



samk

Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

VEERA YLIAHO

# **Martinlaakson voimalaitoksen raakaveden pehmenyysuodattimien käytön tehostaminen**

Opinnäytetyö

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN  
TUTKINTO-OHJELMA  
2023

Tekijä Yliaho, Veera	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2023
	Sivumäärä 31	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Martinlaakson voimalaitoksen raakaveden pehmenyysuodattimien käytön tehostaminen</b>		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
<p data-bbox="312 707 459 734">Tiivistelmä</p> <p data-bbox="312 779 1441 920">Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehostaa Martinlaakson voimalaitoksen raakaveden pehmenyysuodattimien käyttöä. Vuonna 2020 tehdyn laitosvesimuutoksen seurauksena syntyi kovuussuolaongelma prosessiin. Tässä opinnäytetyössä esiteltiin syntyneitä ongelmia sekä niihin ratkaisuja.</p> <p data-bbox="312 965 1441 1137">Työssä havainnollistettiin pehmenyysuodattimien käytön tehostamista tulevaisuudessa tehtävillä toimenpiteillä. Aluksi perehdyttiin voimalaitoksen vedenkäsittelyyn, sekä pehmenyysuodattimien toimintaperiaatteeseen. Tämän jälkeen pohdittiin erilaisia ratkaisuehdotuksia kovuusongelman poistamiseksi. Lopuksi paneuduttiin valittuun ratkaisuvaihtoehtoon tarkemmin.</p> <p data-bbox="312 1182 1441 1323">Työ toteutettiin käymällä läpi mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja nykyisen ongelman poistamiseksi yhdessä Vantaan Energia Oy:n kemian tiimin kanssa. Raakavedestä tehtiin johtokyky- ja kovuusanalyseja, joiden avulla seurattiin raakaveden laatua elokuun 2022 ja huhtikuun 2023 välisenä aikana.</p> <p data-bbox="312 1368 1441 1653">Työssä todettiin, että valittavan ratkaisuvaihtoehdon tulee olla sellainen, joka estää kovuutta sisältävän raakaveden pääsyn suolanpoistosarjoille. Täytyy siis keskittyä ydinongelman poistamiseen, eikä pyrkiä korjaamaan kovuuden aiheuttamia uusia ongelmia eri puolella prosessia. Tärkeintä on saada pehmenettyä raakavesi ennen sen pääsyä suolanpoistosarjoille. Prosessia tullaan muuttamaan niin, että jatkossa HSY:n kovuutta sisältävä talousvesi ohjataan välisäiliön kautta pehmenyysuodattimille, ennen sen pääsyä raakavesialtaaseen. Välisäiliön avulla voidaan ennaltaehkäistä veden takaisinvirtaamisen riski.</p>		
Avainsanat Pehmenyysuodatin, raakavesi, vedenkäsittely, kovuus, johtokyky		

Author Yliaho, Veera	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2023
	Number of pages 31	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Enhancing the Usage of Martinlaakso Power Plant's Water Softeners</b>		
Degree programme in Energy and Environmental Engineering		
Abstract  <p>The purpose of this thesis was to improve the use of raw water softeners in the Martinlaakso power plant. As a result of a power plant water change made in 2020, water hardness problem arose in the process. This thesis presented the problems that arose and their solutions.</p> <p>The work illustrated the improvement of the use of the water softeners with actions to be done in the future. At first, power plant's water treatment and the operating principle of the water softeners was clarified. Then, various solution proposals were considered to eliminate the hardness problem. Finally, the chosen solution option was examined in more detail.</p> <p>The work was carried out by going through possible solution options to eliminate the current problem together with the Chemistry Team of Vantaan Energia Oy. Conductivity and hardness of the raw water were measured in order to monitor the quality of the raw water between August 2022 and April 2023.</p> <p>It was concluded that the chosen solution option should be one that prevents raw water containing hardness from entering the desalination series. Therefore, the focus should be on eliminating the core problem and not attempting to fix new problems caused by hardness elsewhere in the process. The most important thing is to soften the raw water before it enters the desalination series. The process will be modified so that in the future, the HSY's domestic water containing hardness will be directed to water softeners through an intermediate tank before entering the raw water pool. With the help of an intermediate tank, the risk of water backflow can be prevented.</p>		
Keywords Water softener, raw water, water treatment, hardness, conductivity		

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vantaan Energia Oy:lle Martinlaakson voimalaitokselle vuosina 2022–2023. Kiitokset toimeksiantajalle ja koko työtiimille mahdollisuudesta sekä tuesta.

Erityiskiitos prosessi-insinööri Jere Espolle opinnäytetyön aiheesta sekä ohjauksesta. Lisäksi erityiskiitokset laboratorioinsinööri Johanna Laimiolle sekä prosessinohitaja Jenna Oksaselle asiantuntevista neuvoista työhön liittyen. Lisäksi haluan osoittaa kiitokseni Satakunnan ammattikorkeakoulun lehtorille Timo Hanneliukselle opinnäytetyön ohjaamisesta sekä tuesta koko projektin ajalta.

Vantaalla 29.4.2023

Veera Yliaho

# SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	7
2 VEDENKÄSITTELY VOIMALAITOKSELLA .....	8
2.1 Lisäveden valmistus raakavedestä .....	8
2.1.1 Raakaveden kovuus- ja johtokykyanalyysit .....	10
2.2 Martinlaakson voimalaitoksen pehmennyssuodattimet .....	12
2.2.1 Raakaveden pehmennyssuodattimien toimintaperiaate .....	13
3 LAITOSVESIMUUTOS .....	16
3.1.1 Puhdistettu savukaasulauhde raakavedeksi .....	16
3.1.2 Laitosvesimuutoksen seuraukset .....	17
3.1.3 Kipsin muodostuminen rikkihappoelvytyksen yhteydessä.....	17
3.1.4 Kovuuden aiheuttamat ongelmat muualla prosessissa .....	20
4 RATKAISUEHDOTUKSET .....	21
4.1 Mahdolliset vaihtoehdot.....	21
4.1.1 Jatkovatimet kovuusmittarit ja jakson uudelleenmitoittaminen.....	21
4.1.2 Talousveden uudelleenohjaus ja sekoittumisen tehostaminen .....	23
4.1.3 Elvytyskemikaalin vaihtaminen tai laimentaminen ja neutralointialtaan tilan lisääminen .....	23
4.1.4 Talousveden ohjaaminen pehmennyssuodattimille kiinteällä linjalla ....	24
4.1.5 Talousveden ohjaaminen pehmennyssuodattimille paloletkulla .....	25
4.1.6 Raakaveden RO-laitteisto .....	27
4.2 Valittu ratkaisuehdotus.....	27
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	30
LÄHTEET	

