peltosen diplomityössään (2012) tekemää hydraulista mallia hyödynnettiin vesivirtojen simuloimiseen. Mallilla myös varmistettiin, että vesipisteille tuli riittävästi vettä. Koivulan (2014) simuloinnin mukaan standardien mukaiset virtaamat täytyivät jokaisella menetelmällä. Pesuallashanojen osalta Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D1-mitoitettu käyttövesiverkosto kuluttaa vähiten vettä. Suihkujen perusteella pienin vedenkulutus on standardin SFS-EN 806-3 ohjeiden mukaan mitoitettu käyttövesiverkostolla. Suurin vedenkulutus sekä pesuallashanojen että suihkujen osalta on saksalaisen standardin DIN 1988-300 mukaisella mitoituksella. Pienillä normivirtaamilla yritetään pitää vedenkulutus mahdollisimman vähäisenä. Hydraulisesta mallista saatujen tulosten mukaan pienet normivirtaamat eivät yksinään takaa pientä vedenkulutusta, vaan siihen vaikuttavat putkien halkaisijat ja painetasot.

Putkien kokoja tarkasteltaessa laskettiin hinnat ainoastaan putkille virtausreitillä vesimittarilta kuudennen kerroksen viimeiselle suihkulle. Putkien pituudet olivat kaikilla standardeilla samat, ainoa muuttuja oli putken halkaisija. Koekohteessa Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D1-mitoitus saatiin edullisimmaksi. Standardin SFS-EN 806-3 mitoitus saatiin kuparilla 22 % kalliimmaksi ja PEX:llä 29 % kalliimmaksi. Saksalaisen standardin mitoituksen tuottamat suuremmat putkikoot nostivat hintaa 45 % sekä kuparilla että PEX:llä verrattuna Suomen Rakentamismääräyskokoelman osaan D1. (Koivula 2014)

Koivulan (2014) mukaan kaikilla tutkituilla mitoitusmenetelmillä on ongelmallista täyttää kaikkia LEED-sertifikaatin tasoja tai EU:n ympäristömerkin vaatimuksia. Jotta vedenkulutuksesta saataisiin sertifikaatin mukaan täydet pisteet, wc-istuimen huuhtelua pitäisi pienentää 8,5 %, suihkun normivirtamaa 52 %, pesuallashanan normivirtamaa 16 % ja astianpesuallashanan normivirtamaa 58 % verrattuna Suomen Rakentamismääräyskokoelman osaan D1. Vähennykset ovat mahdollisia, mutta suihkun tai astianpesuallashanan virtaaman pienentäminen 50 %:lla on merkittävä vähennys ajatellen veden käyttäjää.

## 7.2 Jatkoimenpiteet

Nykyiset käyttövesiverkoston mitoitusmenetelmät eivät tue riittävästi tavoitteita vähentää veden- ja energiankulutusta. Mitoitusmenetelmiä tulisikin kehittää vastaamaan paremmin nykyisiä tavoitteita. Koivulan (2014) mukaan kiinnostavaa olisi myös tutkia nykyistä pienempien virtausten riittävyttä kuluttajalle.

### Lähteet

DIN 1988-300. 2012. Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 300: Ermittlung der Rohrdurchmesser. Berlin: Deutsches Institut für Normung

Koivula J. 2014. Mitoitusmenetelmän vaikutus käyttövesiverkoston rakenteeseen ja vedenkulutukseen. Insinööriyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Saatavilla 27. 1. 2015 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201401231642>

Peltonen M. 2012. Rakennuksen käyttövesiverkoston simulointi hydraulisella mallilla. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

SFS-EN 806-3. 2006. Ohjeet kiinteistöjen käyttövesijärjestelmille. Osa 3: Putkimitoitus. Yksinkertaistettu menetelmä.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma. 2007. Osa D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

