

Joonas Pyykkö

# KÄSITTELYN VAIKUTUS VEDEN MA- KUUN SUOMESSA

Opinnäytetyö

Tekniikan alan ammattikorkeakoulututkinto

Biotuotetekniikan koulutus

2024



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Joonas Pyykkö
Työn nimi	Käsittelyn vaikutus veden makuun Suomessa
Toimeksiantaja	
Vuosi	2024
Sivut	46 sivua
Työn ohjaaja(t)	Ritva Käyhkö

## TIIVISTELMÄ

Opinäytetyö suoritettiin itsenäisenä tutkimuksena halusta selvittää, miten vedenpuhdistusprosessit ympäri Suomea vaikuttaa veden makuun. Suomen vedenkäsittely ja juomaveden laatu on korkea, mutta vieraillemalla kaupunkien välillä huomaa, että vesijohtoveden maku vaihtelee. Tutkimus suoritetaan kuudessa valitussa kaupungissa, jotka ovat Kuopio, Lahti, Oulu, Savonlinna, Tornio ja Turku, joissa käytetään erilaisia vedenkäsittely- ja keräysmenetelmiä. Tutkimuksessa tehdään selvitys kaupungeissa käytetyistä käsittelyprosesseista ja kuinka ne vaikuttavat veden makuun. Mitatuilla eroavaisuuksia eri kaupunkien välillä tehdään johtopäätöksiä makueroista. Työn tavoite on löytää syy, miksi vesi maistuu erilaiselle.

Mittaustulokset tehdään paikan päällä suoritettavilla pikatesteillä. Mittaustulokset ovat suuntaa antavia, sillä veden makuun vaikuttavat asiat vaihtelevat päivittäin. Mittauksissa käytettävät tippatestit ja tablettitestit antaa suuntaa antavat arvot. Kaikista kaupungeista otetaan kaksi pistonäytettä ja kaksi ruoka-paikkänäytettä. Näytteistä mitataan pH, GH, KH, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, O<sub>2</sub>, Fe, Cu, SiO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, Cl ja K arvot. Mittatulokset kirjataan ylös ja niitä verrataan toisiinsa. Kirjallisuudesta löytyvää tietoa ihmisen makuaistiin liittyen verrataan arvoihin ja tehdään johtopäätös veden makuun liittyen.

Tutkimuksen teoriaosio käsittelee, mitä veden mausta voi "mitata". Teoriaosio keskittyy kokoamaan, mitkä tekijät vedessä vaikuttaa sen hyvään ja huonoon makuun. Tutkimustulos on, että valituista kaupungeista Torniossa oli paras veden maku, sillä yhdessä kovuuden, liunneen hapen ja klooripitoisuuden tasot tekivät siitä parasta. Kirjallisuus tukee mielipidettä, sillä edellä mainitut ovat muunmuuassa suurimpia veden makuun vaikuttajia.

Makuun liittyvät tulokset ovat mielipidepohjaisia, mutta ne soveltuvat pohjatyöksi laajemmalle vedenlaatu ja maku tutkimukselle, jota voidaan hyödyntää markkinoinnissa. Mittaustulokset ovat hyödynnettävissä myös esimerkiksi putkistojen kuntotutkimuksessa sekä vedenkäsittelyn tutkimuksissa. Opinnäytetyönä tutkimus hyödyttää kohdekaupunkien vesihuollon toimijoita, laadusta vastaavia tahoja ja yleisesti lisäten tietoa Suomen vesijohtovesien laatueroista ja prosessien vaikutuksesta siihen.

**Asiasanat:** vedenkäsittely, vedenlaatu, mittaustulos, näyte, juomavesi

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Joonas Pyykkö
Thesis title	Impact of water treatment on water taste in Finland
Commissioned by	
Time	2024
Pages	46 pages
Supervisor	Ritva Käyhkö

## ABSTRACT

This bachelor's thesis was conducted as an independent study. The objective was to find out how water treatment processes around Finland affect the taste of water. In Finland water treatment and drinking water are of high quality but in different cities water taste varies. The research was done in six cities that were Kuopio, Lahti, Savonlinna, Oulu, Tornio and Turku. These cities have different water treatment and collection methods. The different treatment processes were examined as well as how they affect the water taste. Differences in measurements between the cities were used as a conclusion about taste differences. The aim of this work was to discover why water tastes different.

Measurements were done on the spot with a rapid test. The measurements are indicative since factors that affect water taste change daily. Drop tests and tablet tests used in measurements give approximate results. Two random samples and two food place samples were taken from every city. From these samples pH, GH, KH,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{O}_2$ , Fe, Cu,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{PO}_4$ , Cl and K values were measured. The results were recorded and then compared to each other. Data from literature about human sense of taste was compared to sample data and then a conclusion was drawn about the water taste.

The theory part of the research dealt with what tastes of water can be "measured". The theory section focuses on which factors in water cause good and poor taste. The research result was that out of all chosen cities Tornio had the best water based on the combination of hardness, dissolved oxygen and chlorine content. Literature supports these opinions since among other things the previously mentioned factors are the largest influencers of water taste.

Results based on taste are opinionated, but they can be used as a base for a larger water quality and taste study and in marketing. The measurements can also be used in pipe condition inspections and in water treatment research. This bachelor's thesis benefits the water suppliers of the selected cities, authorities in charge of quality and by generally increasing knowledge about Finnish water quality differences and effects of processing.

**Keywords:** water treatment, water quality, measurement, drinking water

# SISÄLLYS

## SANASTO

1	JOHDANTO .....	7
2	KAUPUNKIEN VESIHUOLTO .....	8
2.1	Kuopion Vesihuolto .....	9
2.2	Lahden Vesihuolto .....	10
2.3	Savonlinnan Vesihuolto .....	11
2.4	Oulun Vesihuolto .....	12
2.5	Tornion Vesihuolto .....	14
2.6	Turun Vesihuolto .....	14
3	KAUPUNKIEN VEDENKÄSITTELY .....	15
3.1	Kuopion vedenkäsittely .....	16
3.2	Lahden vedenkäsittely .....	16
3.3	Savonlinnan Vedenkäsittely .....	17
3.4	Oulun Vedenkäsittely .....	18
3.5	Tornion Vedenkäsittely .....	20
3.6	Turun Vedenkäsittely .....	21
4	VEDEN MAKU .....	22
4.1	Kovuus .....	22
4.2	pH .....	24
4.3	Rauta Fe ja kupari Cu .....	25
4.4	Kloori Cl .....	25
4.5	Liuennut Happi .....	26
4.6	Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .....	27
4.7	Kalium K .....	27
4.8	Nitriitti NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ja nitraatti NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	27
4.9	Fosfaatti PO <sub>4</sub> .....	28
4.10	Piidioksidi SiO <sub>2</sub> .....	28

5	VEDENLAATUTUTKIMUS .....	29
5.1	Mittaukset .....	30
5.2	GH ja KH testit .....	30
5.3	pH testit .....	31
5.4	Fe ja Cu testit.....	32
5.5	NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> ja NO <sub>3</sub> testit.....	33
5.6	SiO <sub>2</sub> ja PO <sub>4</sub> testit .....	33
5.7	Vapaa Cl, O <sub>2</sub> ja K testit .....	34
6	TUTKIMUKSEN TULOKSET .....	35
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	38
8	POHDINTAA.....	40
	LÄHTEET.....	41
	KUVALUETTELO	

## SANASTO

**Vesijohtovesi** Vesi, joka vesijohtoverkoston kautta jaetaan suoraan kuluttajille juoma- ja käyttövedeksi

**Pintavesi** Maanpäällinen vesi, joka virtaa ja varastoituu maan pinnalle esimerkiksi joet ja järvet

**Pohjavesi** Maanalainen vesi, joka sijaitsee sekä virtaa maan pinnan alla huonosti läpäisevien pintojen päällä kuten kallion

**Tekopohjavesi** Vesi, joka valmistetaan pintavedestä prosesseilla, jotka matkivat pohjaveden syntymistä luonnossa

**Raakavesi** Vettä, jota ei ole vielä käsitelty ja se on otettu pintavedestä tai pohjavedestä

**Flokki** Kiintoaine, joka on ollut nesteessä ja se on tehty hiutaleeksi jonkin flokkaus eli hiutaloittamisprosessin kautta

**Kontaminantti** Jokin aine, kemikaali, mikrobi, sieni tai muu eliö, joka ei kuulu luontaisesti juomaveteen, koska se tulee jostain puhdistusprosessin ulkopuolisesta tekijästä

**Makukynnys** Aineen pitoisuus, jossa ihmisen makuaisti kykenee tunnistamaan aineen esiintymisen

# 1 JOHDANTO

Suomen vesijohtovesi on tärkeä osa kaikkien suomalaisten päivittäistä elämää. Sitä käytetään juomana, kasteluvetenä huonekasveille, akvaarioissa kaloilla sekä kaikenlaisissa muissa käyttötarkoituksissa. Silti harva Suomalainen tietää millaisten prosessien kautta vesi heille kulkeutuu ja miksi heidän kaupungissaan vesi maistuu erilaiselle kuin muualla. Vesi tulee hanasta kuten sähkö tulee pistorasiasta.

Kun matkustaa toiselle paikkakunnalle ja juo paikallista hanavettä huomaa, että se saattaa maistua täysin erilaiselle kuin omassa kodissa. Jotkut sanovat, että joidenkin kaupunkien vesi on suorastaan pahaa. Suomen vedenkäsittely on monivaiheinen prosessi ja se vaihtelee kaupunkien välillä. Suomen vesijohtovesi voi olla kolmea erilaista vettä, se voi olla pohjavettä, pintavettä tai teko-pohjavettä.

Opinnäytetyö on tehty kirjoittajan omasta mielenkiinnosta asiaan. Kaupungit on valikoitu opinnäytetyöhön vedentuotannon ja -hankinnan erojen vuoksi. Näistä kaupungeista ainoastaan Savonlinnan kanssa on käyty keskustelua opinnäytetyöstä, muiden opinnäytetyön kaupunkien tiedot perustuvat julkiseen tietoon sekä omiin mittauksiin.

Tämän opinnäytetyön tehtävä on selvittää, mitä vedenpuhdistusprosesseja käytetään ja mikä on veden alkuperä kuudessa Suomen kaupungissa sekä miten nämä prosessit voi vaikuttaa Suomessa juotavan vesijohtoveden maakuun. Työssä vierailaan kuudessa kaupungissa ja kaupungeista otetaan yhteensä neljä näytettä, kaksi pistonäytettä, jotka tulee samasta hanasta ja kaksi ruokavesinäytettä, jotka otetaan paikallisesta samaan vesijohtovesiverkkoon kuuluvasta ruokapaikasta. Ruokapaikat pyysivät, ettei niiden nimeä mainita opinnäytetyössä.

Jokaisesta hanasta otetaan myös erillinen makunäyte, josta kirjaan mielipiteen ja erilaiset huomiot veden maussa. Mittaan arvot ja sitten vertaan omia mielipiteitä vedessä oleviin arvoihin sekä kirjallisuuden arvoihin. Näiden perusteella arvostelen veden laadun sekä maun.

Koska biotuotetekniikka on lähellä prosessitekniikkaa, opinnäytetyö sopii lähes täysin aiheeksi. Aihe on helppo yhdistää koulutusalaan sillä prosessit, joita vesihuolto käyttää talousveden ja vesijohtoveden puhdistamiseen kuuluu soveltaen alan kurssisisältöön.

Lähteet koostuvat muun muassa vesilaitosyhdistyksen, kaupunkien vesihuoltojen ja lääketieteellisten tutkimusten tuloksista. Lisäksi jotkin lähteet ovat prosessi ja lääketieteiden kirjallisuudesta.

## **2 KAUPUNKIEN VESIHUOLTO**

Yleisesti vesihuolto tarkoittaa puhtaan juomaveden valmistusta, veden johtamista verkostossa kuluttajalle, jäteveden johtamista jätevedenpuhdistamolle ja puhdistetun jäteveden johtamista takaisin ympäristöön (Kuntaliitto 2007).

Opinnäytetyössä tarkastellaan, kuinka vesihuolto voi vaikuttaa veden makuun ja miten paikkakunnalta otetut mittaustulokset sopivat paikkakunnan vesihuollon tuloksiin. Tärkeä on mainita, että suurin osa kaupunkien vesihuolloista hoitaa sekä talous- sekä jäteveden, koska Suomessa jätevesiä ei oteta suoraan talousvedeksi tässä opinnäytetyössä ei niitä käsitellä.

Kuten vesihuoltolaissa on kirjoitettu, jokaiselle kunnalle on säädetty vastuu vesihuollon yleisestä kehittämisestä, olkoon se terveyteen, laajennuksiin tai toimintaan liittyvää (Kuntaliitto 2007).

Moni kaupunki on ottanut WHO:n Water Safety Plan (WSP) -periaatteen käyttöön, joka on riskiarviointi kaikkien vedenjakelualueiden vedentuotantoketjun vaiheista vedenhankkijalle ja siitä kuluttajan hanaan.