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

<i>CHP</i>	Combined Heat and Power (yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto)
<i>HSY</i>	Helsingin seudun ympäristöpalvelut
<i>KL</i>	Kaukolämpö
<i>RO</i>	Reverse Osmosis (käänteisosmoosi)
<i>SAC</i>	Strong Acid Cation (vahva kationihappo)
<i>WAC</i>	Weak Acid Cation (heikko kationihappo)

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Vantaan Energia Oy:n toimeksiantona. Vantaan Energia Oy tuottaa ja myy sekä sähköä että lämpöä ja on yksi suurimmista kaupunkienergiayhtiöistä. Tämä opinnäytetyö tehtiin Martinlaakson CHP-voimalaitokselle.

Vuonna 2020 Martinlaakson voimalaitokselle tehtiin laitosvesimuutos. Tämän laitosvesimuutoksen myötä prosessiin syntyi kovuusongelmia, joita ei osattu aavistaa etukäteen. Laitosvesimuutos tehtiin, koska 2019 käyttöönotetun biokattilan yhteyteen rakennettiin savukaasulauhteenkäsittelylaitos. Tämän ansiosta puhdistettua savukaasulauhdetta pystytään hyödyntämään nykyään raakaveden ensisijaisena lähteenä. Aiemmin ainoa raakaveden lähde oli HSY:n verkosta otettava talousvesi, jota nykyään otetaan vain tarvittaessa.

Laitosvesimuutoksen myötä purettiin kiinteä yhteys talousvesiverkoston sekä prosessivesiverkoston välillä. Uusien säädöksiä myötä prosessivesiverkosto tulee erottaa laitosvesiverkostosta vapaalla ilmavälillä. Näin voidaan varmistaa se, että talousvesi ei pääse missään tapauksessa saastumaan prosessivesien takaisinvirtauksen myötä. Uusien kytkentöjen myötä pehmennyssuodattimien toiminta ei sovellu enää sellaiseen aiheuttamatta ongelmia.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehitellä ratkaisuja kovuusongelman poistamiseksi ja näin ollen tehostaa pehmennyssuodattimien käyttöä. Pehmennyssuodattimien tarkoituksena on pehmentää vettä, eli poistaa vedestä kovuussuoloja. Tavoitteena on se, että jatkossa kaikki kovuutta sisältävä vesi johdettaisiin raakaveden pehmennyssuodattimien kautta. Tämän ansiosta kaikki jatkokäsittelyyn syötettävä vesi olisi pehmeää. Näin ollen jatkossa välttyttäisiin kovuuden aiheuttamilta ongelmilta prosessissa ja säästetään huomattavasti resursseja.

## 2 VEDENKÄSITTELY VOIMALAITOKSELLA

### 2.1 Lisäveden valmistus raakavedestä

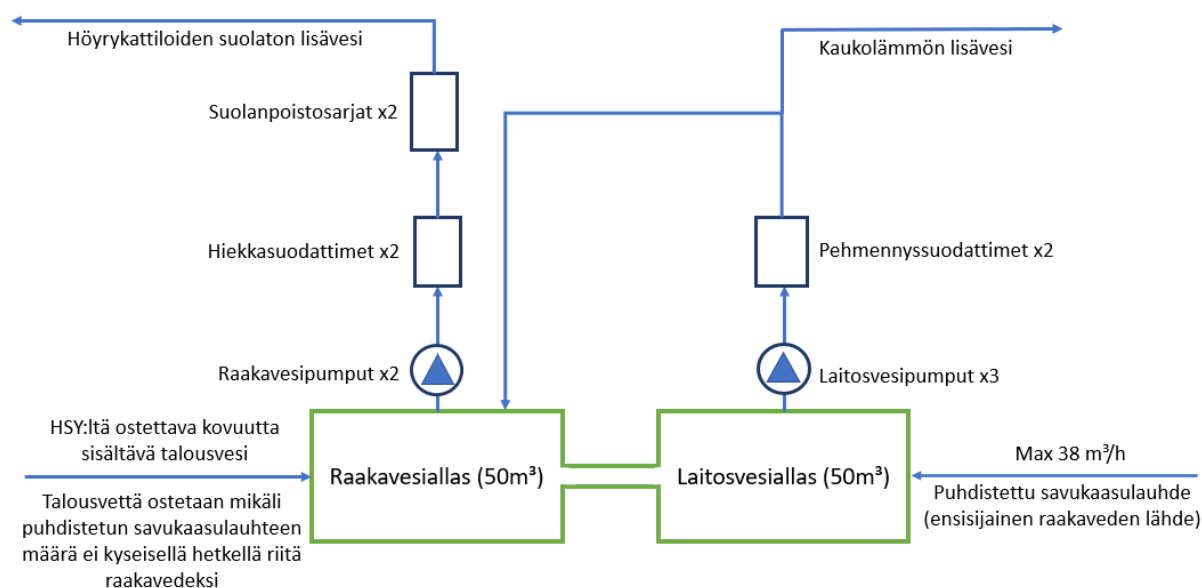
Voimalaitos tarvitsee vettä tuottaakseen sekä sähköä että lämpöä. Näiden prosessiveisien täytyy olla äärimmäisen puhtaita, jotta voimalaitos toimisi ongelmitta. Tämän takia voimalaitoksella poistetaan talousveden sisältämiä epäpuhtauksia. Martinlaakson voimalaitoksella raakavedestä tehdään kaukolämmön lisävettä sekä höyrykattiloiden suolatonta lisävettä. Höyrykattiloiden käyttämä lisävesi valmistetaan raakavedestä poistamalla siitä epäpuhtaudet pehmenyysuodattimilla, hiekkasuodattimilla sekä ioninvaihtosarjoilla.