## 8 Mikrobikasvun riskienarviointi

*Ilkka T. Miettinen, Jaana Kusnetsov, THL, Vesi ja terveys -yksikkö*

*Päivi Meriläinen, SYKE, laboratoriokeskus*

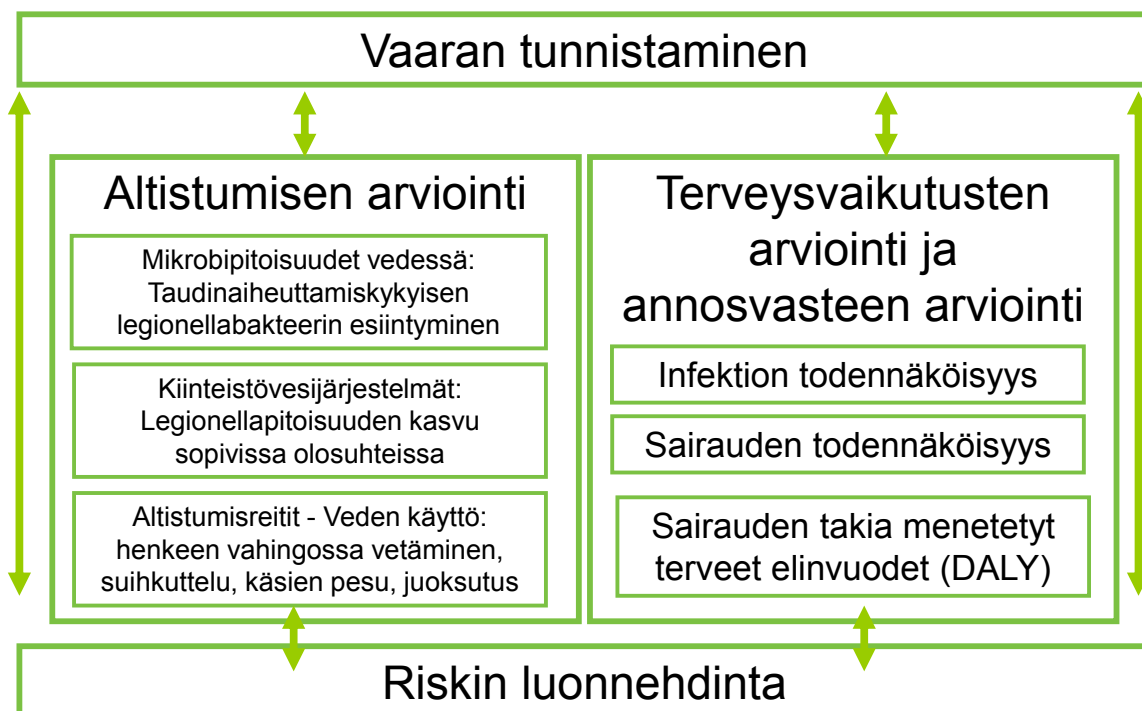
*Aino Pelto-Huikko, SAMK*

Mikrobien kvantitatiivinen eli laskennallinen riskienarviointi (Quantitative microbial risk assessment, QMRA) on Maailman terveysjärjestö WHO:n suosittama tapa arvioida juomaveden mikrobiologisia riskejä (WHO 2004). Sytyttimen kiinteistössä (esitely tarkemmin luvussa 2.1) tehty riskienarviointi perustui mikrobiologisiin ja lämpötila-analyyseihin. Tässä kohteessa riskienarviointi suunnattiin vesijärjestelmien legionellabakteerien aiheuttamiin terveysriskeihin. Legionellabakteerit tulevat luonnosta, mutta ne ovat myös ihmisille tauteja aiheuttavia, erityisesti koska ne pystyvät lisääntymään vesijärjestelmissä haitallisiksi pitoisuuksiksi.

Legionellabakteerit aiheuttavat keuhkokuumeen, jota kutsutaan legioonalaistaudiksi eli legionelloosiksi, tai lievemmän flunssan kaltaisen infektion, Pontiac-kuumeen. Kaikista keuhkokuumeista on arvioitu olevan 2–9 % legionellojen aiheuttamia ja legionelloosi on edelleen merkittävästi alidiagnosoitu sairaus (Mercante & Winchell 2015). Legionellabakteerit ovat yleisiä luonnossa, ja pieninä pitoisuuksina niitä esiintyy myös vesilaitoksilta lähtevässä talousvedessä. Kiinteistövesijärjestelmissä vallitsevat olosuhteet ratkaisevat, millaisiin pitoisuuksiin legionelat kasvavat ja kuinka paljon vedestä muodostuu legionellapitoista aerosolia hengitysvyöhykkeelle veden käytön yhteydessä.