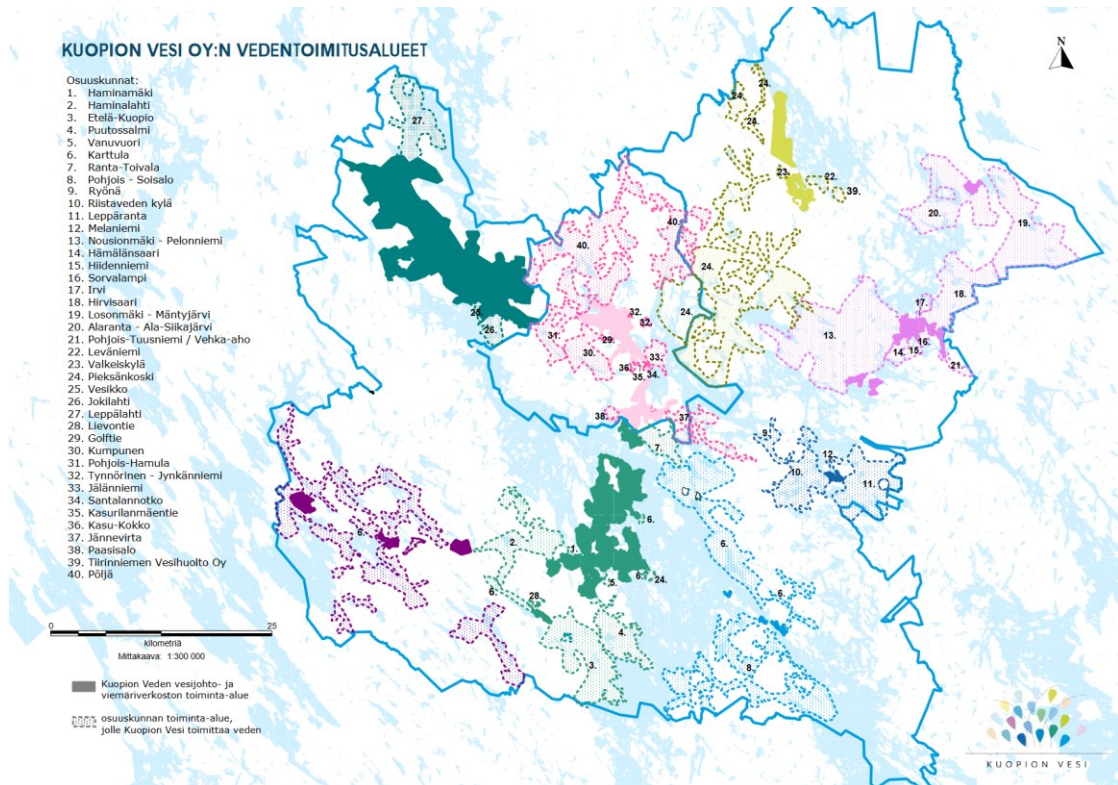
Talousveden laatua koskee sosiaali- ja terveysministeriön asetukset (683/2017), (1352/2015) ja (2/2023). Vedenlaatumuuttujien enimmäisarvot ja perusteet niille löytyy asetuksista, jotka perustuvat syihin kuten korroosion vähentämiseen ja terveysvaikutuksiin.

## 2.1 Kuopion Vesihuolto

Kuopion kaupunkialueen vesi sekä sitä ympäröivien vesiosuuskuntien vesi tuotetaan kahdella päävedenottamalla. Kuopion vesijohtovesi pääosin on tekopohjavettä ja Kuopion veden tuotantoprosessi on rantaimetytysprosessi. Juankoski, Karttula, Maaningalla, Melalahdessa ja Nilsiässä juomavesi on pohjavettä, joka tuotetaan paikallisilla vedenottamoilla. Siilinjärven kirkonkylä saa vettä kahdelta pohjavedenottamolta ja Vuorela-Toivala yhdeltä. (Kuopion Vesi 2023.)

Kuopion Vesi Oy:llä on omat toiminta-alueet, joille se toimittaa Kuopiossa vettä. Vedenhuollolla täytyy olla terveydensuojeluviranomainen ja siinä roolissa Kuopiossa toimii kaupungin ympäristöterveydenhuolto. Lisäksi Kuopion veden riskien arviointi pohjautuu WHO:n WSP-periaatteeseen ja WSP:n riskien arviointi hyväksyttiin vuoden 2020–2021 vaihteessa. (Kuopion Vesi 2023.)

Vedenlaadun valvonta perustuu sosiaali- ja terveysministeriön asetuksiin (1352/2015) tai (401/2001). Kuopion Vesi Oy:llä tehdään tarkastuksia, jotka perustuvat valvontasuunnitelmaan, joka on ympäristöterveydenhuollon laatima toteutettavaksi. Tarkastuksissa selvitetään vesinäytteiden tulokset, henkilöstön talousvesihygieniseen osaaminen, vedenottamoiden ja tilojen kunto, varautuminen erityistilanteisiin sekä kemikaalien käyttö ja varastointi. (Kuopio s.a.)

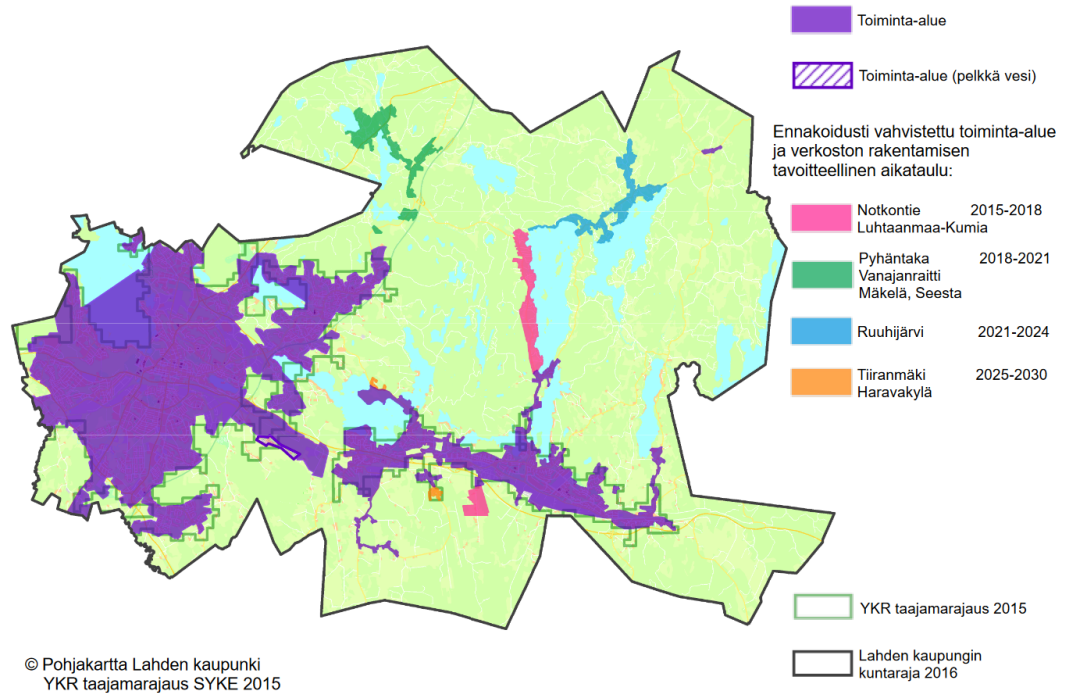


Kuva 1. Vedentoimitusalueet 2023 Kuopio (Kuopion Vesi 2023)

## 2.2 Lahden Vesihuolto

Lahden kaupungin vesihuoltopalvelut ovat Lahti Aqua Oy:n tuottamia. Lahti Aqua Oy tuottaa pohjavettä Hollolaan ja Lahteen Salpausselän harjumuodostuman kautta. (Lahti Aqua 2016a.) Lahdessa on poikkeuksellisen kirkas pohjavesi verrattuna muihin Suomen kaupunkeihin ja siksi Sosiaali- ja terveysministeriön antamat laatuvaatimukset (1352/2015) on helppo täyttää. Lahdessa terveysturvallinen valvoo veden laatua monipuolisen tarkkailuohjelman tulosten perusteella. Laatutestit tehdään ottamalla näytteet pohjavedestä, vedenotamoilta, vesijohtoverkosta ja kiinteistöjen hanoista. (Lahti Aqua 2016b.)

Lahti Aqua kuuluu myös WHO:n WSP-periaatteen käyttäjiin. Terveysturvallinen hyväksyi Lahti Aqua Oy:n WSP riskiarvioinnin vuonna 2018. (Lahti Aqua 2016b.)

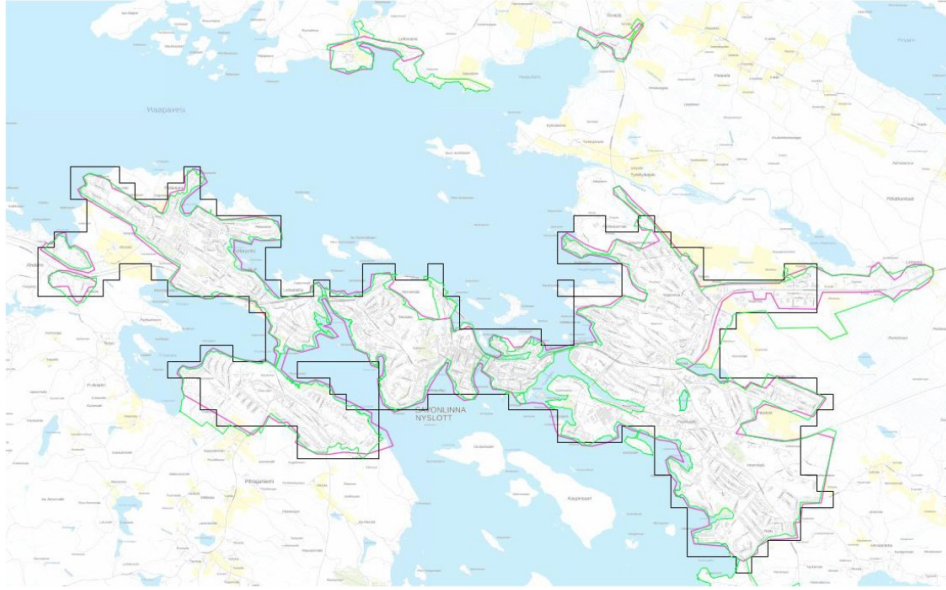


Kuva 2. Lahti Aqua Lahden Toiminta-alue (Lahti Aqua s.a)

### 2.3 Savonlinnan Vesihuolto

Savonlinnan Vesi on Savonlinnan kaupungin liikelaitos, joka hoitaa vesihuoltoverkostojen rakentamisen ja ylläpidon. Savonlinnan Vesi hoitaa talousveden Savonlinnaan, Punkaharjulle ja Savonrannan alueelle. Vuonna 2023 Savonlinnan alueella toimi 8 talousvedentuotantolaitosta. (Savonlinnan Vesi 2024a, 7.) Savonlinnan vesihuoltoa koskee vesihuoltolain tavoitteet ja niiden toteutus. Kehitystyö tapahtuu Savonlinnan alueella maa- ja metsätalousministeriön kanssa yhteistyöllä perustuen alan toimijoiden kanssa valmisteltuun vesihuoltouudistuksen ohjelmaan. (Savonlinnan vesi 2024b, 7.) Savonlinna kuuluu myös WHO:n WSP-periaatteen käyttäjiin ja terveystieteellinen hyväksyi riskiarvioinnin 30.12.2000 (Savonlinna 2021).

Keskustaajamalla 60 % talousvedestä tuotettiin Saimaan pintavedestä Vääräsaaren pintavesilaitoksella ja noin 40 % oli pohjavettä Kuhasalmen ja Lähteen pohjavedenottamolta. (Savonlinnan Vesi 2024a, 7.)



Kuva 3. Savonlinnan Veden toiminta-alue Savonlinna (Savonlinnan Vesi 2024a, 46)

Punkaharjulla vesi tulee kahdelta vedenottamolta Kouluniementiellä ja Harjutieltä. Punkaharjun Harjutieltä tuleva vesi on pohjavettä ja se kerätään kuilukaivomenetelmällä. Kouluniementien pohjavesi tulee kuilukaivosta sekä siiviläputkikaivosta. (Savonlinnan Vesi 2024a, 7.)

Savonranta on myös pohjavesialue, jossa on kaksi pohjavedenottamoa ja siellä vesi otetaan kuilukaivolla sekä siiviläputkikaivolla. Nämä pohjavedenotamat ovat noin kilometrin päässä toisistaan ja molemmat pumpaavat samaan paineputkeen. (Savonlinnan Vesi 2024a, 7.)

## 2.4 Oulun Vesihuolto

Oulussa vedentoimittajana toimii kunnallinen liikelaitos nimeltä Oulun Vesi. Kanta-Oulun vesi tulee Hintan ja Kurkelanrannan vesilaitoksilta, jotka ottavat vettä Oulujoesta. Kurkelanrannan vedenpuhdistamo lisää Hangaskankaalta pieniä määriä pohjavettä. Oulun talousvesi Kanta-Oulun alueella on Pintavettä ja sitä pumpataan Oulujoesta n. 28 122 m<sup>3</sup> vuorokaudessa. (Oulun Vesi 2023a.) Oulussa on myös Taskilan, Saviaron, Onkammon ja Kurikan vedenkäsittelylaitokset, joissa on omat käsittelyprosessit.

Hintan vedenkäsittelylaitosta suunnitellaan uusittavaksi. Alustava suunnitelma on tehty jo vuonna 2019, koska Oulun veden kulutuksen on arvioitu, kasvavan

laitoksille liian suureksi vuoteen 2050 mennessä. (Oulun kaupunki s.a.) Tämänhetkisen tilanteen mukaan Kurkelanrannan vesilaitosta ei voida laajentaa sijainnin vuoksi (Oulun Vesi s.a).

Oulun Vedellä on oma laboratorio Hintan vedenpuhdistamolla, jossa tutkitaan talousveden laatua verkostossa, raakavesien vedenlaatua sekä puhdistusprosessin veden laatua. Laboratorio suorittaa vuosittain noin 20 000 vesianalyysiä. (Oulun Vesi 2023a.)

Oulun Vettä koskee laadunvalvonta, joka ovat sosiaali- ja terveysministeriön mukainen. Asetukset koskevat talousveden laatuvaatimuksia, tavoitteita sekä desinfiointia. Kuten Kuopiossa ja Lahdessa veden terveydellisyyteen liittyvistä syistä sitä koskee säännöllinen valvonta, riskien arviointi ja hallinta. (Oulun Vesi 2023a.)



Kuva 4. Oulun Veden Toiminta-alue (Oulun Vesi 2024)

## **2.5 Tornion Vesihuolto**

Tornion talousvedestä noin 98,1 % tulee Meri-Lapin Vesi Oy:ltä ja Tornion Vesi Oy ostaa sitä itselleen käyttöön. Tornion Vesi Oy tuottaa Pahkamaan pohjavesilaitoksella loput vedentarpeesta. Tarpeen tullessa Tornion Vesi Oy myös ostaa Outokumpu Oy:ltä sopimuksen mukaan talousvettä. (Tornion Vesi 2017a.) Tornion Vesi omistaa oman laboratorion, jossa seurataan kaupungin vedenlaatua ja myös tutkii yksityisien asiakkaiden vesinäytteitä (Tornion Vesi 2018).