Ensisijainen raakaveden lähde on puhdistettu savukaasulauhde, joka ei sisällä kovuutta. Savukaasulauhde käsitellään saostamalla, ultrasuodatuksella sekä kaksivaiheisella käänteisosmoosilla. Puhdistettu savukaasulauhde on käänteisosmoosilaitteiston eli RO-laitteiston kalvojen läpäissyttä vettä, eli permeaattia. Aina tätä puhdistettua savukaasulauhdetta ei sen hetkessä ajotilanteessa saada tarpeeksi, jotta se riittäisi yksinään raakavedeksi. Tällöin Martinlaakson voimalaitokselle otetaan HSY:n verkosta talousvettä, joka ohjataan suoraan raakavesialtaaseen. Tämä talousvesi sisältää kovuutta. Usein raakavesi on kuitenkin sekavettä, joka sisältää sekä puhdistettua savukaasulauhdetta että HSY:n kovuutta sisältävää talousvettä (Laimio, 2022). Tämän takia raakaveden laatu vaihtelee jatkuvasti ja Martinlaakson voimalaitoksen laboratoriossa tehdään viikoittain raakavedestä analyysejä.

Talousvesi ohjataan 50 m<sup>3</sup>:n raakavesialtaaseen. Puhdistettu savukaasulauhde ohjautuu puolestaan 50 m<sup>3</sup>:n laitosvesialtaaseen. Näiden kahden altaan välissä on putkiyhteys, joten nämä vedet sekoittuvat tätä kautta toisiinsa. (Mansner, 2020) Vesien sekoittuminen on kuitenkin hidasta, koska putkiyhde on pieni eikä altaissa ole sekoittimia. Laitosvesialtaasta vettä pumpataan laitosvesipumppujen avulla raakaveden pehmenyysuodattimille, jossa siitä poistetaan talousveden sisältämiä kovuussuoloja. Pehmenyysuodattimilta vesi johdetaan kaukolämmön lisävedeksi ja raakavesialtaaseen. Raakavesialtaasta vettä pumpataan raakavesipumppujen avulla hiekkasuodattimiin, joissa siitä poistetaan kiintoaineita. Näin vältetään siltä, että raakaveden sisältämä



mahdollinen kiintoaine pääsisi ioninvaihtosarjoille asti kuormittamaan niitä. Hiekka-suodattimien jälkeen vesi johdetaan kohti suolanpoistosarjoja. Suolanpoistosarjoilla veteen tehdään täyssuolanpoisto, eli siitä poistetaan sekä positiiviset sekä negatiiviset ionit (Sonninen, 2013). Suolanpoistosarjoilta vesi pumpataan lisävesisäiliöön. Suolanpoistosarjoilta valmistunut erittäin puhdas vesi on siis höyrykattiloiden suolaton lisävesi. Kaaviossa 1 on kuvattuna Martinlaakson voimalaitoksen raakaveden lähteet sekä lisäveden valmistusprosessi raakavedestä.



Kaavio 1. Höyrykattiloiden suolattoman lisäveden valmistus raakavedestä Martinlaakson voimalaitoksella.

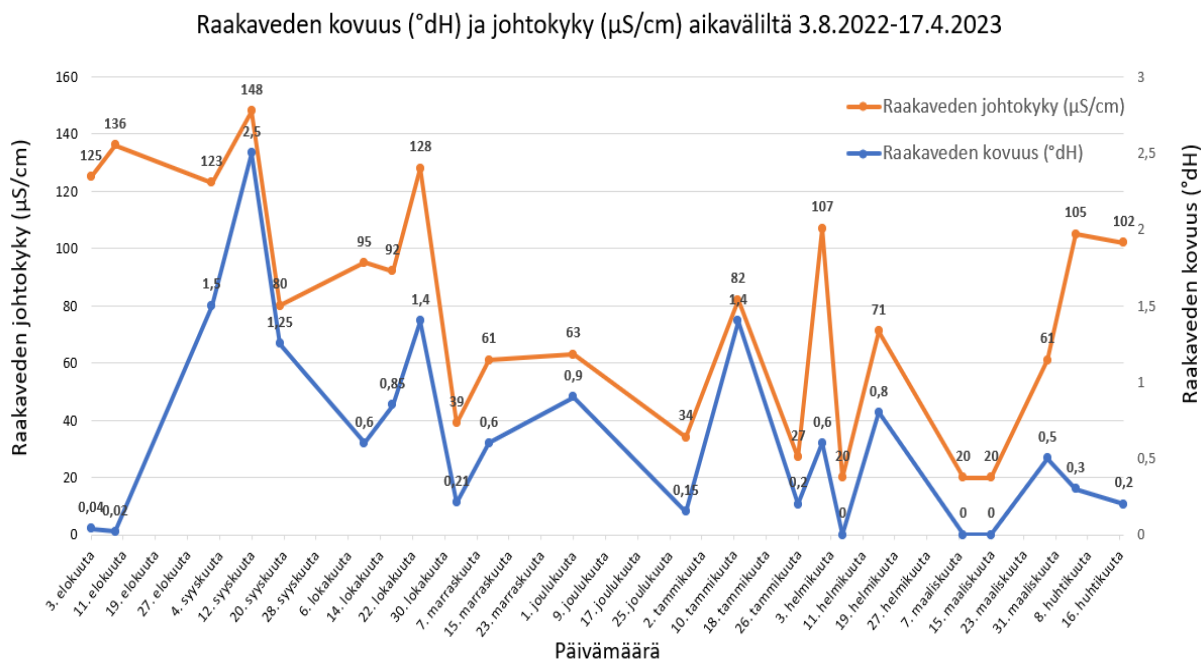
Puhdistettu savukaasulauhde on prosessivettä, jota ajetaan laitosvesialtaaseen, josta se pumpataan suoraan pehmennyssuodattimille. Puhdistettu savukaasulauhde ei sisällä kovuutta eli sen ei tarvitsisi mennä pehmennyssuodattimien läpi vaan se voitaisiin ohjata suoraan jatkokäsittelyyn kohti hiekka-suodattimia ja suolanpoistosarjoja tai kaukolämmön lisävedeksi. Kaikki kovuutta sisältävä HSY:n talousvesi ei puolestaan ehdi sekoittumaan altaiden välissä olevan putkiyhteen kautta laitosvesialtaan puolelle. Näin ollen kovuutta sisältävää talousvettä pumpataan raakavesipumpuilla hiekka-suodattimien kautta suolanpoistosarjoille ennen kuin se on käynyt pehmennyssuodattimilla kovuussuolojen poistossa. Tämä aiheuttaa sen, että kovuutta sisältävää vettä ohjautuu