### 8.1 Riskienarviointi

Kvantitatiivinen mikrobiologinen riskienarviointi pyrkii ennustamaan legionellakontaminaatiosta seuraavia vedenkäyttöön liittyviä haitallisia terveysvaikutuksia. Vesivälitteisten infektoriskien arvioimiseen käytettävä QMRA-menetelmä on Maailman terveysjärjestö WHO:n suosittama tapa mikrobiologisten riskien tunnistamiseksi (WHO 2004). Riskienarvioinnin tarkoituksena on tuottaa tietoa legionellariskin todellisesta suuruudesta riskienhallintatoimenpiteiden perustaksi (Kuva 8–1). QMRA-menetelmän katsotaan tavallisesti koostuvan neljästä vaiheesta: vaaran tunnistaminen, annosvasteen arviointi, altistumisen arviointi ja riskin luonnehdinta (Pitkänen ym. 2011).



Kuva 8–1. Mikrobiologisen riskienarvioinnin vaiheet liittyen legionelloihin (Pitkänen ym. 2011).

Tärkein altistumisreitti legionellapitoiselle aerosolille on muun muassa suihkun, käsien pesun ja veden juoksettamisen vuoksi hengitysteitse altistuminen. Todennäköisyys sairastua riippuu muun muassa altistumisen suuruudesta eli legionellan pitoisuudesta vedestä muodostuneessa aerosolissa sekä annosvasteesta eli millä pitoisuudella henkilö saa infektion. Luotettavaa annosvastetta ei kuitenkaan ole voitu määrittää legionelloille, joten laskennallisesti pitävän riskienarvioinnin tekeminen legionellalle ei toistaiseksi ole ollut mahdollista (WHO 2007).

### 8.1.1 Tutkimusjärjestelyt

Teknologiatalo Sytyttimessä tutkimusverkosto tutkittiin säännöllisesti osana riskienarviota. Sytyttimen tutkimusverkosto on kuvattu kappaleessa 2.1. Legionella-analyytit tehtiin yleensä viljelytekniikalla, jolla pystytään havaitsemaan elävät ja kasvukykyiset legionelat. Näytteitä otettiin kolme kertaa yhteensä 24 näytettä vuosina 2011–2014. Lisäksi legionella-DNA-pitoisuuksia tutkittiin näytteistä kerran vuonna 2012 PCR-tekniikalla.

Veden lämpötilamittaukset tehtiin tutkimusverkoston muun näytteenoton yhteydessä. Näytteenottoajankohtia sekä muita vedestä analysoituja muuttujia on kuvattu tarkemmin luvussa 3 Kiinteistön käyttövesiverkoston veden laatu.

### 8.1.2 Veden lämpötila ja legionella-analysien tulokset

Veden lämpötila on tärkein yksittäinen tekijä, jolla on vaikutusta legionellojen kasvuun rakennuksien vesijärjestelmissä. Teknologiatalo Sytyttimessä mitatut lämpimän veden lämpötilat näytteenottohetkillä vaihtelivat 22–70 °C (keskiarvo 48 °C). Vähintään 50 °C:n lämpötiloja mitattiin 44 % näytteissä (n=154). Kylmän talousveden lämpötila vaihteli 6–31 °C, keskiarvon ollessa 19 °C. Tasan tai alle 20 °C lämpötiloja mitattiin 45 %:sta näytteistä (n=218). Nämä näytteet otettiin tavallisesti varhain aamulla ilman juoksutusta ja todennäköisesti niistä mitatut lämpötilat edustivat talon verkostossa kylmää vettä lämpimimmillään ja lämmintä vettä kylmimmillään.