Tornion talousvesi kaupungin liikelaitoksen tuottamaa pintavettä ja pohjavettä, kunnes pintaveden käyttö lopetettiin vuonna 1997, siitä lähtien suurin osa vedestä ostettiin Meri-Lapin Vesi Oy:ltä, joka tuottaa pohjavettä Meri-Lapin alueella. Vuoteen 2004 kaupungin liikelaitoksena toiminut vesihuoltolaitos yhtiöitettiin ja aloitti virallisesti toiminnan 2005 vuonna nimellä Tornion Vesi Oy. (Tornion Vesi 2017b.)

Tornion Vesi Oy:tä koskee Sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetus (1352/2015). Kuten Kuopiossa (Luku 2.1) talousvesiasetus määrittelee standardin mukaisen riskienhallinnan Tornion Vesi Oy:lle. Lisäksi Torniossa on WHO:n WSP-periaate käytössä riskienarvioinnissa. Terveysviranomaisen hyväksyi Tornion Vesi Oy:n riskienarvioinnin 10.4.2018. (Tornion Vesi 2018.)

## **2.6 Turun Vesihuolto**

Turun Vesihuolto Oy on Turun kaupungin omistama yhtiö, joka saa talousvedensä Turun Seudun Vesi Oy nimiseltä tukkuvesiyhtiöltä. Turun Seudun Vesi Oy kuuluu yhdeksälle Turun seudun kunnalle, joihin kuuluu Kaarina, Lieto, Masku, Naantali, Nousiainen, Paimio, Parainen, Raisio ja Turku. (Turun Seudun Vesi 2020.)

Turun Seudun Vesi on Suomen toiseksi suurin vedentuottaja ja yhtiö tuottaa luonnollisin keinoin tekopohjavettä. Tekopohjavedentuotanto prosessi on hyvin samanlainen kuin Kuopiossa. (Turun Seudun Vesi 2020.)

Turun juomavesi on sosiaali- ja terveysministeriön asetusten mukaisesti erinomaista ja vesihuoltolain pykälien (681/2014) ja (2539/2017) vaatimuksien perusteella tuotettua. Vuonna 2015 Turun Seudun Vesi Oy teki WSP- periaatetta käyttäen riskikartoituksen. (Turun Seudun Vesi 2019.)

Turun vesihuollolla on paljon historiaa, koska kuntalaisten vastahakoisuus ja vedenhankinnan muutokset kaupungin kasvaessa vaikuttivat siihen. Vasta 1900 luvulla saatiin toimiva kaupunginlaajuinen vesijohtojärjestelmä käyttöön. Turussa alun perin tuotettiin pohjavettä, mutta laajenevan kaupungin myötä vedentarve kasvoi ja Kaarningon pohjavesivaranto ei enää riittänyt. Turun kaupunki alkoi vuonna 1923 käyttämään Aurajoesta kemiallisesti suodattamalla pintavettä kaupungin vedentarpeeseen. (Turun Vesihuolto 2023a.)

Turun vesihuolto sai huonon maineen sota-ajasta alkaen jopa nykypäivään asti. Suurin syy oli pintaveden käyttö, sota-ajan tuoma vesipula ja laatuongelmat. Pitkään Turun talousvesi kärsi myös ”kevään hajusta” kun keväisin isot sulamisvesimassat sekoittivat Aurajokea ja veden ammoniumtyppi oli korkeimmillaan. (Turun Vesihuolto 2023a.)

Katastrofikesä 1999 johti isoihin muutoksiin Turussa, koska vesivarannot ehtyivät ja levät pilasivat raakaveden laadun, hajun ja maun. Turku alkoi katsomaan vedenlaatuaan ja päätti, että täytyy aloittaa vaihtoehtoisen veden tuotanto. Vuonna 2011 valmistui tekopohjavesilaitos Virttaankankaalle ja sen käyttöönoton myötä pintaveden juominen jäi historiaan. (Turun Vesihuolto 2023a.)

### **3 KAUPUNKIEN VEDENKÄSITTELY**

Kappaleessa 3 kuvataan kuuden eri kaupungin nykyistä vedenkäsittelyä. Muiden kaupunkien vedenkäsittelytiedot perustuvat julkisista lähteistä saatuihin tietoihin, kuten kaupungin verkkosivuihin, opinnäytetöihin ja vuosi- sekä toimintakertomuksiin. Vain Savonlinnan vesien käsittelystä on kysytty lisäaineistoa vesilaitoksen käyttöinsinööriltä ja häneltä on saatu lupa tietojen käyttämiseen opinnäytetyössä.

### **3.1 Kuopion vedenkäsittely**

Opinnäytetyön tutkimukseen kuuluvat näytteet on otettu keskeisen kaupunki-alueen vedenjakelualueelta eli näytteet ovat tekopohjavettä.

Vedenkäsittelyprosessi on rantaimettyä tekopohjavettä, joka valmistetaan imeyttämällä pintavesi harjun läpi. Tämä vesi ei ole täysin tekopohjavettä, koska sadevedestä muodostuu jonkin verran pohjavettä tekopohjaveden sekaan. Pintavedessä on aina humusta sekä mikrobeja, jotka voi aiheuttaa juotuna tauteja. (Kuopion Vesi 2023.)

Kuopion Veden rantaimetyysprosessissa vesi imeytyy maaperän läpi, johon epäpuhtaudet, kuten humus ja mikrobit suodattuu. Prosessi on käytännössä sama kuin normaalin pohjaveden syntymisessä, mutta se on nopeampaa. Suodatuksen aikana maaperästä irtoaa rautaa ja mangaania, jotka sittemmin poistetaan siitä päävedenottamoilla. Vesi desinfioidaan, sillä siihen jäävät mikrobit voivat alkaa kasvamaan putkistoissa, kun sitä pumpataan kaukaisemille alueille. Desinfointiprosessit ovat klooraus ja UV-valo desinfiointi. (Kuopion Vesi 2023.)

### **3.2 Lahden vedenkäsittely**

Lahdessa on kymmenen vedenottamoita, jotka ottavat pohjavettä Salpausselän harjumuodostelmasta. Lahden alueella muodostuu noin 30 000 m<sup>3</sup> pohjavettä vuorokaudessa, joista 25 000 m<sup>3</sup> virtaa myöhemmin vesijohtoverkossa puhdistettuna. Salpausselän soraharjut suodattaa sade- ja sulamisvettä niin tehokkaasti, että suodos on jo juomakelpoista. Kuitenkin vesi käsitellään UV-valodesinfioinnilla ja klooriamiinilla. Kuten kaikissa vedenkäsittelylaitoksissa kloori on sidotussa muodossa, ettei se ala reagoimaan muiden kemikaalien kanssa. Veden pH-arvo on tärkeää putkistojen kuntoa ajatellen ja siksi pH:ta Lahdessa säädetään natronliperillä. Poikkeuksellisesti Jalkarannan vedenottamolla säätö tapahtuu ilmastuksella sekä kalkkikivisuodatuksella, joka on veden suodatusprosessi, missä vesi kulkeutuu noin neljän metrin paksuisen kalkkikivirouheen läpi. (Lahti Aqua 2018.)

Launeessa on historiallinen vedenottamo, joka otettiin uudelleenkäyttöön marraskuussa 2017 ja siellä on käytössä muista Lahden vedenottamoista poikkeava aktiivihiihisiuodatus, jonka tehtävä on poistaa torjunta-aineiden jäämiä. Lisäksi Launeessa käytetään UV-desinfiointia sekä kemiallista desinfiointia natriumhypokloriittilla ja ammoniumkloridilla. Launeessa käytetään natronlipeää pH:n säätämiseen. (Lahti Aqua 2017.)

### **3.3 Savonlinnan Vedenkäsittely**

Savonlinnassa Vääräsaarenpintavesilaitos tuottaa 60% keskustaajaman talousvedestä. Kuhasalmen ja Lähteelän pohjavesilaitokset tuottaa loput 40%.

Vääräsaarenpintavesilaitoksella prosessi alkaa vedenkeräyksellä, jossa vesi kulkee sihdin läpi, minkä reikäkoko on 8 millimetriä. Sihdin tehtävä on kerätä sihtiä suuremmat kiintoaineet veden seasta pois. Sitten vesi kulkeutuu pikasekoitustorniin, jossa prosessiin lisättävät kemikaalit sekoitetaan veteen. Salauksen takia kemikaaleja ei kerrota, mutta kemikaalien tehtävä on mikroflokkata kiintoainetta. (Hyvönen 2024.)

Vesi johdetaan flokkausaltaisiin, jossa mikroflokkit yhdistyvät suuremmaksi flokkiksi. Siitä vesi johdetaan flotaatio-/hiekkasuodatusaltaaseen, missä ilmalla flokki nostetaan pintaa, josta sitä kaavitaan pois ja sitten se hiekkasuodatetaan. Hiekkasuodatuksessa jäänyt kiintoaine suodatetaan mekaanisesti hiekkamassaan. (Hyvönen 2024.)

Tämän jälkeen vesi johdetaan aktiivihiihisiuodatukseseen, joka toimii mekaanisena, kemiallisena ja biologisena suodattimena. Hajua ja makua aiheuttavat hiiliketjut sekä epäpuhtaudet suodattuvat tähän suodattimeen.

Vesi pumpataan desinfiointiin, missä desinfiointialtaassa veteen jääneet mikrobit tuhoetaan UV-valolla ja natriumhypokloriittilla. Sitten vesi pumpataan alkalointialtaaseen, missä käytetään vesilaitoskalkkia ja siitä altaasta vesi pumpataan ylävesisäiliöihin ja vesitorniin. (Hyvönen 2024.)

Kuhasalmen pohjavesilaitoksella vesi kerätään maasta raakavesikaivolla. Vesi johdetaan ilmastukseen ja kalkkikivialkalointiin. Sitten vesi johdetaan UV-desinfiointiin ja siitä sitten suoraan verkostoon. (Hyvönen 2024.)

Lähteelän pohjavesilaitoksen prosessissa vesi otetaan maan alta raakavesikaivolla. Vesi johdetaan kalkkimaidon sekoitukseen, jossa käytetään vesilaitoskalkkia. Kalkin lisäämisen tehtävä on veden alkalointi. Sitten vesi pumpataan UV-desinfointiin ja siitä suoraan verkostoon. (Hyvönen 2024.)

Punkaharjulla on erilaiset vedenkäsittelyprosessit molemmille vedenottamoille. Harjutien vedenottamolla vesi alkaloidaan natronlipeällä. Kouluniementiellä vesi desinfioidaan aktiivihilisuodatuksella. Myöhemmin sille tehdään natronlipeällä alkalointi. (Savonlinnan Vesi 2024a, 7.)

Savonrannalla pohjavesi alkalointisuodatetaan. Suodattimessa on kalsiumkarbonaattimassaa, jonka läpi vesi pumpataan. Tämän jälkeen vesi UV-desinfioidaan ja käsittelyn jälkeen vesi on verkostoon sopivaa talousvettä. (Savonlinnan Vesi 2024a, 7.)

### **3.4 Oulun Vedenkäsittely**

Koska pintavesi on epäpuhtaampaa sitä, täytyy käsitellä enemmän ja siksi prosessiin kuuluu reilusti enemmän vaiheita verrattuna pohjavedenkäsittelyyn. Tutkimuksen mittaustulokset on otettu Kanta-Oulusta Kurkelanrannan vedenpuhdistamon alueelta, joten tämän laitoksen vedenkäsittely on tärkein opinnäytetyön kannalta.

Kurkelanrannan vedenpuhdistamo on flotaatiosuodatinlaitos (Kuva 7). Laitoksen puhdistusprosessissa vesi kerätään painovoimalla välppäkaivoon, jossa välppään tarttuu 5 millimetrin kokoiset ja isommat kiintoaineet sekä siihen lisätään ferrisulfaattia, joka toimii saostimena raakavedelle. Sitten lisätään kalkkimaito raakaveteen, että veden pH saadaan saostusreaktiolle sopivaksi. (Kurkinen 2015, 13.) Saostusreaktio tapahtuu pikasekoitustornissa, jossa ferriittisulfaattiveden ja kalkkimaitoveden yhdistyessä syntyy mikroflokkeja, jotka johdetaan 2–3 minuutin jälkeen flokkausaltaille. Flokkausaltaiissa mikroflokkit yhdistyy isommiksi helpommin poistettaviksi kimpuiksi. (Kurkinen 2015, 14.)

Flotaatioselkeytsaltaassa ilmakuplat yhdistää ja nostaa kimput helposti poistettavaksi lietteeksi, joka kaavitaan pois. Puhdistettu vesi johdetaan hiekkasuodatukseen, missä massa mekaanisesti irtoaa vedestä sekä pH-arvo tasoittuu suodattimessa olevan kalkkikivirouheen myötä. (Kurkinen 2015, 15.)

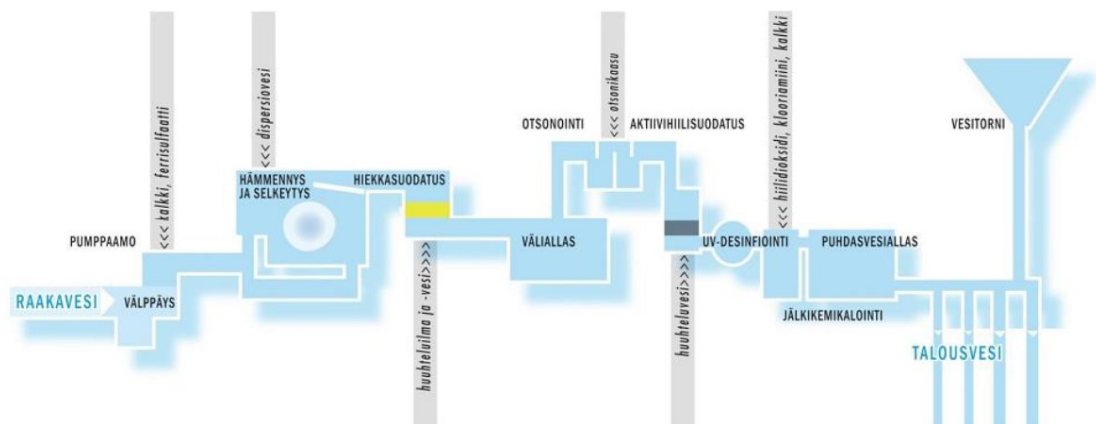
Välialtaan kautta vesi syötetään otsonointiin, jonka tehtävä on poistaa makuun vaikuttavia aineita ja mikrobeja. Lisäksi otsoni desinfioi virukset ja bakteerit pois veden seasta. Toinen hyöty otsonoinnilla on hiiliketjujen pilkkominen sen jälkeistä aktiivihiihliosuodatusta varten. (Kurkinen 2015, 15.)