raakavesialtaasta hiekkasuodattimille ja suolanpoistosarjoille aiheuttaen ongelmia suolanpoistoprosessille.

Pehmennyssuodattimia pyritään ajamaan aina tarpeen mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli raakavetenä käytetään pelkästään puhdistettua savukaasulauhdetta, ei sitä ajeta turhaan pehmennyssuodattimien läpi. Jos altaaseen joudutaan ottamaan talousvettä tavallista enemmän, silloin pehmennyskierto pidetään päällä manuaalisesti valitavalla virtauksella. Tällä hetkellä raakavedelle ei ole erillistä kovuusmittausta, vaan raakaveden kovuutta seurataan laboratoriossa säännöllisesti käsin tehtävällä kovuusanalyysillä. Mikäli raakavedelle olisi prosessissa oma kovuusmittaus, voitaisiin pehmennysprosessissa ottaa huomioon sen hetkinen veden kovuus. Pehmennyssuodattimien kapasiteetti kuluu ajettujen kuutioiden mukaan.

#### 2.1.1 Raakaveden kovuus- ja johtokykyanalyysit

Martinlaakson voimalaitoksella seurataan viikoittain raakaveden laatua voimalaitoslaboratoriossa tehtävillä analyyseilla. Kaaviossa 2 on esiteltyä tekemiäni kovuus- ja johtokykyanalyysseja raakavedestä samalla ajanhetkellä. Analyysit on tehty voimalaitoslaboratioon valuvasta raakavesinäytelinjan vedestä. Tämä laboratorioon tuleva raakavesi ei tule suoraan raakavesialtaasta, vaan se on käynyt ensin hiekkasuodattimien kautta kiintoaineiden poistossa. Raakavesinäytelinja laboratorioon on kuitenkin ennen suolanpoistosarjoille vievää paineensäätöventtiiliä (Laimio, 2023)



Kaavio 2. Raakaveden kovuus ja johtokyky aikavälillä 3.8.2022-17.4.2023.

Ensimmäiset raakavesianalyysit on tehty elokuussa 2022 ja viimeisimmät huhtikuussa 2023. Martinlaakson voimalaitoksen raakavesi on yleensä puhdistetun savukaasulauhteen sekä talousveden sekoitusta. Näiden seossuhde raakavedessä on täysin tilanteesta riippuvaa. Tämän huomaa selkeästi kaaviosta 2, jossa raakaveden johtokyky vaihtelee välillä 20–148 µS/cm. Raakaveden kovuus puolestaan vaihtelee välillä 0,01–2,5 °dH. Raakaveden johtokyky sekä kovuus kulkevat yhtäläisesti ja ovat riippuvaisia toisistaan. Tämä ei kuitenkaan päde aina, koska pehmenyskierto ei alenna raakaveden johtokykyä vaan pehmenyssiudattimilla ainoastaan vaihdetaan kovuussuolat natriumioneihin.

Raakaveden johtokyvyn ollessa alle 40 µS/cm, on raakavesi pääosin puhdistettua savukaasulauhdetta. Kun johtokyky on välillä 40–160 µS/cm, on raakavesi puhdistetun savukaasulauhteen sekä talousveden sekoitusta. Suuremmilla johtokykyarvoilla talousveden osuus on suurempi. Johtokyvyn sekä kovuuden perusteella pystyykin siis päättelemään, onko raakavesi ollut pääasiassa puhdistettua savukaasulauhdetta vai HSY:n talousvettä.