Viljeltäviä legionelloja ei havaittu vesi- tai biofilminäytteistä. PCR-analysillä havaittiin Legionella-suvun DNA:ta osassa kylmän veden putkikeräinten biofilminäytteistä. Nämä legionellojen DNA-analysitulokset eivät kuitenkaan kerro siitä, millainen osuus löydöksistä tuli tutkituissa vesijärjestelmissä elävistä legionellasoluista. Erityisesti viljeltävien legionellojen havaintojen puute ja siitä syystä altistumisriskin vähäisyys vaikutti siten, että ihmisille veden käytöstä aiheutuva legionelloihin liittyvä terveysriski arvioitiin pieneksi tässä kiinteistössä.

Vuosina 2011–2014 lämpimän käyttöveden vuosittaisissa keskiarvolämpötiloissa oli kuitenkin selvä viilenevä suunta 50:stä 43:een °C:een ja vastaavasti kylmän talousveden lämpötiloissa oli lämpenevä suunta 18:sta 22:een °C:een. Kiinteistön pysyminen alhaisen legionelloihin liittyvän sairastumisriskin kiinteistönä edellyttää määräysten mukaisten lämpötilatasojen ylläpitämistä.

### 8.1.3 Riskienarviointi Teknologiatalo Sytyttimen tutkimusverkostolle

Uusien rakennusten osalta on suositeltu, että kylmän talousveden lämpötila ei nousisi yli 20 °C:n, ja määrätty, että lämpimän käyttöveden lämpötila on oltava 55–65 °C (Suomen Rakentamismääräyskokoelma 2007). Näihin lämpötiloihin verrattuna teknologiatalo Sytyttimessä havaittiin myös kylmempää lämmintä käyttövettä ja lämpimämpää kylmää talousvettä. Vesijärjestelmien keskilämpötilat olivat myös vuosittain asteittain siirtyneet legionelloille suotuisampaan suuntaan tänä neljän vuoden mittaisen tarkastelun jaksona.

Pääperiaate on se, että Suomen rakentamismääräyskokoelmassa D1 määrättyjä mainittuja lämpötiloja noudatetaan kiinteistöissä. Jos lämpötilamääräyksiä ei noudateta, muilla mene-



telmillä on vaikea estää legionellojen kasvua ja pitää legionelloihin liittyvää sairastumisriskiä alhaisena. Legionelloihin liittyvän sairastumisriskin pienentämisen vuoksi samanlaiset lämpötilamääräykset ovat voimassa useimmissa Euroopan maissa.

Lämpötilan lisäksi myös vesipisteiden säännöllinen käyttö on tärkeää hyvän veden laadun saavuttamiseksi. Käyttökatkosten eli veden seisomisen aikana legionellabakteerien ja muiden mikrobien kasvun edellytykset ovat paremmat. Tätä katkoksen aikaista muuta mikrobikasvua tutkittiinkin erikseen vuorokauden kestäneen koejakson aikana Teknologiatalo Sytyttimessä.

Vesijärjestelmän mikrobikasvuun vaikuttavat myös muun muassa kiinteistön verkostossa vallitsevat olosuhteet, materiaalit ja aktiiviset torjuntakeinot kuten klooraukset. Lisäksi esimerkiksi lämminvesivaraajaan voidaan asentaa erillinen täydentävä ja sekoittava vesikierto lisäpumpun avulla, jos epäillään varaajan veden sekoittuvan huonosti ja legionellojen hyötyvän vallitsevasta lämpötilaerosta varaajan eri osissa. Materiaalista valmistui tulokortti *Risk assessment of legionella bacteria in buildings*.

## 8.2 Johtopäätökset

Tässä riskienarvioinnissa erityisesti viljelykuntoisten legionellojen havaitsemattomuuden vuoksi veden käytöstä arvioitiin aiheutuvan vain erityisen alhainen riski sairastua legionelloosiin. Tämän hyvän tilanteen ylläpitämiseksi rakennuksessa tulisi edelleen pitää lämmin vesi kuumana ja kylmä vesi kylmänä, määräysten mukaisesti.

Kiinteistöjen vesijärjestelmien riskienarvointiin on valmistunut sosiaali- ja terveysministeriön hankkeessa ohjeistus (Pelto-Huikko & Kaunisto 2015). Tämä mikrobiologinen riskienarvointi täydentää osaltaan kiinteistöjen vesijärjestelmien riskienarvointia mikrobiologisten riskien osalta.