Aktiivihiihliosuodatuksessa, joka on mekaaninen, biologinen ja kemiallinen suodatusprosessi vesi pumpataan aktiivihiihliipatjaan, johon jää kiinni hajua ja makua aiheuttavia hiiliketjuja ja epäpuhtauksia. Bakteerit, jotka elää aktiivihiihliipatjassa, käyttävät ravinnokseen otsonoinnissa syntyneitä pilkottuja hiiliketjuja. Koska aktiivihiihliosuodatuksesta voi jäädä mikrobeja vesi täytyy vielä desinfioida. (Kurkinen 2015, 16.)

Tässä vaiheessa prosessi alkaa vastaamaan pohjaveden käsittelyä. Pohjavedenkäsittelystä tuttu UV-desinfiointi ja klooraus tapahtuu aktiivihiihliosuodatuksen jälkeen (Kurkinen 2015, 16). UV-valolla mikrobit ja taudinaiheuttajat poistetaan vedestä ja sitten lisätään natriumhypokloriittia, jonka tehtävä on varmistaa mikrobien tuhoaminen varmasti. Natriumhypokloriitti jättää jäämiä tässä prosessissa ja siksi ne sidotaan kloramiineiksi ammoniumkloridilla, koska veden täytyy pysyä putkistossa vielä puhtaana. Tästä myös usein johtuu kloorin maku vedessä. (Kurkinen 2015, 16.)

Kuten kaikissa laitoksissa vesi pitää alkaloida eli saada muotoon, jossa se ei aiheuta korroosiota putkistossa. Alkalointi kasvattaa veden kovuutta ja pH-arvoa. Prosessissa käytetään usein kalkkia ja hiilidioksidia, mutta voidaan myös käyttää natronlipeää kuten Savonlinnan pohjavesilaitoksilla. (Kurkinen 2015, 16–17.) Kalkki nostaa pH-arvon lukemaan 8,3–8,5 (Kurkinen 2015, 17).

Vesi johdetaan puhtasvesialtaaseen ja sitten se pumpataan talousvetenä kulluttajille tai sitten varastoidaan vesitorniin myöhempää käyttöä varten.



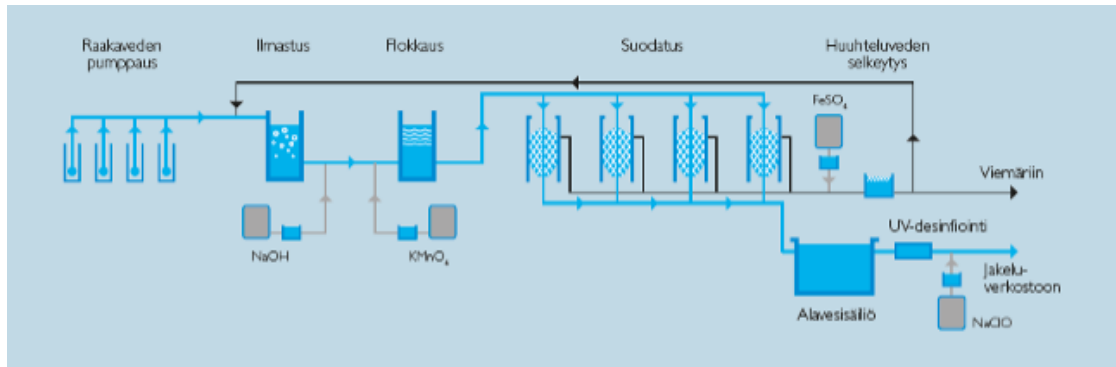
Kuva 5. Kurkelanrannan vedenpuhdistusprosessi (Kurkinen 2015, 12)

### 3.5 Tornion Vedenkäsittely

Pohjavettä yleensä ei tarvitse käsitellä paljoa kuten, Lahden tapauksessa. Torniossa pohjaveteen maaperän tuoma mangaani- ja rautapitoisuus kasvattavat veden puhdistuksen tarvetta.

Meri-Lapin Vesi Oy:n ottaa raakavettä maaperästä ja se johdetaan ilmastustaaseen. Ilmastuksen jälkeen veteen lisätään lipeää ja kaliumpermanganaattia. Lipeän tehtävä on nostaa pH-arvoa ja kaliumpermanganaatin tehtävä on toimia hapettimena. Näiden kemikaalien lisääminen aiheuttaa raakavedessä olevan mangaanin ja raudan saostumisen. (Meri-Lapin Vesi 2021.)

Raakavesi sitten johdetaan flokkaukseen kuvan mukaisesti (Kuva 8), jossa saostunut mikroflokki kerääntyy suuremmaksi flokiksi. Sitten vesi johdetaan hiekkasuodatukseen, jossa tapahtuu mekaaninen suodatus. Suodatuksessa syntävä pesuvesi saostetaan ferrisulfaatilla ja sitten käsitellään lamelliselkeyttimillä, josta se kiertää uudestaan ilmastukseen. Suodatettu vesi johdetaan alavesisäiliöön, jossa se desinfioidaan UV-valolla ja natriumhypokloriitilla. (Meri-Lapin Vesi 2021.) Tämän jälkeen vesi pumpataan talousvetenä jakeluverkoostoon kuluttajille.



Kuva 6. Meri-Lapin Vedentuotanto prosessi (Meri-Lapin Vesi 2021)

### 3.6 Turun Vedenkäsittely

Opinnäytetyössä mittaustulokset on otettu Turun Kupittaa alueelta, joten se on käsittelyn tarkastelualue.

Turun Seudun Vesi tuottaa Kokemäenjoesta tekopohjavettä. Prosessi alkaa siitä, että raakavesi pumpataan Kokemäenjoesta Huittisissa sijaitsevaan esikäsittelylaitokseen kiintoaineenpoistoa varten. (Turun Seudun Vesi s.a.) Kiintoaineen poisto koostuu siivilöinnistä, saostuksesta sekä suodatuksesta, nämä prosessit poistavat noin 99 % taudinaiheuttajista (Turun Seudun Vesi s.a.).

Esikäsitelty vesi pumpataan noin 30 kilometrin päähän Virttaankankaan harjulle, joka sijaitsee osittain kallioperässä. Virttaankankaalla on imeytysaltaita, joista vesi imeytyy maaperään ja vajoaa alaspäin harjussa olevaan pohjavesiesiintymään. Pohjaveden virtausreitit kallion pinnassa ja maaperässä on tarkkaan tutkittuja ja tiedetään virtausreittien kulkeutuvan tarkalleen tuotantokai-voja kohti. (Turun Seudun Vesi 2020b.).

Vesi virtaa ja suodattuu pohjavesimuodostumassa noin 3–4 kuukauden ajan ja kulkeutuu kolmeatoista tuotantokai-voa kohti, joista se sitten pumpataan ylös. Veden nosto tapahtuu samalla tavalla kuin pohjavedenotto-amoilla, mutta Virttaankankaan laadukkaan maaperän takia sille ei tarvitse tehdä raudan poistoa, eikä pH-arvon säätämistä. Vesi on tässä vaiheessa niin puhdasta, ettei sille tarvitse tehdä mitään käsittelyä. (Turun Seudun Vesi 2020b.)

Virttaankankaalta vesi painovoimaisesti johdetaan Saramäen kalliosäiliölle noin 1,2 metristä vesijohtoa pitkin. Saramäen kalliosäiliössä on aina noin päivän kulutuksen verran vettä ja siellä myös tehdään desinfiointi vedelle. UV- ja klooriamiinidesinfiointin jälkeen juomavesi on valmista ja se pumpataan Naantaliin, Turkuun ja Raisioon talousvetenä. (Turun Seudun Vesi 2020b.)

## **4 VEDEN MAKU**

Veden maku voi johtua monesta tekijästä ja niihin tekijöihin vaikuttaa mistä vesi tulee, vedenkäsittelyprosessit, putkistot, vuodenaika ja sää. Lisäksi talousveden maku riippuu myös tekijöistä, jotka ovat mielipidekohtaisia.

Makukynnys on yksi tärkeimmistä määreistä. Makukynnys on yksilökohtainen ja sitä kyseenalaistetaan usein, kuitenkin keskiarvoja tehden saa suuntaa-antavia arvoja makukynnyksen mittaamiseksi.

Sosiaali- ja terveysministeriön asettamat vedenlaatuvaatimukset asettavat Suomen talousvedelle tarkat määreet ja siksi talousvesi on kaupunkien välillä hyvin samanlaista (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta 3.1.2023/2).

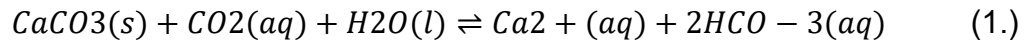
Joissain pitoisuuksissa on kuitenkin eroja, jotka saa veden maistumaan paremmalle tai huonommalle.

### **4.1 Kovuus**

Veden kovuus mitataan kokonaiskovuutena. Kovuus voidaan ilmaista monella tavalla, kuten milligrammoina litrassa, saksalaisina tai ranskalaisina kovuusasteina. Kokonaiskovuus GH perustuu pääosin metallien magnesiumin ( $Mg^{2+}$ ) ja kalsiumin ( $Ca^{2+}$ ) kationeihin. Vedessä on myös karbonaatteja, bikarbonaatteja ja sulfideja. (LibreTexts Chemistry 2013.) Magnesiumin ja kalsiumin lisäksi kovuuteen vaikuttaa kalium ja natrium mutta vähemmissä määrin.

Veden kovuutta mitataan myös karbonaattikovuutena eli KH. Karbonaattikovuus koostuu karbonaateista ( $CO_3^{2-}$ ) ja bikarbonaateista ( $HCO_3^-$ ) eli anio-neista, näiden määrä vaikuttaa liuoksen puskurointikykyyn eli alkaliteettiin.

Karbonaattikovuutta kutsutaan myös väliaikaiseksi kovuudeksi, koska veden kuumentaminen saa anionit yhdistymään vedessä oleviin kationeihin. Reaktiossa syntyy magnesiumista ja kalsiumista epäorgaaniset suolat  $MgCO_3$  ja  $CaCO_3$ . Tämä reaktio poistaa karbonaattikovuuden eli puskurointikyvyn, jos anioneita on vedessä vähemmän kuin kationeita. (LibreTexts Chemistry 2013.)



On myös olemassa pysyvä veden kovuus, joka tarkoittaa vettä, jossa on korkea konsentraatio anioneita, kuten sulfaattia ( $SO_4^{2-}$ ). Tällaisessa vedessä kovuus ei yksinkertaisesti poistu keittämällä. (LibreTexts Chemistry 2013.) Natriumkarbonaatilla voi tällaista kovuutta pehmentää, joka myös vaikuttaa karbonaattikovuuteen (Cornell Center for Materials Research 2015).

Pohjavesi on usein Suomessa pehmeää sillä kallioperä sisältää happamia kivilajeja, jotka vaikuttavat kovuustekijöihin vedessä (Vesi.fi 2021.).

Mielipide kovuuden vaikutukseen maussa riippuu täysin kulttuurien ja valtioiden tottumuksista. Korkean kovuuden ja matalan kovuuden vedet kuitenkin maistetaan erilaisina. Korkea kokonaiskovuus esiintyy mineraalisena, raikkaana ja luonnollisena tuntumana ihmisten suussa. Matala kokonaiskovuus taas on pehmeää, puhdasta ja tasamakuista. (Olympian Water Testing 2023.)

Muuntokerroin		
1 mmol/l = 5.61 °dH		
$\frac{\text{mmol/l}}{0,178} = \text{°dH}$		
mmol/l	°dH	Kovuuden luokitus
0,1	0,56	Erittäin pehmeä 0 - 2,1 °dH
0,3	1,68	
0,5	2,80	Pehmeä 2,1 - 4,9 °dH
0,6	3,36	
0,7	3,92	
0,8	4,48	
0,9	5,04	Keskikova 4,9 - 9,8 °dH
1,0	5,60	
1,2	6,72	
1,4	7,84	
1,6	8,96	
1,8	10,1	Kova 9,8 - 21 °dH
2,0	11,2	

Meidän vesi →

Kuva 7. Vaasan Vesi kovuus (Vaasan Vesi s.a.)

Veden kovuuden nimeäminen vaihtelee mutta yleisesti se jaetaan erittäin pehmeään, pehmeään, keskikovaan ja kovaan (kuva 9).

Kokonaiskovuus johtuu pääosin magnesiumista sekä kalsiumista, näillä molemmilla on omat makukynnysmäärät. Makukynnys ilmoitetaan milligrammoina litrassa ja kalsiumilla se on 100–300 mg/l ja magnesiumilla 100–500 mg/l (Health Canada 2024, 54).

## 4.2 pH

Veden makuun vaikuttavista asioista näkyvin on pH-arvo eli veden vetyionien määrä. Luonnossa vedessä pääosin happamuutta tuottaa hiilidioksidi, joka liuetessaan veteen tuottaa hiilihappoa. Talousvedessä taas vedenkäsittelyprosesseissa käytetään esimerkiksi natronlipeää, kalkkia tai hiilidioksidia veden pH-arvon asettamiseksi (Luku 3.4). Suomessa sosiaali- ja terveysministeriön veden laatutavoite asettaa raja-arvot 6,5–9,5 pH:lle (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta, 21. §).

Makukynnystä käytetään myös pH-arvon mittauksessa ja siksi mielipiteet veden mausta vaihtelee. Kuitenkin on huomattu useiden kokeiden myötä, että kun pH-arvo on alle 6,5 veteen syntyy katkera maku, jos taas veden pH on yli 8,5 veteen tulee leivinjauhemainen maku ja suussa saattaa tuntua kuin siinä olisi jokin kalvo. (Hunter ym. 2022.)

Levät ja mikrobit vaativat tietyn pH:n elääkseen, nämä tuottavat makuja sekä hajuja veteen. Veden pH voi synnyttää sen syövyttävyyden takia myös muita makuja, kuten raudan ja kuparin maun.

### **4.3 Rauta Fe ja kupari Cu**

Kun puhutaan raudan ja kuparin mausta vedessä on kyseessä verkostokorroosion aiheuttama maku. Suomen maaperä sisältää kuparia ja rautaa, mutta sitä ei joudu talousveteen paljoa sillä, Suomen vedenkäsittelyprosessien tehtävä on poistaa nämä metallit. Suomen sosiaali- ja terveysministeriön talousveden laatuvaatimukset on asettaneet rajaksi kuparille 2,0 mg/l ja raudalle alle 200 µg/l (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta, 21. §).