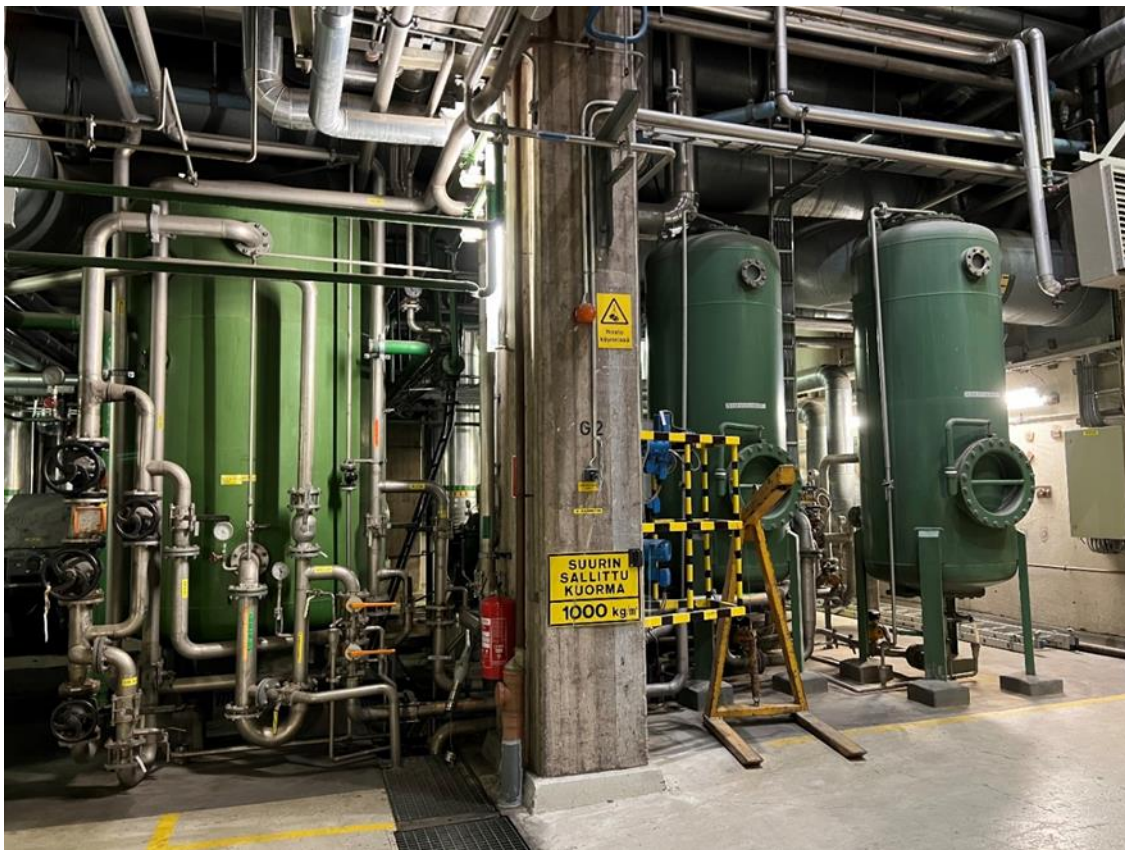
Talousveden kovuus vaihtelee pääkaupunkiseudulla 2,7–4,5 °dH välillä, riippuen laitoksesta. (Helsingin Seudun ympäristöpalvelut, 2022). Korkeimmat lukemat

raakavedestä ovat olleet syyskuussa 2022, jolloin kovuus on ollut 2,5 °dH sekä samalla ajanhetkellä johtokyky on ollut 148 µS/cm. Tällöin raakavesi on koostunut pääasiassa HSY:n talousvedestä. Eli puhdistettua savukaasulauhdetta ei ole ollut tarpeeksi saatavilla sen hetkisessä ajotilanteessa.

Alimmat lukemat ovat olleet helmi- ja maaliskuussa 2023, jolloin raakavetenä on käytetty puhdistettua savukaasulauhdetta. Tällöin raakavedessä ei ole kovuutta ja johtokykyarvo on alhainen, noin 20 µS/cm. Puhdistetun savukaasulauhteen käyttö raakavetenä mahdollistaa veden uusiokäytön, eikä sitä tarvitse johtaa pehmenyysuodattimien läpi. Kaukolämmön lisävedeksi johdettava vesi on kuitenkin ajettava pehmenyysuodattimien kautta, koska muuta kytkentää ei ole.

## 2.2 Martinlaakson voimalaitoksen pehmenyysuodattimet

Martinlaakson voimalaitoksella on yhteensä kolme pehmenyysuodatinta. Kuvassa 1 vasemmalla näkyy kaukolämpöveden sivukiertosuodatin ja oikealla kaksi pienempää rinnakkain kytkettyä pehmenyysuodatinta, joilla poistetaan raakaveden sisältämiä kovuussuoloja. Tämä työ käsittelee näiden kahden pienemmän pehmenyysuodattimien toimintaa ja niiden käytön tehostamista. Raakaveden pehmenyysuodattimia käytetään Martinlaakson voimalaitoksella vuorotellen ja vaihto tapahtuu aina suodattimen jakson (1800m<sup>3</sup>) lähestyessä loppua.



Kuva 1. Martinlaakson voimalaitoksen pehmenyysuodattimet.