## Lähteet

Mercante J.W., Winchell J.M. 2015. Current and emerging Legionella diagnostics for laboratory and outbreak investigations. *Clinical Microbiology Reviews* 28 (1):95–132.

Pelto-Huikko A., Kaunisto T. 2015. Kiinteistöjen vesijärjestelmien riskienhallinta. Loppuraportti. Satakunnan ammattikorkeakoulu, Vesi-Instituutin julkaisuja 4. Saatavilla <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-633-181-5>

Pitkänen T., Meriläinen P., Miettinen I.T. 2011. Talousvesivälitteisten mikrobiologisten riskien kvantitatiivinen arviointi. Vesitalous 3.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma. 2007. Osa D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

WHO. 2007. Legionella and the Prevention of Legionellosis. World Health Organization. Saatavilla: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/emerging/legionella.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/legionella.pdf)

WHO. 2011. Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization. Saatavilla: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3/en/)

*Sisäympäristö-hankkeeseen liittyvä tulokortti:*

Risk assessment of legionella bacteria in buildings

Saatavilla: <http://rym.fi/results/risk-assessment-of-legionella-bacteria-in-buildings/>

## 9 Yhteenveto

Korkeatasoisinta tutkimusta Suomessa edustavat muun muassa strategisen huippututkimuksen osaamiskeskittymät eli SHOKit. Sisäympäristö-ohjelma on toinen Rakennetun ympäristön (RYM) SHOK-ohjelmista. Sisäympäristö-ohjelmaan alla toimivassa Käyttäjakeskeinen sisäympäristö -työpakettin käyttövesijärjestelmien tutkimuksissa (Potable water systems – quality, safety and saving of water) on keskitytty vesijärjestelmien turvallisuuteen, veden laatuun sekä veden ja energian säästöön. Tehdyillä mittauksilla on pyritty selvittämään veden ja materiaalien välistä vuorovaikutusta sekä energiansäästön ja mitoituksen vaikutusta vedenkulutukseen ja veden laatuun.

Kiinteistön käyttövesiverkoston hallinta siten, että talousveden ja lämpimän käyttöveden laatu säilyy hyvänä, edellyttää hyvää verkostosuunnittelua ja kiinteistövesijärjestelmien muuttuvien käyttötapojen tunnistamista. Seikkoja, joihin on kiinnitettävä huomiota, ovat muun muassa kylmän veden lämpötilan hallinta, paineiskujen minimoiminen ja energiatehokkuuden sekä veden hyvän laadun säilyttämisen yhdistäminen. Ellei tämä yhdistäminen onnistu, vedenkäytön vähentäminen saattaa olla ristiriidassa veden hyvän laadun ylläpitämisen kanssa. Toisaalta kiinteistön veden laadun ylläpitämiseksi on tarkasteltava myös kiinteistökohtaisen vedenkäsittelyn tuomia uusia mahdollisuuksia.

Kiinteistön vesijärjestelmän hydraulinen malli toi esille painetason merkityksen veden kulutuksessa. Paineentasausventtiilin asentamista voidaan pitää merkittävänä vedensäästötökona, mikäli kiinteistön painetaso on korkea. Kiinnostava jatkotutkimuksen kohde on kiinteistön käyttöprofiilin muodostaminen ja mahdollisesti jatkossa mitoitusohjeistuksen kytkeminen käyttöprofiiliin. Käyttöprofiilin yhteydessä tulisi selvittää yksityiskohtaisesti nykyistä pienemmän virtaaman ja vesimäärän vaikutus käyttäjäkokemukseen.

Kiinteistön vesijärjestelmien mitoitusohjeet tulevat kansallisesta lainsäädännöstä, joka on päivittymässä. Energiatehokkaan ajattelun lisäksi myös ympäristösertifiointi luo painetta muuttaa mitoituskäytäntöjä. Eurooppalaiset standardit ovat vaihtoehtoinen tapa vesijärjestelmien mitoittamiseen. Toki niihinkin tarvitaan kansallinen soveltamisstandardi. Tämän tutkimuksen osana tehdyssä opinnäytetyössä havaittiin eroja eurooppalaisten standardien ja kansallisen lainsäädännön mitoituksessa. Mitoitusohjeiden tulisi osaltaan tukea energiansäästöä.