Raudan makukynnys vedessä on noin 0,03–0,5 mg/l. Verratessa lukemia kuparin makukynnykseen 0,4–2,5 mg/l huomataan, että ihmiset ovat herkempiä raudan maulle, sen esiintyessä vedessä. (Mirlohi 2022, 12.)

### **4.4 Kloori Cl**

Ehkä yleisin maku vedessä on kloorin maku, joka johtuu yksinkertaisesti vedenkäsittelyprosessien lisäämästä kloorista. Kloori sidotaan esim. ammoniumkloridilla klooriamiiniksi veteen, että se pysyisi puhtaana putkiverkostossa pitkiä matkoja (Luku 3,4, 18).

Kloori, joka ei ole tekemisissä minkään kontaminantin kanssa esiintyy vapaana kloorina, ja sillä on kloori- tai valkaisuainemainen maku sekä haju (WQA 2022). Sidottu kloori on taas klooria, joka on ollut tekemisissä kontaminantin kanssa ja aiheuttaa hyvin voimakkaan pistävän kloorimaisen hajun ja maun. Eli jos vesi haisee voimakkaasti kloorille, se on ollut tekemisissä jonkin

orgaanisen aineen kanssa. (Klauzer-Zimmerman 2023.) Total chlorine eli kokonaiskloori tarkoittaa vapaata ja sidottua klooria yhdessä.

Toinen käytetty kloorikemikaali on kloorioksidi, jota käytetään vähemmän siitä syntyvän kloraatin sekä kloriitin takia. Sosiaali- ja terveysministeriö on asettanut kloraatille ja kloriitille 0,25 mg/l pitoisuusrajan. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta, 21. §.)

Suomessa normaaliset vesilaitokset pyrkivät 0,2–0,5 mg/l klooripitoisuuteen, kun epäily mikrobiologisesta saasteesta huomataan, klooripitoisuus saateen nostaa väliaikaisesti yli 5 mg/l. (Promisti 2021.)

Suurin osa ihmisistä voi haistaa ja maistaa vedestä vapaan kloorin ( $\text{Cl}_2$ , HOCl, OCl), koska sen makukynnys on noin 0,5–1 mg/l (WQA 2022). Yleisesti taas kokonaiskloorille on arvioitu maku- ja hajukynnykseksi 0,3–5 mg/l (WHO 2022, luku 10: Acceptability aspects: Taste, odour and appearance).

#### **4.5 Liuenut Happi**

Liuenut happi eli DO (dissolved oxygen) on veteen diffuusion tai liikkeen myötä liuenutta happea. Vaikka sinänsä liuenutta happea ei voi laskea mauksi sen puutteen huomaa juomavedessä, hyvänä esimerkkinä toimii se, kun lasiin jättää vettä seisomaan muutamaksi tunniksi huomaa veden maistuvan huomattavasti huonommalle kuin suoraan hanasta.

Ei ole tiedossa syytä, miksi ihmiset mieltävät korkean DO:n paremmaksi, mutta teorioita sille on olemassa. Liuenneella hapella on tärkeä rooli biologisissa prosesseissa ihmisruumiissa ja epäsuorasti DO vaikuttaa typpi- ja hiilikiertoon vedessä. Hapen kyky viedä tilaa vedessä estää muiden aineiden liukenemisen veteen, kuten mineraalien. (Atlas Scientific 2022.)

#### 4.6 Ammonium $\text{NH}_4^+$

Ammonium korkeassa pitoisuudessa tuo veteen pistävää hajua ja makua. Ammoniumin esiintyminen vedessä kertoo eläinperäisestä tai likavedestä johtuvaa kontaminaatiota, jota ei pitäisi tapahtua Suomen vedenkäsittelyssä. (Wat-Man s.a.)

Ammoniumille on sosiaali- ja terveysministeriö asettanut raja-arvoksi alle 0,5 mg/l talousvedessä (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta, 21. §).

#### 4.7 Kalium K

Suomessa sosiaali- ja terveysministeriö ei pidä kaliumin mittaamista tärkeänä, ellei siihen tule suuria muutoksia (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta, 21. §). Vaikka vettä juomalla ei voi saada kaliumia liikaa, sen liiallinen nauttiminen aiheuttaa muunmuuassa sydämen ja munuaisten sairauksia (WHO 2009, 1). Suomessa käytetään kaliumpermanganaattia hapettimena vedenpuhdistusprosesseissa (Luku 3.5).

Makukynnys kaliumille on 340–680 mg/l mutta sellaiset määrät talousvedelle ei ole yleisiä. Kalium on yksi kovuuteen vaikuttavista kationeista. (Health Canada 2005.)

#### 4.8 Nitriitti $\text{NO}_2^-$ ja nitraatti $\text{NO}_3^-$

Nitriitti ja nitraatti on hajuttomia ja mauttomia typpi-ioneita (State of Michigan s.a.). Niiden esiintyminen yleensä johtuu jonkin lannoitteen valumisesta veteen, josta se kulkeutuu vedenkäsittelyprosesseihin. Nitriitti ja nitraatti on molemmat kasvien kasvuille tärkeitä ioneita ja siksi niiden esiintyminen on yhdistettävissä levän kasvuun. (State of Michigan s.a.)

Sosiaali- ja terveysministeriö on asettanut molemmille laatuvaatimukset. Nitraatille on asetettu enimmäisarvo, joka on 50 mg/l. Nitriitille on myös asetettu vedenkäsittelylaitokselta lähtevä enimmäisarvo 0,10 mg/l ja sen jälkeinen

enimmäisarvo 0,50 mg/l. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta, 21. §.)

#### **4.9 Fosfaatti PO<sub>4</sub>**

Fosfaatti eli PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> on anioni. Fosforihapon suoloja kutsutaan myös fosfaateiksi koska, niissä anionina on fosfaatti-ioni.

Fosfaatti on fosforin esiintymismuoto luonnossa, kun fosfori yhdistyy hapen kanssa. Fosfaatti-fosfori on mikrobeille yksi tärkeimmistä ravinteista ja siksi sen esiintyminen talousvedessä on aina yhdistettävissä mahdolliseen mikrobi-kasvuun. (THL 2024.) Määritysraja fosforille on alle 2 µg/l ja hyvän vedenpuhdistuksen jälkeen talousvedessä fosforin pitäisi olla määritysrajan alla (THL 2024).

Vedenkäsittelyssä fosfaattia lisätään metallien poistoon esimerkiksi ortofosfaatin muodossa, jonka tehtävä on reagoida lyijyn sekä kuparin kanssa. Tämä reaktio muuttaa metallit paremmin kiinteässä muodossa pysyviksi. Ortofosfaattia on käytössä fosforihapon, natriumfosfaatin, kaliumfosfaatin ja sinkkifosfaattina. (EPA 2023.)

Fosforihappoa käytetään elintarvikkeissa ja sen E-koodi on E338 (Ruokavirasto s.a). Fosforihapon makua kuvaillaan kirpeäksi (Bell Chem 2022). Fosfaatille ei kirjallisuudessa ole makua.

#### **4.10 Piidioksidi SiO<sub>2</sub>**

Pii on maaperän yleisimpiä mineraaleja ja siksi lähes kaikki luonnon vesi sisältää sitä jossain määrin. Pii muuttuu veden kanssa piidioksidiksi eli piihapoksi SiO<sub>2</sub> ja esiintyy kolloidina siinä. Piioksidia löytyy 5–25 mg/l luonnon vedessä, mutta joillain alueilla pitoisuus voi olla 100 mg/l. (Apec Water 2024.)

Kun piioksidi on kolloidimuodossa vedessä, se on niin hienojakoista, että se käyttäytyy kuin homogeeninen seos vaikka se on heterogeeninen. Kolloidi-

muodossa normaalit suodatusmenetelmät eivät toimi siihen. Piioksidin esiintymismäärissä on harmitonta ja siksi sitä harvemmin suodatetaan pois. (Apec Water 2024.)

Supermaistajat eli ihmiset, joiden makuaisti on herkempi kuin normaaleilla ihmisillä kykenivät maistamaan piioksidin maun, kun sitä oli purukumissa 10 mg/ml ja kuvailivat sitä ”kalkkimaiseksi”. (Barnett ym. 2012.)

## 5 VEDENLAATUTUTKIMUS

Tässä luvussa käydään opinnäytetyöhön liittyvää vedenlaatu tutkimusta. Mittaukset on suoritettu kahdessa erässä, Savonlinna, Lahti, Turku ja Kuopio 16–17.5.2024, Oulu ja Tornio mitattiin 20.5.2024.

Jokaisesta kaupungista on otettu kaksi pistonäytettä A/B ja kaksi ruokapaikkänäytettä A/B. Yhden vesinäytteen koko on 300 ml eli jokaisesta kaupungista otettiin yhteensä 1,2 litraa vettä. Pisto- ja ruokapaikkänäytteiden B näytteet toimivat varianssi näytteinä, jonka tehtävä on ilmoittaa eroavaisuudet mittaus tuloksissa.

Jokaisesta näytteestä tehdään viisitoista mittausta, eli tutkimuksessa on suoritettu yhteen laskettuna 360 mittausta. Mittaukset ovat GH, KH,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{O}_2$ , Fe, Cu,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{PO}_4$ , Cl, K ja kolme pH testiä.

Kolmessa pH testissä tehdään laajempi epätarkka pH eli 3–10 mittaus, sitten tehdään kaksi tarkempaa, jotka ovat alempi pH eli 6,0–7,6 ja sen jälkeen ylempi pH eli 7,4–9,0. Lisäksi Cl testillä testataan vapaan kloorin pitoisuutta eli se ei tunnista sitoutunutta klooria.

Mittauksissa käytettiin JBL ProAquaTest sarjaan kuuluvia tippatestejä, jotka on suunnattu akvaarioon. Tippatestit koostuvat reagensseista, joiden tehtävä on käsitellä ja tuottaa kemiallinen reaktio vedessä. Reagenssit ovat patenttisuojattuja ja siksi niiden sisältöä ei julkisteta. Reagensseja kutsutaan opinnäytetyössä tästä syystä mitattavan asian nimimerkillä ja numeromerkillä reagenssien lisäysjärjestykseen perustuen.

Tulokset osoitetaan muodossa mg/l tai saksalaisina kovuusasteina °dH. Klooritestissä on käytetty manuaalista DPD No. 1 RAPID vapaan kloorin tabletti-testiä, joka antaa tulokset mg/l muodossa.

Mittaukset on suoritettu tippatesteillä sekä tablettitestillä, jotka ovat nopeita mittauksia. Liennut happi ja vapaa kloori on pakko suorittaa mittausta paikalla näytetulosten muuttumisen takia ajan kanssa, mutta muut mittaukset voitiin suorittaa myöhemmin toisessa paikassa. Myöhemmin mitattavat näytteet on säilytetty tasaisessa 15 celsiusasteen lämpötilassa, kun niitä on kuljetettu otto-paikalta mittausta paikalle.

Tippatestit ovat alun perin akvaarion vesitestejä varten. Suomen eläinsuojelulain mukaan pito-olosuhteet pitää täyttyä (Laki eläinten hyvinvoinnista 23.3.2023/693, luku 3. §). Tähän perustuen akvaarioiden vesitestien täytyy olla tarpeeksi tarkkoja, että akvaariokalojen hyvinvointi voi toteutua. Tippatestejä voidaan siten soveltaa juomaveden mittaukselle.

## **5.1 Mittaukset**

Tippatestit tehtiin kaliumia ja laajaa pH testiä lukuun ottamatta lasisissa korkkilisissä pulloissa, joihin mahtuu noin 16 millilitraa vettä.

Testeissä GH, KH, pH 6,0–7,6, pH 7,4–9,0, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, Fe ja Cu lasipulloihin mitattiin 5 ml vettä, pH 3–10 testissä mitattiin 5 ml vettä muoviseen mittalasiin. Testeissä SiO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub> ja NO<sub>3</sub> mitattiin 10 ml vettä lasipulloihin.

Testissä O<sub>2</sub> lasipulloon otettiin 15 ml vettä ja kaliumtestissä mitattiin muoviseen mittalasiin 15 ml vettä. Vapaan kloorin testiin mitattiin noin 11 ml vettä.

Veden mittaaminen tehtiin yksikanavaisella pipetillä, jonka tilavuus oli 1–5 ml ja tarkkuus ±0,5 %. Näytteen vaihdon tapahtuessa pipetin kärki vaihdettiin ja lasipullot pestiin näytevedellä ennen kuin mittaukset suoritettiin.

## **5.2 GH ja KH testit**

Molemmissa kovuustesteissä lasipulloihin mitattiin 5 ml vettä yksikanavaisella pipetillä. Veteen lisättiin JBL tippatesti reagenssia niin monta tippaa, kunnes

vesi vaihtaa väriä. Joka tipan välissä lasipulloa sekoitettiin, että reagenssi reagoisi veden kanssa kunnolla. Tämä perustuu reaktiona siihen, että vedessä olevat anionit ja kationit kuluu reagenssin lisäämisen myötä.

KH eli karbonaattikovuus testissä reagenssi on keltaista mutta värjää anioni pitoisen veden aluksi sinertäväksi, kun veteen lisätään tippa kerrallaan reagenssia, vesi vaihtaa väriä sinisestä keltaiseen. Kun veden väri on muuttunut keltaiseksi pitää laskea tippojen määrä, joka kertoo kuinka kovaa, vesi on saksalaisina kovuusasteina.

GH eli kokonaiskovuus testissä on sama periaate kuin KH testissä. Reagenssi aluksi värjää veden punertavaksi ja tippojen myötä veden väri vaihtuu vihreäksi. Kun vesi on muuttunut vihreäksi tippojen määrästä, saadaan kokonaiskovuus saksalaisina kovuusasteina °dH. Kovuusasteet kertovat kuinka paljon siinä on kovuuteen vaikuttavia kationeita.

GH arvo oli noin 4–5 astetta mutta esimerkiksi Torniossa kovuus oli jopa 8. KH vaihteli kolmesta viiteen mutta arvot olivat Torniossa jopa 7–8 astetta.