### 2.2.1 Raakaveden pehmenyysuodattimien toimintaperiaate

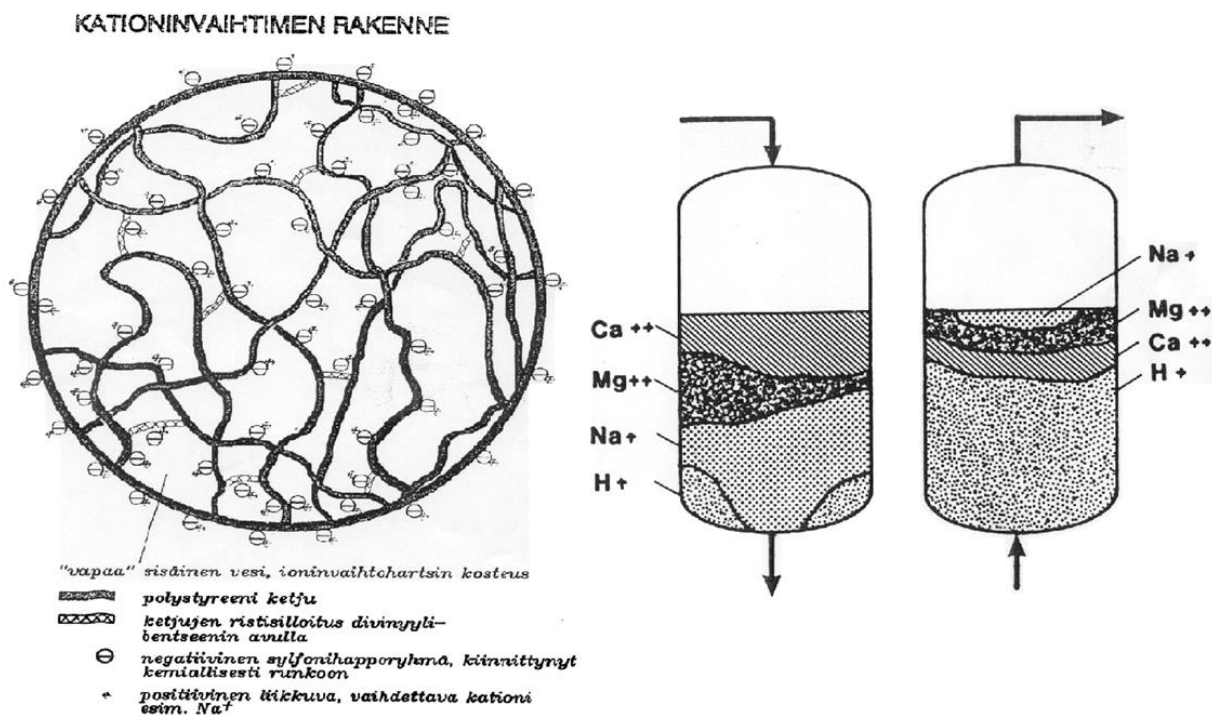
Raakaveden pehmenyysuodattimien tarkoituksena on nimensä mukaisesti pehmentää voimalaitoksen raakavedestä kovuus pois. Raakavedellä tarkoitetaan yleensä käsittelemätöntä luonnonvettä ja kaikissa luonnonvesissä on vaihtelevia määriä kalsium- ja magnesiumsuoloja, jotka muodostavat ns. veden kovuuden. (Pakkanen, 2009) Kovuuden poistaminen talousvedestä tarkoittaa sitä, että siitä poistetaan kalsium- ja magnesiumionit ( $\text{Ca}^{2+}$  ja  $\text{Mg}^{2+}$ ). Martinlaakson voimalaitoksella käytettävän talousveden kovuussuolat vaihtuvat pehmenyysuodattimen sisällä hartseihin kiinnittyneisiin natriumioneihin ( $\text{Na}^+$ ). (Sonninen 2013) Kun käytössä olevan pehmenyysuodattimen jakso ( $1800\text{m}^3$ ) ja natriumionit lähestyvät loppua, on pehmenyysuodatin ehtynyt. Ehtynyt pehmenyysuodatin elvytetään takaisin käyttökuntoon kylläisellä NaCl-liuoksella sen ollessa pois käytöstä. Elvytyksen jälkeen pehmenyysuodatin odottaa taas valmiina omaa käyttövuoroaan. Ilman elvyttämistä pehmenyysuodatin alkaa päästämään kovuutta sisältävää vettä läpi eli haluttuja ioneja ei saada enää poistettua vedestä. Silloin kovuussuolat jatkavat matkaansa raakavesialtaaseen ja sieltä kohti

hiekkasuodattimia ja suolanpoistosarjoja. Tämä halutaan välttää ja sen vuoksi pehmenyysuodattimien jakson pituus on määritelty HSY:n talousveden kovuuden mukaan  $1800\text{m}^3$ . Näin ollen elvytysväli pysyy hyvänä eivätkä  $\text{Na}^+$ -ionit pääse loppumaan kesken.

Raakavettä pehmentävät pehmenyysuodattimet ovat vahvoja kationinvaihtimia eli SAC-vaihtimia. Näissä käytetään toiminnallisena hartsina pelkästään vahvaa kationinvaihtohartsia, mutta vaihtimien yläosissa on lisäksi kelluva inerttihartsikerros virtauksen tasaamiseksi. (Espo, 2022) Kuvassa 2 näkyy yksittäisen kationinvaihtohartsipallon sekä kationinvaihtimen rakenne. Pehmenyysuodattimet ovat täynnä kyseistä kationinvaihtohartsimassaa. Nämä hartsit rakentuvat liukenemattomasta rungosta eli matrisista. Lisäksi ioninvaihtohartseissa on siihen liitettäviä funktionaalisia ryhmiä ja näiden vastaioneja (Laxman, 2010, s.21).

Negatiivisesti varautuneet pallot yksittäisen kationinvaihtohartsin sisällä ovat sulfonihapporyhmiä, jotka ovat kiinnittyneet kemiallisesti runkoon. Näin ollen vahvojen kationinvaihtohartsien funktionaalinen ryhmä on sulfonihapporyhmä  $\text{SO}_3^-$ . Vaihdettaville ioneille täytyy olla kationinvaihtohartsissa vastakkainen varaus mihin tarttua. (Laxman, 2010, s.22) Positiiviset ionit yksittäisen kationinvaihtohartsin sisällä ovat puolestaan liikkuvia, vaihdettavia kationeja,  $\text{Na}^+$ -ioneja pehmenyysuodattimien tapauksessa.

Kuvassa 2 oikeassa reunassa on esitettyä suolahapolla elvytettyä kationinvaihtimia. Tällöin pehmenyysuodatin ladataan täyteen  $\text{H}^+$ -ioneja. Martinlaakson voimalaitoksella raakaveden pehmenyysuodattimille tehdään kerran vuodessa suolahappopesu. Normaalisti natriumkloridilla tehtävässä elvytyksessä pehmenyysuodatin ladataan puolestaan täyteen  $\text{Na}^+$ -ioneja.



Kuva 2. Kationinvaihtimen rakenne.