Energiatehokkuusvaatimukset saattavat johtaa pidempiin veden seisontajaksoihin, jos mitoitus ei muuteta. Tämä saattaa lisätä verkoston mikrobikasvua eli biofilmien muodostumista. Jo nykyään joihinkin hanoihin ohjelmoitavat automaattiset juoksutukset voisivat estää tehokkaasti mikrobikasvua lyhentämällä veden seisonta-aikoja.

Uusien kiinteistöjen energiatehokkuusvaatimukset tulevat jatkossa asettamaan reunaehtoja muun muassa kiinteistön käyttöveden lämpötiloille, veden virtaukselle ja verkostossa käytettäville materiaaleille. Nämä muutokset tulevat vaikuttamaan veden- ja energiankulutuksen lisäksi myös veden laatuun. Yksi kiinnostava tutkimuskohde onkin energiatehokkuusvaatimusten vaikutus kiinteistön veden laatuun.

Yksi tärkeimmistä kiinteistövesijärjestelmien turvallisuuteen liittyvistä asioista on se, että säästöjenkin paineessa tehtävät vaatimusmuutokset tulee tehdä hallitusti oikeaan tietoon pohjautuen. Legionellat tulee ottaa myös jatkossa huomioon erityisesti kolmesta syystä: legionellabakteerien aiheuttama riski sairastuttaa on luonteeltaan pysyväluonteinen, kiinteistövesijärjestelmissä oleviin legionelloihin on vaikea vaikuttaa vesilaitokselta lähtevän veden laatua parantamalla ja mahdollisuus sairastua koskee kaikkia kiinteistöjen veden käyttäjiä. Tulevilla muutoksilla ei saa helpottaa legionellabakteerien kasvumahdollisuuksia kiinteistöissä, vaan niissä pitää säilyttää turvallinen veden laadun taso monenkuntoisten asukkaiden asua.

Magneettista vedenkäsittelyä tutkittiin uusilla putkilla. Näiden tutkimusten perusteella voidaan todeta, että magneettisella vedenkäsittelyllä on vaikutuksia veteen ja putkien sisäpintoihin. Tutkimustyötä olisi hyvä jatkaa, jotta saadaan käsitys vaikutuksista eri materiaaleilla, erilaisilla vesillä ja erilaisissa käyttöolosuhteissa. Näihin tutkimuksiin olisi hyvä voida yhdistää myös paineiskukokeita.

Tutkimuksessa esille tulleiden tulosten valossa on helppo todeta, että vesijärjestelmiä tulisi tarkastella poikkitieteellisenä kokonaisuutena. Kun mitoitusohjeita tullaan tarkastelemaan, olisi hyvä huomioida myös mitoitusvirtausten vaikutukset veden laatuun, paineiskujen suuruuteen, kiinteistön painetasoon ja lämpötilojen hallintaan. Pelkällä veden säästämällä voidaan vaikuttaa negatiivisesti veden laatuun esimerkiksi seisonta-aikojen pidentyessä.





Energiansäästön kannalta on tarkoituksenmukaista tarkastella koko vesijärjestelmää ottaen huomioon esimerkiksi materiaalit, veden laadun, paineiskut, lämpötilanhallinnan, energiankulutuksen. Vaikutukset veden kemialliseen ja mikrobiologiseen laatuun voivat vaikuttaa kuluttajan terveyteen.

Kiinteistön vesijärjestelmien mitoitusohjeet tulevat kansallisesta lainsäädännöstä. Sen päivitykseen liittyen selvitettiin vesijärjestelmien mitoitusohjeita eurooppalaisissa standardeissa sekä ympäristö- ja energiamerkkien vaikutusta vesijärjestelmien mitoittamiseen ja vesikalusteisiin. Kansallisen lainsäädännön tulisi osaltaan tukea energiansäästöön liittyvää ohjeistusta nykyistä paremmin.

Tutkimus on osa strategisen osaamisen keskittymän (SHOK) Sisäympäristöohjelman Käyttäjäkeskeinen sisäympäristö -työpakettin vesikokonaisuutta.