### **5.3 pH testit**

Kahteen pH testeistä lisättiin 5 ml vettä yksikanavaisella pipetillä lasipulloon ja laajassa 3–10 testissä sama määrä vettä lisättiin muoviseen mittalasiin.

Laajaan pH testiin lisättiin viisi tippaa sille omaa reagenssia mittalasiin, se sekoitettiin kallistelemalla ja sitten annettiin olla 5 minuuttia. Tulos luetaan vertaamalla veden värimuutosta värikarttaan. Väreille on asetettu omat pH-arvot ja taulukko kulkee 0,5 välein kolmesta kymmeneen. Esimerkiksi 3 oli tummanpunainen ja 10 on tumman violetti.

Alempaan pH testiin 6,0–7,6 laitettiin neljä tippaa sen omaa reagenssia ja sitten odotettiin 3 minuuttia. Sen jälkeen veden väriä verrattiin värikarttaan, joka kulkee 0,2 välein 6,0–7,6. Jokaiselle arvolle on oma värinsä keltaisenvihreästä siniseen.

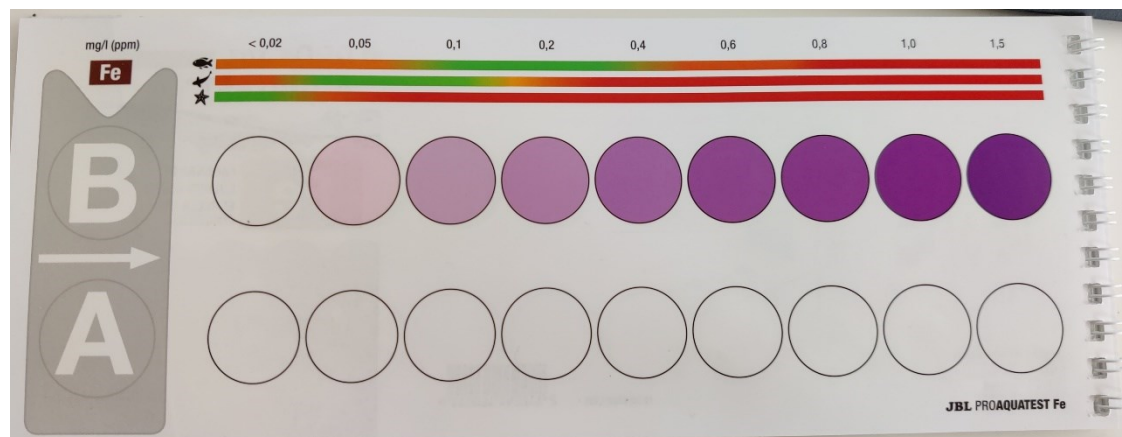
Ylempään pH testiin 7,4–9,0 laitettiin neljä tippaa omaa reagenssia ja sitten odotettiin 3 minuuttia. Kuten edellisessä veden väriä verrattiin värikarttaan, jossa värit olivat myös 0,2 välein. Tässä testissä värit kulkivat vaalean oranssista tumman violettiin.

Mittaustuloksista ensin luettiin laaja pH ja sen jälkeen verrataan alempaa sekä ylempää pH testiä siihen. Näin saadaan selville tarkempi veden pH-arvo.

#### 5.4 Fe ja Cu testit

Raudalle ja kuparille mitataan molemmille lasipulloihin 5 ml vettä yksikanavaisella pipetillä.

Rautanäytteen veteen lisättiin 5 tippaa reagenssia nimeltä Fe 1. Sitten odotettiin 10 minuuttia. Veden väriä verrattiin väritaulukkoon. Veden väri muuttuu violetiksi mitä enemmän siitä löytyy rautaa ja värikartan arvot kulkevat <0,02–1,5 mg/l. Raudan mittausravot pysyivät kaikissa näytteissä alimmassa arvossa <0,02 mg/l, joka on oletettava tulos.



Kuva 8. Raudan tippatestin värikartta

Kuparille taas on kaksi reagenssia nimeltä Cu 1 ja 2. Reagenssia 1 lisättiin viisi tippaa ja reagenssia 2 saman verran. Sitten odotettiin 15 minuuttia ja verrattiin veden väriä värikarttaan. Värikartta kulkee <0,05–1,6 mg/l välillä. Mittaustuloksissa suurin osa tuloksista oli <0,05 mg/l mutta osa näytteistä oli jopa 0,2 mg/l eli verkostokorroosion myötä vedessä oli kuparia.

## 5.5 NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> ja NO<sub>3</sub> testit

NH<sub>4</sub> ja NO<sub>2</sub> testeissä mitattiin 5 ml vettä ja NO<sub>3</sub> testissä 10 ml vettä lasipulloihin yksikanavaisella pipetillä.

NH<sub>4</sub> testissä veden sekaan lisättiin kolmea reagenssia nimeltä NH<sub>4</sub> 1, 2 ja 3. Reagenssia 1 ja 2 lisättiin molempia neljä tippaa ja sitten reagenssia 3 viisi tippaa. sen jälkeen odotettiin 15 minuuttia. Veden väriä verrataan väritaulukoon, jossa väreille on asetettu arvot <0,05–5 mg/l. Vesi oli näissä mittauksissa aina alinta arvoa vaaleampaa eli NH<sub>4</sub> pitoisuus on mittaussykyä alempi.

NO<sub>2</sub> testissä käytettiin kahta reagenssia nimeltä NO<sub>2</sub> 1 ja 2. Molempia lisättiin viisi tippaa ja sitten odotettiin 5 minuuttia. Kuten edellisessä testissä väriä verrattiin värikarttaan, jossa oli asetettu väri jokaiselle arvolle <0,01–1,0 mg/l. Arvot tässä vaihteli <0,01 ja 0,025 mg/l välillä, joka on odotettavaa talousvedeltä.

NO<sub>3</sub> testissä vettä oli enemmän. Veden sekaan laitettiin kahta reagenssia nimeltä NO<sub>3</sub> 1 ja 2. Reagenssi 1 on jauhe, joka mitataan lusikalla, jonka tilavuus on asetettu reaktiota varten sopivaksi. Jauhetta lisättiin yksi mittalusikallinen ja sitten siihen lisättiin kuusi tippaa reagenssia 2. Näytettä tämän jälkeen sekoitettiin ravistaen ja sen jälkeen odotettiin 10 minuuttia. Kuten aiemmissa testeissä veden väriä verrattiin värikarttaan. Värit asettuvat arvojen <0,5–200 mg/l välille.

## 5.6 SiO<sub>2</sub> ja PO<sub>4</sub> testit

Molempiin mittauksiin mitattiin yksikanavaisella pipetillä 10 millilitraa vettä lasipulloihin.

PO<sub>4</sub> testissä on kaksi reagenssia nimeltä PO<sub>4</sub> 1 ja 2. Reagenssi 1 on jauhe, jota lisättiin omalla mittalusikalla, jonka tilavuus on reaktion vaatimaksi asetettu. Jauheen lisäämisen jälkeen näytettä ravistettiin ja siihen lisätään kymmenen tippaa reagenssi 2:sta. Näytettä ravistettiin uudestaan ja sitten sen annetaan olla 10 minuuttia. Väriä verrattiin värikarttaan, jonka arvot kulkevat <0,02–1,8 mg/l.

Kaikissa näytteissä  $PO_4$  arvo oli alle  $<0,02$  joka on hyvä tulos, sillä sen esiintyminen johtaa useasti levän kasvuun vedessä.

$SiO_2$  testissä käytetään kolmea reagenssia nimeltä  $SiO_2$  1, 2 ja 3. Reagenssi 3 on jauhe, joka lisätään sille suunnitellulla lusikalla, jonka tilavuus on reaktiolle mitattu. Reagenssia 1 lisättiin kymmenen tippaa ja sitten odotetaan kolme minuuttia. Sitten lisättiin reagenssia 2 ja odotettiin taas kolme minuuttia. Reagenssi 3 jauhetta lisättiin lusikallinen ja näyte sekoitetaan ravistamalla, kun jauhe on sekoittunut, annetaan näytteen olla kolme minuuttia. Sitten veden väriä verrataan värikarttaan, jossa arvot ovat  $<0,1-6,0$  mg/l.

Jokainen näyte meni yli  $>6.0$  mg/l, joka on odotettavaa sillä, Suomen hapan kiviperä luo täydellisen ympäristön piidioksidin kolloidimuodossa liukenemiselle veteen.

## **5.7 Vapaa Cl, $O_2$ ja K testit**

Kaikissa näissä on omat mittaustavat, jotka eroavat muista testeistä.

Vapaa Cl testiin lisättiin 11 ml vettä yksikanavaisella pipetillä sen testisäiliöön. Säiliöön lisättiin DPD No. 1 RAPID vapaa klooritesti tabletti, joka sulaa veden sekaan. Sitten näytettä sekoitetaan kallistellen ja veden väriä verrataan kolmen minuutin päästä testisäiliön vieressä olevaan värikarttaa.

Vapaan kloorin pitoisuus vaihteli  $<0,1$  ja  $0,3$  mg/l välillä, joka on oletettavaa talousvedessä.

Liuenut happi tai veden happipitoisuus  $O_2$  mitataan lisäämällä samanlaiseen lasipulloon kuin muissa mittauksissa 15 ml vettä. Sitten veteen lisättiin reagensseja nimeltä  $O_2$  1, 2 ja 3. Reagensseja 1 ja 2 lisättiin kuusi tippaa molempia veden sekaan. Sitten näytettä ravistettiin 30 sekuntia. Reagenssia 3 lisättiin myös kuusi tippaa sekaan ja sitten näytettä ravistettiin uudestaan 30 sekuntia. Sen jälkeen näytteen annettiin olla 10 minuuttia ja sitten veden väriä verrattiin värikarttaan. Arvot ja värit kulkee taulukossa  $<0,2-10$  mg/l välillä. Näytteen tarkkuus heikkenee mitä vähemmän happea näytteessä on.

Tulokset liuenneesta hapesta vaihteli 4 ja 6 mg/l välillä mutta Turussa pisto-  
testissä A näytteessä oli 2 ja B oli 3 mg/l, joka oli alin arvo kaikista kaupun-  
geista.

Kalium eli K testissä mitattiin 15 ml vettä muoviseen mittalasiin yksikanavai-  
sella pipetillä. K testissä oli käytössä kaksi reagenssia nimeltä K 1 ja 2. Rea-  
genssi 2 oli jauhe, joka mitattiin tietyllä tilavuudella tehdyllä lusikalla. Rea-  
genssi 1 laitettiin 10 tippaa veden sekaan ja se sekoitettiin mittalasia kallistel-  
len. Sen jälkeen reagenssia 2 lisätään yksi lusikallinen mittalasiin ja sitä sekoit-  
tellaan kallistellen minuutin ajan, jos vedessä on kaliumia veden väri, muuttuu  
harmaaksi. Värikartassa on kalium testiä varten piirretty rasti, jonka päälle mit-  
taamisessa käytettävä lasituubi asetetaan. Lasituubiin pipetoidaan mittalasisista  
vettä ja seurataan tuubin päästä, kunnes rastia ei enää näe. Sitten tuubista  
katsotaan nesteen pinta ja siinä olevista merkinnöistä luetaan kaliumin määrä.

Kaliumia esiintyi kaikissa näytteissä. Tasan puolet näytteistä oli alle 2 mg/l ja  
lopun olivat 2–4 mg/l.

## **6 TUTKIMUKSEN TULOKSET**

Tässä luvussa käydään läpi tuloksia, verrataan niitä kaupunkien vesilaitosten  
tuloksiin ja yhdistetään tuloksien arvoja makuaistiin liittyvään teoriaan.

Kaupunkien omien mittauksien lähteet ovat omilta verkkosivuilta, vuosi- ja toi-  
mintakertomuksista (Meri-Lapin Vesi 2021; Lahti Aqua 2023; Savonlinnan  
Vesi. 2024a, 13; Turun Vesihuolto 2023b; Kuopion Vesi 2024, 4; Oulun Vesi  
2023b, 16).

Tutkimustuloksissa tuli ilmi, ettei kaikki kaupungit pidä yllä samaa tietoa veden  
sisältämistä asioista. Kaupunkien välillä kuitenkin huomattiin eroavaisuuksia.  
Kaikkien kaupunkien välillä kovuus vaihtelee ja muutamassa paikassa vesilai-  
toksen mittaama kokonaiskovuus sopi tutkimuksessa tehtyihin mittauksiin.  
Taulukossa (Taulukko 1) on merkitty oranssilla kaikki poikkeamat, vaaleanpu-  
naisella on merkitty suuret kovuudet. Vihreät merkinnät kertovat tarkemman  
pH arvon mittauksista.

Vesilaitoksen tuloksista huomaa, että niiden mitaamat pH-arvot ovat lähempänä kahdeksaa. Yksi tekijöistä, joka vaikuttaa veden pH-arvoon on lämpötila, kuten Oulun vuosikertomuksessa (Oulun Vesi 2023b, 16) pH-arvo on mitattu +25°C lämpötilassa.

Missään kaupungissa ei veden kalium-, rauta- tai kuparipitoisuus noussut niin korkealle, että se olisi ollut lähelläkään makukynnystä (Luvut 4.3 ja 4.7)

Vain Savonlinnassa ja Torniossa pistotesteissä huomattiin kuparin esiintymistä. Kuopion ruokapaikasta otetut kuparinäytteet myös ilmoittivat kuparinläsnäolosta. Kupari syntyy verkostokorroosion myötä, joka tarkoittaa, että pieniä määriä kuparia on liennut veden mukaan.

Lahti puhuu paljon siitä, että heidän vetensä on parasta juomavettä Suomessa (Lahti 2023). Kun katsoo veden pitoisuuksia, kovuutta ja pH-arvoa huomaa, että vesi on hyvin tasalaatuista. Ruokapaikan ja pistonäytteen välillä ei suurempaa eroa ole. Eikä makuun mahdollisesti vaikuttavissa asioissa ole suuria negatiivisia määriä. Makuun vaikuttavista asioista, jossa Lahden vedessä oli puutosta, oli veteen liennut happi. Liunneen hapen määrä ei ollut huono, mutta mitä enemmän sitä on, sitä parempaa vesi on (Luku 4.5).