Normaalissa ajossa pehmenyysuodattimien ollessa käytössä raakavettä ohjataan kationinvaihtimeen ylhäältä hartsipatjan päältä alaspäin. Elvytyksen aikana virtausuunta on puolestaan alhaalta ylöspäin eli vastavirtaan käyttösuuntaan nähden. Pehmenyysuodattimien sisältämä vahva kationinvaihtohartsimassa elvytetään natriummuotoon 10 %:lla suolaliuksella eli natriumkloridiliuksella ( $\text{NaCl}$ ). Tällöin  $\text{Na}^+$ -ionit kiinnittyvät  $\text{SO}_3^-$  ryhmiin eli sulfonihapporyhmiin. (Laxman, 2010, s.23)

Kun pehmenyysuodatin alkaa olla ladattuna täyteen  $\text{Na}^+$  -ioneja, on pehmenyysuodatin eli vahva kationinvaihdin elvytetty. Kun pehmenyysuodattimeen ajetaan käytön aikana kovuusuloja sisältävää raakavettä, vaihtuvat veden sisältämät  $\text{Ca}^{2+}$ -ionit ja  $\text{Mg}^{2+}$ -ionit näihin  $\text{Na}^+$ -ioneihin, jolloin raakavesi pehmenee. Näin ollen kovuusuolet jäävät pehmenyysuodattimiin eivätkä pääse aiheuttamaan ongelmia suolanpoistosarjoille.

### 3 LAITOSVESIMUUTOS

#### 3.1.1 Puhdistettu savukaasulauhde raakavedeksi

Martinlaakson voimalaitokselle tehtiin laitosvesimuutos vuonna 2020. Ennen tätä laitosvesimuutosta Martinlaakson voimalaitoksella raakaveden lähteenä toimi ainoastaan HSY:ltä otettava talousvesi. Tätä kovuutta sisältävää talousvettä ohjattiin suoraan pehmenyysuodattimille ja sieltä pehmenettynä raakavesialtaaseen. Ennen laitosvesimuutostakin talousvettä pystyttiin ohjaamaan raakavesialtaaseen pehmentämättömänäkin. Tätä linjaa käytettiin kuitenkin vain silloin, jos pehmenetty raakavesi ei riittänyt. (Laimio, 2023) Nykyisillä kytkennöillä talousvesi ohjataan aina pehmentämättömänä suoraan raakavesialtaaseen. Tämän takia kovuutta sisältävää vettä pääsee useammin jatkokäsittelyyn kohti suolanpoistosarjoja. Ennen laitosvesimuutosta näin saattoi käydä vain silloin, jos talousvettä jouduttiin ohjaamaan pehmentämättömänä raakavesialtaaseen.

Martinlaakson voimalaitokselle hankittiin vuonna 2019 käyttöön otetun biokattilan yhteydessä myös savukaasulauhteenkäsittelylaitos. Martinlaaksoon rakennettu biokattila käyttää pääpolttoaineenaan puuperäisiä biopolttoaineita (Vantaan Energia, 2022). Muutoksen myötä savukaasulauhde saatiin hyötykäyttöön prosessivedeksi. Tämän jälkeen ensisijainen raakaveden lähde on ollut puhdistettu savukaasulauhde, joka johdetaan laitosvesialtaaseen, kuten kaaviossa 1 on esitetty. Laitosvesimuutoksen myötä hankituilla laitosvesipumpuilla saadaan ohjattua puhdistettu savukaasulauhde prosessiin. Nykyään HSY:ltä otetaan lisäksi talousvettä raakavedeksi vain tarvittaessa.

Laitosvesimuutoksen yhteydessä purettiin kiinteät putkiyhteydet talousvesiverkoston sekä prosessivesiverkon välillä. Nykyvaatimuksien mukaan talousvesiverkosto ei edes saisi olla suorassa yhteydessä mihinkään prosessivesiverkoston, ettei talousvesi pääsisi missään tapauksessa saastumaan takaisinvirtauksen takia. Tämä koskee kaikkia tuotantolaitoksia. Varoittavana esimerkkinä tällaisesta talousveden saastumisesta on Nokian vesikriisi vuodelta 2007. Tuolloin 400 000 litraa jätevettä pääsi sekoittumaan takaisinvirtauksen myötä prosessiverkoston talousvesiverkoston ja näin ollen juomaveteen.



Prosessivesiverkoston sekä talousvesiverkoston toisistaan eristänyt venttiili päästi siis takaisinvirtauksen myötä jäteveden virtaamaan väärään suuntaan. (Mansikka, 2017).

### 3.1.2 Laitosvesimuutoksen seuraukset

Martinlaakson voimalaitoksella käytettävä raakavesi on usein sekavettä, joka sisältää sekä puhdistettua savukaasulauhdetta että HSY:n kovuutta sisältävää talousvettä. Tällä hetkellä ongelmana on se, että kaikki talousvesi ei tavallisesti ehdi käymään pehmenyysuodattimien läpi kovuussuolojen poistossa ennen kuin se johdetaan jatkokäsittelyyn raakavesialtaasta. Kovuutta sisältävä vesi aiheuttaa ongelmia prosessissa kovuussuolojen saostumisen takia. Merkittävin ongelma on kipsin muodostuminen suolanpoistosarjoille kationinvaihtimien rikkihappoelvytyksen yhteydessä. Tätä ei osattu aavistaa etukäteen, kun laitosvesimuutosta tehtiin vuonna 2020. Kovuutta sisältävä vesi on mahdollinen saostumien aiheuttaja myös pesurilla, lauhduttimella, märkäähdähdyttimillä sekä hiilikattilan ureansyöttölinjoilla.

### 3.1.3 Kipsin muodostuminen rikkihappoelvytyksen yhteydessä

Kovuusongelma näkyy merkittävimmin ioninvaihtosarjoilla, kationinvaihtimien rikkihappoelvytyksen yhteydessä. Rikkihappo reagoi huuhteluvedessä olevien kalsiumionien kanssa muodostaen kipsiä kationinvaihtimiin kuvan 3 mukaisesti. Tämä muodostunut kipsi tukkii kationinvaihtimien suuttimia ja hankaloittaa käsiteltävän veden virtausta. Muodostunut kipsisakka hidastaa todella paljon kationinvaihtimien huuhtoutumista käyttöön, joka täytyy ottaa huomioon sarjojen elvytyksen yhteydessä. Pahimmassa tapauksessa myös neutralointialtaan tila loppuu kesken pitkittyneen käyttöön-ottohuuhtelun vuoksi.