Turku on saanut huonon maineen veden laadusta historiansa takia (Luku 2.6). Myöskään tutkimus ei tuottanut mitään parasta tulosta Turun vedestä. Tutkimuksessa huomattiin, että ruokapaikkojen näytteissä veteen liunneen hapen määrä oli suurempaa kuin pistonäytteissä poissulkien Lahden tulokset. Turun veteen liunneen hapen määrä oli pistonäytteissä yllättävän matalat 2 mg/l ja 3 mg/l. Toisaalta veden pH on lähellä neutraalia, joka tarkoittaa ainakin, ettei siinä ole pH:n aiheuttamia makuhaittoja.

Kuopion, Oulun ja Turun ruokapaikkanäytteissä huomataan pieniä määriä nitriittiä. Nämä määrät ei ole hälyttäviä terveyden tai raja-arvojen, suhteen mutta niiden esiintyminen kuitenkin kertoo, joko jostain jätevesi kontaminaatiosta, tai mahdollisesta kasvipohjaisesta kontaminaatiosta. Tälle arvolle ei voi tietää syytä, koska se voi johtua jopa mittauspaikkojen hygieniasta.

Näytteitä katsoessa huomaa kaksi erityisesti silmään pistävää vaihtoehtoa. Nämä ovat Lahti ja Tornio. Lahden vesi on puhdasta ja tasapaksua. Mitään ei ole liikaa, eikä liian vähän, toisaalta Torniossa taas on selkeästi korkeampi kovuus ja veden happipitoisuus, jotka vaikuttavat veden makuun. Korkea veden kovuus on kulttuuri- ja tottumuskysymys (Luku 4.1), mutta yleisesti korkea liuennut happi yhdistetään parempaan veteen.

Taulukko 1. Vedenlaatutestin tulokset

	Kuopio					Lahti					Yksikkö
	Pisto		Ruokapaikka		Vesilaitos	Pisto		Ruokapaikka		Vesilaitos	
	A	B	A	B		A	B	A	B		
Rauta (Fe)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,011	mg/l
Kupari (Cu)	< 0,05	< 0,05	0,20	0,20	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,02	mg/l
DO happi (O2)	4,00	4,00	6,00	6,00	-	4	4	4	4	-	mg/l
Piiksididi (SiO2)	> 6,0	> 6,0	> 6,0	> 6,0	-	> 6,0	> 6,0	> 6,0	> 6,0	-	mg/l
Ammonium (NH4)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	mg/l
Nitriitti (NO2)	< 0,01	< 0,01	< 0,025	< 0,025	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	mg/l
Nitraatti (NO3)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,45	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-	mg/l
Fosfaatti (PO4)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	mg/l
pH 3-10	7,5	7,5	7,5	7,5	8,1	7,5	7,5	7,5	7,5	7,9	pH
pH 6,0-7,6	7,4	7,4	7,4	7,4	8,1	7,6	7,6	7,4	7,4	7,9	pH
pH 7,4-9,0	7,4	7,4	7,5	7,5	8,1	7,6	7,6	7,4	7,4	7,9	pH
Karbonaattikovuus (KH)	4	4	5	5	-	3	3	3	3	-	°dH
Kokonaiskovuus (GH)	5	5	7	6	2,8	5	4	4	4	3,8	°dH
Kloori (Cl)	0,3	0,3	0,1	0,1	-	0,3	0,3	0,1	0,1	-	mg/l
Kalium (K)	3	3	4	4	3,3	< 2	< 2	< 2	< 2	-	mg/l
	Savonlinna					Oulu					Yksikkö
	Pisto		Ruokapaikka		Vesilaitos	Pisto		Ruokapaikka		Vesilaitos	
	A	B	A	B		A	B	A	B		
Rauta (Fe)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,028	mg/l
Kupari (Cu)	0,2	0,2	< 0,05	< 0,05	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,033	mg/l
DO happi (O2)	4	4	6	6	-	6	6	6	6	-	mg/l
Piiksididi (SiO2)	> 6,0	> 6,0	> 6,0	> 6,0	-	> 6,0	> 6,0	> 6,0	> 6,0	-	mg/l
Ammonium (NH4)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,055	mg/l
Nitriitti (NO2)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,025	0,025	0,025	0,025	0,016	mg/l
Nitraatti (NO3)	< 0,5	< 0,5	0,5	0,5	-	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,28	mg/l
Fosfaatti (PO4)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	mg/l
pH 3-10	7	7	7	7	8,2	7	7	7	7	8,1	pH
pH 6,0-7,6	7,2	7,2	7,2	7,2	8,2	7	7	7,2	7,2	8,1	pH
pH 7,4-9,0	< 7,4	< 7,4	< 7,4	< 7,4	8,2	< 7,4	< 7,4	< 7,4	< 7,4	8,1	pH
Karbonaattikovuus (KH)	3	3	3	3	-	3	3	3	3	-	°dH
Kokonaiskovuus (GH)	5	5	5	5	-	5	4	5	5	3,9	°dH
Kloori (Cl)	< 0,1	< 0,1	< 0,3	< 0,3	0,03	0,1	0,1	0,3	0,3	< 0,04	mg/l
Kalium (K)	< 2	< 2	2	2	-	3	3	4	3	-	mg/l
	Tornio					Turku					Yksikkö
	Pisto		Ruokapaikka		Vesilaitos	Pisto		Ruokapaikka		Vesilaitos	
	A	B	A	B		A	B	A	B		
Rauta (Fe)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,0121	mg/l
Kupari (Cu)	0,2	0,2	< 0,05	< 0,05	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,04	mg/l
DO happi (O2)	6	6	6	6	-	2	3	4	4	-	mg/l
Piiksididi (SiO2)	> 6,0	> 6,0	> 6,0	> 6,0	-	> 6,0	> 6,0	> 6,0	> 6,0	-	mg/l
Ammonium (NH4)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,04	mg/l
Nitriitti (NO2)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	< 0,01	< 0,01	< 0,025	< 0,025	0,003	mg/l
Nitraatti (NO3)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-	mg/l
Fosfaatti (PO4)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	mg/l
pH 3-10	7,5	7,5	7,5	7,5	-	7	7	7	7	8,5	pH
pH 6,0-7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	-	7	7	7,2	7,2	8,5	pH
pH 7,4-9,0	7,6	7,6	7,6	7,6	-	< 7,4	< 7,4	< 7,4	< 7,4	8,5	pH
Karbonaattikovuus (KH)	8	7	7	7	-	3	3	3	3	3	°dH
Kokonaiskovuus (GH)	8	8	7	8	6,2	4	4	4	4	3	°dH
Kloori (Cl)	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,04	mg/l
Kalium (K)	> 2	> 2	3	3	-	< 2	< 2	< 2	< 2	-	mg/l

Kloorin määrä joissain näytteissä nousi arvoille, jossa ne olivat juuri ja juuri ihmisen kirjallisuudenmukaisen makukynnyksen rajoilla (Luku 4.4). Muuten mikään arvo ei ollut makukynnystä lähelläkään, joten konkreettisesti veden maakuun vaikuttavimmat tekijät tutkimuksessa olivat pH, kokonaiskovuus ja liuenut happi.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätökset perustuvat kerran toukokuussa tapahtuneisiin mittauksiin eikä veden muutoksia olla seurattu tulevina kuukausina. Edustavuus ei ole siten kattava, mutta kuitenkin suuntaa antava. Kuitenkin makuhavainnot vastaavat mittaustuloksissa esiin tulevia eroja. On epätieteellistä väittää, että muuttamalla yksittäisellä testillä voidaan todistaa ja asettaa kaupunkien vesihuollot paremmuusjärjestykseen. Toisaalta jokainen litra vettä, jota kaupunkilaiset kuluttavat, pitäisi täyttää laadun vaatimukset hanasta ja sijainnista riippumatta.

Koska opinnäytetyön tavoite oli parhaan makuisen veden löytäminen ja mahdollisesti sen yhdistäminen vedenkäsittelyyn ja alkuperään tulee selkeästi esille kaksi ehdokasta. Sitä ennen käyn läpi kirjattuja mielipiteitä ja johtopäätöksiä.

Joka kaupungissa ollessa otin ruokapaikan sekä pistokoepaikan vedestä makunäytteen ja arvioin sen. Makunäyte oli noin 100 ml vettä vesipulloon. Vesipullo huuhdeltiin näytepaikalla käyttäen näytevettä. Kun puhutaan ruokapaikka- ja pistomaku vesinäytteistä, on kyse samoista paikoista, joista on otettu näyte mittauksia varten.

Kuopion ruokapaikan vesi oli raikasta luultavasti johtuen korkeasta happipitoisuudesta. Kuparin määrää en maistanut, mutta se käy järkeen, kun määrä ei ollut makukynnyksen lähellä. Pistokoe otettiin Kuopion Toriparkin WC:n hanasta. Makunäytteestä huomasin korkeamman kloorin määrän, eikä vesi maistunut niin raikkaalle kuin ruokapaikassa.

Lahdessa ruokapaikan vesi oli tasapaksua. Siinä ei ollut pahoja makuja kuten klooria tai metallisia makuja. Veden raikkaus oli samalaista kuin muuallakin.

Lahden vesi voisi olla helposti parasta, varsinkin putkistojen terveyden kannalta. Lisäksi Lahden vesi voi olla joidenkin mielestä parempaa pehmeytensä takia. Pistonäyte otettiin S-market Hennalasta ja siellä oli kloorin maku näytteessä. Muuten näyte vastasi ruokapaikan näytettä.

Savonlinnan ruokapaikan vesinäytteestä erotti kloorimaisen maun, mutta jostain syystä sitä ei ollut pistonäytteessä. Tuloksia tulkitessa huomasi, ettei pistonäytteessä ollut klooria yhtä paljon kuin ruokapaikassa. Vesi oli raikkaampaa ruokapaikassa, kuin pistonäytteessä. Pistonäyte otettiin yhdestä Kaakois-Suomen Ammattikorkeakoulun hanasta.

Oulu yllätti ruokapaikan ja pistokokeen maulla. Vesi oli raikasta molemmissa, eikä siinä ollut ylimääräisiä makuja. Ruokapaikalla maistoi pienesti kloorin, mutta se ei sinänsä haitannut. Pistonäyte otettiin rautatieaseman Taitosopista.

Tornion vesi oli todella raikasta ja jostain syystä tuntui, että se oli parempaa kuin muualla. Ainoa konkreettinen syy ilmeni jälkepäin mittauksien myötä. Kaikissa Tornion näytteissä oli korkea kokonaiskovuus. Kuten luvussa (Luku 4.1) mainitaan, kovuuden vaikutus veden makuun perustuu tottumuskysymyksiin. Tästä luultavasti johtuu myös minun mielipiteeni. Lisäksi ruokapaikanäytteessä ja pistonäytteessä ei maistunut kloori. Koska kuparia oli alle makukynnyksen, se ei maistunut vaan ilmeni jälkepäin mittauksissa. Pistonäyte otettiin paikallisesta yksiöstä.

Viimeisenä Turku. Turkuu kohtaa oli pieniä ennakkoluuloja, koska olin kuullut pahaa veden mausta. Turun ruokapaikan vesi ei herättänyt mielipiteitä, koska vesi oli tasapaksusti raikasta ja kloorin maistoi vedestä. Pistonäyte taas maistui tunkkaiselle ja jopa hieman seisoneelle, kloorin maun erotti helposti vedestä. Jälkepäin tuloksista näki, että veden happipitoisuus oli pistonäytteessä matala. Pistonäyte otettiin paikallisesta yksiöstä.

Palaten luvun alussa mainittuihin ehdokkaisiin, tulini tulokseen, että Oulussa ja Torniossa on parasta vettä. Omasta mielestä näistä kahdesta Tornion vesi on parempaa. Tälle on myös hyvä syy. Vaikka Oulun ja Tornion vedet oli suurin

piirtein samanlaisia makuun vaikuttavilta tekijöiltä, Tornion vedessä oleva kovuus ja liennut happi tekivät siitä parempaa. Lisäksi siinä ei ollut ollenkaan kloorin makua, joka myös vaikutti mielipiteeseen.

## 8 POHDINTAA

Lähestyin tutkimusta avoimin mielin, sekä uskoin, että tietoa löytyy juomavedestä yllin kyllin. Olin osittain väärässä, mutta myös osittain oikeassa. Suurin työ oli vesinäytteiden mittaaminen, joka johtui täysin todella tiukasta aikataulusta sekä mittausten määrästä.

Tutkimuksen uskottavuus on myös asia, jota harkitsin useaan otteeseen. Vaikka mittauksia tehtiin paljon, uskottavampaan tulokseen olisi pitänyt tehdä vuoden kestävä laadunvalvonta, johon verrattuna opinnäytetyön mittaukset ovat pelkkä murto-osa. Toisesta näkökulmasta katsottuna pienen testimäärän pitäisi riittää, koska veden laadun pitäisi olla samanlaista ympärivuoden, hana-asta tai sijainnista riippumatta.

Koska juomavesi on itselle sekä monelle muulle suomalaiselle hyvin tärkeä asia, koen, että tekemäni tutkimus on edes jollain tavalla hyödyllinen. Vaikka ei konkreettisesti suuria lukemia tai mittaustuloksia tutkimus tuottanut, voi edes jotain lohtua saada siitä, että eroavaisuuksien puute kertoo Suomen todella laadukkaasta vedenkäsittelystä. Tutkimusta tehdessä itselleni aukesi vastauksia kysymykseen, miksi vesi maistuu erilaiselta eri kaupungeissa?

Opin hyvin paljon siitä, mistä vesi tulee, miten sitä käsitellään ja mitä prosesseja sen asiakkaiden hanaan saamisessa on. Lisäksi opin paljon Sosiaali- ja terveysministeriön asettamista laatuvaatimuksista talousvedelle.

Opinnäytetyö käsittelee asioita monesta aihealueesta, kuten ihmisen makukynnyksestä, vesilaitosten toiminnasta, vedenpuhdistusprosesseista ja terveyteen liittyvistä vaatimuksista. Laajuuden myötä karsin paljon asioita, joista olisin halunnut kirjoittaa. Jäljelle jääneissä aihepiireissä suurin ongelma oli kaiken sitominen yhteen nätiksi paketiksi.

## LÄHTEET

Adams, H., Burlingame, G., Ikehata, K., Furatian, L. & Suffet, M. 2022. The effect of pH on taste and odor production and control of drinking water. *AQUA – Water Infrastructure, Ecosystems and Society* 77, 1278–1290. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.2166/aqua.2022.133> [viitattu 12.9.2024]

Apec Water. 2024. Silica in drinking water. WWW-dokumentti. Päivitetty 20.8.2024. Saatavissa: <https://www.freedrinkingwater.com/blogs/water-health/711-silica-water> [viitattu 12.9.2024]

Atlas Scientific. 2022. Dissolved Oxygen In Drinking Water. WWW-dokumentti. Päivitetty 13.12.2023. Saatavissa: <https://atlas-scientific.com/blog/dissolved-oxygen-in-drinking-water/> [viitattu 12.9.2024]

Barnett, C., Canham, L., Loni, A., O'Brien, H., Shabir, Q. & Skaria, C. 2012. Taste and mouthfeel assessment of porous and non-porous silicon microparticles. *Nanoscale Research Letters* 7, 4. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1186%2F1556-276X-7-407> [viitattu 12.9.2024]

Bell Chem. 2022. The Many Ways Phosphoric Acid is Used in Food Production. WWW-dokumentti. Päivitetty 30.11.2023. Saatavissa: <https://www.bell-chem.com/news/the-many-ways-phosphoric-acid-is-used-in-food-production> [viitattu 18.9.2024]

Cornell center for material research. 2015. Water hardness reading. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ccmr.cornell.edu/wp-content/uploads/sites/2/2015/11/Water-Hardness-Reading.pdf> [18.9.2024]

EPA. 2023. Why do water systems add phosphate to drinking water? What are the health effects of drinking water containing phosphates?. Environmental Protection Agency. WWW-dokumentti. Päivitetty 23.2.2024. Saatavissa: <https://www.epa.gov/lead/why-do-water-systems-add-phosphate-drinking-water-what-are-health-effects-drinking-water> [viitattu 12.9.2024]

Health Canada. 2005. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Taste. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-taste-gout-eau/alt/water-taste-gout-eau-eng.pdf> [viitattu 12.9.2024]

Health Canada. 2024. Guidelines for Canadian drinking water quality: Operational parameters. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.canada.ca/en/health-canada/programs/consultation-guidelines-canadian-drinking-water-quality-operational-parameters/document.html#a1.1.1> [viitattu 12.9.2024]

Hyvönen, T. 2024. Käyttöinsinööri. Sähköpostiviesti 15.9.2024. Savonlinnan vesi.

Klauzer-Zimmerman, J. 2018. Free, combined chlorine & total: what's the difference?. WWW-dokumentti. Päivitetty 23.3.2023. Saatavissa: <https://clear-comfort.com/free-total-combined-chlorine-whats-the-difference/> [viitattu 12.9.2024]

Kuntaliitto. 2007. Kunnat ja vesihuolto huomisen Suomessa. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Kunnat%20ja%20vesihuolto%20huomisen%20Suomessa.pdf> [viitattu 5.9.2024]

Kuopion Vesi. 2018. Veden Laatu. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.9.2024. Saatavissa: <https://www.kuopionvesi.fi/tietoa-vedesta/veden-laatu/> [viitattu 5.9.2024]

Kuopion Vesi. 2024. Vedenlaatutiedot kuukausittain. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://www.kuopionvesi.fi/wp-content/uploads/2024/09/Kuukausittain-2024.pdf> [viitattu 13.9.2024]

Kuopio s.a. Talousvesivalvonta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kuopio.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparistoterveys/talousvesivalvonta/> [viitattu 5.9.2024]

Kurkinen, A. 2015. Saostuksen tehostaminen Kurkelanrannan vedenpuhdistamolla vetyperoksidin avulla. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015121520901> [viitattu 11.9.2024]

Lahti. 2023. Lahdessa juodaan maailman parasta pohjavettä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lahti.fi/uutiset/lahdessa-juodaan-maailman-parasta-pohjavetta/> [viitattu 13.9.2024]

Lahti Aqua. 2016a. Meidän vetemme. WWW-dokumentti. Päivitetty 30.12.2021. Saatavissa: <https://www.lahtiaqua.fi/meidan-vetemme/> [viitattu 5.9.2024]

Lahti Aqua. 2016b. Veden Laatu. WWW-dokumentti. Päivitetty 26.5.2023. Saatavissa: <https://www.lahtiaqua.fi/meidan-vetemme/veden-laatu/> [viitattu 5.9.2024]

Lahti Aqua. 2018. Vedenkäsittely. WWW-dokumentti. Päivitetty 23.5.2023. Saatavissa: <https://www.lahtiaqua.fi/meidan-vetemme/vedenkasittely/> [viitattu 11.9.2024]

Lahti Aqua. 2017. Historiallinen Launeen vedenottamo käyttöön. WWW-dokumentti. Päivitetty 1.7.2017. Saatavissa: <https://www.lahtiaqua.fi/uutiset/historiallinen-launeen-vedenottamo-kayttoon/> [viitattu 11.9.2024]

Lahti Aqua. 2023. Talousveden laatu Lahdessa. WWW-dokumentti. Päivitetty 26.5.2023. Saatavilla: <https://www.lahtiaqua.fi/talousvedenlaatu-lahdessa/> [viitattu 13.9.2024]

Laki eläinten hyvinvoinnista 23.3.2023/693

LibreTexts Chemistry. 2013. Hard Water. WWW-dokumentti. Päivitetty: 30.6.2023. Saatavissa: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Inorganic\\_Chemistry/Supplemental\\_Modules\\_and\\_Websites\\_\(Inorganic\\_Chemistry\)/Descriptive\\_Chemistry/Main\\_Group\\_Reactions/Hard\\_Water](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Supplemental_Modules_and_Websites_(Inorganic_Chemistry)/Descriptive_Chemistry/Main_Group_Reactions/Hard_Water) [viitattu 18.9.2024]

Mirlohi, S. 2022. Characterization of Metallic Off-Flavors in Drinking Water: Health, Consumption, and Sensory Perception. *Water, Health, and Environment* 19, 12. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/ijerph192416829> [viitattu 12.9.2024]

Olympian Water Testing. 2023. Hardness and the Taste of Drinking Water: Exploring Consumer Preferences. WWW-dokumentti. Päivitetty 27.5.2024. Saatavissa: <https://olympianwatertesting.com/hardness-and-the-taste-of-drinking-water-exploring-consumer-preferences/> [viitattu 12.9.2024]

Oulun Vesi. 2023a. Talousvesi. WWW-dokumentti. Päivitetty 9.2024. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu-vesi/talousvesi> [viitattu 5.9.2024]

Oulun Vesi. 2023b. Vuosikertomus 2023. PDF-Dokumentti. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/media/9013/download> [viitattu 13.9.2024]

Oulun Vesi s.a. Hintan vesilaitoksen laajennus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu-vesi/hintan-vesilaitoksen-laajennus?accordion=accordion-1453> [viitattu 6.9.2024]

Oulun kaupunki s.a. Prosessivaihtoehtojen vertailuraportti AFRY 2021. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://oulu.ouka.fi/tekninen/Suunnitelmat/Projektikortti.asp?ID=1249> [viitattu 6.9.2024]

Promisti. 2021. Kloorauksen ja tehokloorauksen ABC. WWW-dokumentti. Päivitetty 30.10.2023. Saatavissa: <https://www.promisti.fi/kloorauksen-ja-tehokloorauksen-abc/> [viitattu 12.9.2024]

Ruokavirasto s.a. E338- Fosforihappo. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/ohjeita-kuluttajille/e-koodit-lisaineet/e-koodit/e338/> [viitattu 18.9.2024]

Savonlinnan Vesi. 2024a. Toimintakertomus 2023. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.savonlinna.fi/wp-content/uploads/2024/06/toimintakertomus-2023-1.pdf> [viitattu 5.9.2024]

Savonlinnan Vesi. 2024b. Savonlinnan kaupunki vesihuollon kehittämissuunnitelma. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.savonlinna.fi/wp-content/uploads/2024/06/savonlinnan-vesihuollon-kehittamissuunnitelma-2023-05-26.pdf> [viitattu 5.9.2024]

Savonlinna. 2021. Savonlinnan Vesi. WWW-dokumentti. Päivitetty 29.8.2024. Saatavissa: <https://www.savonlinna.fi/asukas/asuminen-ja-ymparisto/vesihuolto/> [viitattu 5.9.2024]

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta 3.1.2023/2

State of Michigan s.a. Nitrate and Nitrite in Drinking Water. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.michigan.gov/-/media/Project/Websites/egle/Documents/Programs/DWEHD/Water-Well-Construction/Nitrate-and-Nitrite-in-Drinking-Water.pdf?rev=61bc5789d3f045e29fe64ad1a3cc03a5> [viitattu 12.9.2024]

THL s.a. Mikrobikasvu vesijohtoverkostossa. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. WWW-dokumentti. Päivitetty 22.3.2024. Saatavissa: <https://thl.fi/aiheet/ymparistoterveys/vesi/talousvesi/mikrobikasvu-vesijohtoverkostossa> [viitattu 12.9.2024]

Tornion Vesi. 2017a. Verkostotietoa veden hankinta. WWW-dokumentti. Päivitetty 18.4.2024. Saatavissa: <https://www.tornio.fi/asuminen-ja-ymparisto/vesi-ja-jatehuolto/tornion-vesi-oy/tietoja/verkostotietoa/> [viitattu 6.9.2024]

Tornion Vesi. 2018. Tietoa toiminnasta laboratorio. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.4.2024. Saatavissa: <https://www.tornio.fi/asuminen-ja-ymparisto/vesi-ja-jatehuolto/tornion-vesi-oy/tietoja/laboratorio/> [viitattu 6.9.2024]

Tornion Vesi. 2017b. Tietoa toiminnasta historiaa. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.4.2024. Saatavissa: <https://www.tornio.fi/asuminen-ja-ymparisto/vesi-ja-jatehuolto/tornion-vesi-oy/tietoja/> [viitattu 6.9.2024]

Tornion vesi. 2021. Veden käsittely. WWW-dokumentti. Päivitetty 18.11.2021. Saatavissa: <https://www.merilapinvesi.fi/veden-kasittely/> [viitattu 11.9.2024]

Turun Seudun Vesi. 2019. Julkinen yhteenveto Water Safety Plan – riskienhallintatyöstä juomaveden tuotannon ja jakelun turvaamiseksi. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://turunseudunvesi.fi/wp-content/uploads/2020/12/turun-seudun-vesi-oy-wsp-riskienarviointityon-tiivistelmajulkaisu-2019-0.pdf> [viitattu 6.9.2024]

Turun Seudun Vesi s.a. Mistä vesi tulee. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.turunvesihuolto.fi/tietoa-vedesta/mista-vesi-tulee/> [viitattu 11.9.2024]

Turun Seudun Vesi. 2020a. Parempaa vettä Turun seudulle. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.4.2024. Saatavissa: <https://turunseudunvesi.fi/yritys/> [viitattu 6.9.2024]

Turun Seudun Vesi. 2020b. Veden pitkä matka kuluttajalle. WWW-dokumentti. Päivitetty 6.4.2022. Saatavissa: <https://turunseudunvesi.fi/veden-matka/> [viitattu 11.9.2024]

Turun Vesihuolto. 2023a. Hyppää turkulaisen juomaveden historiaan. WWW-dokumentti. Päivitetty 12.12.2023. Saatavissa: <https://www.turunvesihuolto.fi/vesi-lehti/hyppaa-turkulaisen-juomaveden-historiaan/> [viitattu 6.9.2024]

Turun Vesihuolto. 2023b. Veden laatu. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.turunvesihuolto.fi/tietoa-vedesta/veden-laatu/> [viitattu 13.9.2024]

Vesi.fi. 2021. Kovaa vai pehmeää vettä. WWW-dokumentti. Päivitetty 8.9.2022. Saatavissa: <https://www.vesi.fi/vesitieto/kovaa-vai-pehmeaa-vetta/> [viitattu 12.9.2024]

WatMan s.a. Miten tulkita yleisimpien vesitutkimusten tuloksia?. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.watman.fi/pdf/vedenlaatu.pdf> [viitattu 12.9.2024]

WHO. 2009. Potassium in drinking-water: background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/70171/WHO\\_HSE\\_WSH\\_09.01\\_7\\_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/70171/WHO_HSE_WSH_09.01_7_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 12.9.2024]

WHO. 2022. Guidelines for drinking-water quality. Geneva: World Health Organization. E-kirja. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK579461/> [viitattu 12.9.2024]

WQA. 2022. Taste & odor fact sheet. Water quality association. WWW-dokumentti. Päivitetty 29.9.2022 Saatavissa: <https://wqa.org/resources/taste-odor/> [viitattu 12.9.2024]

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Vedentoimitusalueet 2023 Kuopio. Kuopion Vesi. 2023. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.kuopionvesi.fi/wp-content/uploads/2023/03/Vedentoimitusalueet\\_2023.pdf](https://www.kuopionvesi.fi/wp-content/uploads/2023/03/Vedentoimitusalueet_2023.pdf) [viitattu 5.9.2024]

Kuva 2. Lahti Aqua Lahden Toiminta-alue. Lahti Aqua s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lahti.fi/tiedostot/lahti-aquan-toiminta-alue/> [viitattu 5.9.2024]

Kuva 3. Savonlinnan Veden toiminta-alue Savonlinna. Savonlinnan Vesi 2024a. Toimintakertomus 2023. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.savonlinna.fi/wp-content/uploads/2024/06/toimintakertomus-2023-1.pdf> [viitattu 5.9.2024]

Kuva 9. Oulun Veden Toiminta-alue. Oulun Vesi. 2024. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu-vesi/oulu-vesi-liikelaitos> [viitattu 5.9.2024]

Kuva 5. Kurkelanrannan vedenpuhdistusprosessi. Kurkinen, A. 2015. Saostuksen tehostaminen Kurkelanrannan vedenpuhdistamolla vetyperoksidin avulla. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015121520901> [viitattu 11.9.2024]

Kuva 6. Meri-Lapin Vedentuotanto prosessi. Meri-Lapin Vesi. 2021. Veden käsittely. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.merilapinvesi.fi/veden-kasittely/> [viitattu 11.9.2024]

Kuva 7. Vaasan Vesi kovuus. Vaasan Vesi s.a. Puhtaan veden kovuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vaasanvesi.fi/puhtaan-veden-kovuus> [viitattu 12.9.2024]

Kuva 8. Raudan tippatestin värikartta.