Ongelmaa yritettiin helpottaa vaihtamalla kationinvaihtimien heikot kationinvaihtohartsit (WAC) vahvoiksi kationinvaihtohartseiksi (SAC), jotka toimivat laajemmalla pH-alueella. Heikot kationinvaihtohartsit eivät kestä niin paljoa kipsaantumista ja toimivat vain tietyllä pH alueella. Heikkojen kationinvaihtohartsien pH-toiminta-alue on 6–14, kun taas vahva ioninvaihtohartsimassa toimivat periaatteessa kaikilla pH-arvoilla. (Laxman, 2010, s.34) Vaihdos tehtiin, jotta rikkihappoelvytyksen yhteydessä ei

tapahtuisi niin paljon kipsaantumista. Ennen muutosta kationinvaihtimissa oli heikkoa ioninvaihtohartsimassaa päällä ja vahvaa ioninvaihtohartsimassaa alla. Heikon ja vahvan hartsimassan avulla pystyttiin puhdistamaan käsiteltävästä vedestä hieman eri ioneja. Vaihdoxesta huolimatta kalsiumionit ( $\text{Ca}^{2+}$ ) reagoivat edelleen kationinvaihtimissa rikkihapon ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) kanssa muodostaen kalsiumsulfaattihydraattia ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) eli kipsiä. Kipsin muodostumisreaktio on esitettyä tarkemmin kaavassa 1 alla. Kalsium reagoi rikkihapon ja veden kanssa muodostaen kalsiumsulfaattidihydraattia eli kipsiä sekä vetyä.



Martinlaakson voimalaitoksella on käytössä kaksi ioninvaihtosarjaa (sarja 1 ja sarja 2), joilla valmistetaan voimalaitoksen lisävetä. Sarjassa 1 on yksi kationinvaihdin sekä yksi anioninvaihdin. Sarjassa 2 on puolestaan yksi kationinvaihdin ja kaksi anioninvaihdinta (heikko ja vahva). Näiden ioninvaihtimien lisäksi sarjoilla on omat sekavaihtimensa sekä yksi yhteinen hiilidioksidin poistotorni. Näitä sekavaihtimia voidaan poikkeustilanteessa ajaa myös ristiin. (Oksanen, 2022)

Toinen näistä ioninvaihtosarjoista on aina käytössä ja toinen on odottamassa omaa käyttövuoroaan. Ioninvaihtosarjan jakson lähestyessä loppua, toisin sanoen ioninvaihtohartsin ehtyessä, ioninvaihtosarja elvytetään ja toinen sarja otetaan käyttöön. Ioninvaihtosarjan elvytykseen kuuluu vastavirtahuuhtelu, elvytyskemikaalien annostelu sekä huuhtelut. Tarkastellaan lähemmin elvytyskemikaalien annostelua. Anioninvaihtimet elvytetään lipeällä ( $\text{NaOH}$ ) ja kationinvaihtimet elvytetään rikkihapolla ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Rikkihappoa syötetään kolmessa vaiheessa alkaen laimeammasta siirtyen vahvempaan. Ioninvaihtosarjan 1 kationinvaihtimien elvytyksessä ensimmäisen rikkihapon syötön vahvuus on 0,60 %, toisen 1,51 % ja kolmannen 2,98 %. Ioninvaihtosarjan 2 kationinvaihtimien elvytyksessä ensimmäinen rikkihapon syötön vahvuus on puolestaan hieman alhaisempi 0,48 %, toisen 1,5 % ja kolmannen 3,0 %. (Laimio, 2022) Kationinvaihtimien elvytys aloitetaan laimeammalla rikkihapolla, koska näin pyritään vähentämään kipsaantumista. Tämä ei kuitenkaan poista kipsaantumista kokonaan.

Kuvassa 3 on kationinvaihtimen näkölasista näkyvää rikkihappoelvytyksen yhteydessä muodostunutta kipsisakkaa.



Kuva 3. Sarjan 2 kationinvaihtimeen muodostunutta kipsiä.

Kuvassa 4 näkyy myös, kuinka kipsiä muodostuu lisäksi kationinvaihtimien suuttimiin. Tämä estää huuhteluveden sujuvan virtaamisen sarjojen elvytyksessä.



Kuva 4. Sarjan 1 kationivaihdin elvytyksen jälkeen.

### 3.1.4 Kovuuden aiheuttamat ongelmat muualla prosessissa

Ioninvaihtosarjojen lisäksi veden sisältämä kovuus voi aiheuttaa ongelmia myös pesurissa, lauhduttimella sekä märkääjähdyslaitteilla. Mikäli märkääjähdyslaitteille päätyy riittävästi kovuutta sisältävää vettä, alkaa kovuussuoloja kertymään märkääjähdyslaitteiden alaisiin. Ajan kuluessa myös altaiden reunoille alkaa muodostumaan saostumia. Lisäksi pesurille ja lauhduttimelle voi alkaa kertymään sakkaa, jos kovuutta sisältävää vettä ajetaan niille jatkuvasti. Kalsium voi reagoida yhtä lailla myös pesurissa sekä lauhduttimella muodostaen kalsiumsulfaattihydraattia eli kipsiä. Laitosvettä käytetään myös hiilikattilan urean laimennusvetenä (Laimio, 2023). Myöskään tänne ei haluta kovuutta, koska ureansyöttölinjoihin sekä suuttimiin saattaa kertyä saostumia. Näitä kovan veden aiheuttamia ongelmia ei siis muodostu pelkästään kationinvaihtimille, vaan se voi aiheuttaa tukkeumia ja kerrostumia myös muualla prosessissa haitaten jopa lämmönsiirtymistä.

## 4 RATKAISUEHDOTUKSET

### 4.1 Mahdolliset vaihtoehdot

Laitosvesimuutoksen seurauksena syntyneeseen kovuusongelmaan on mietitty erilaisia ratkaisuja. Nykyisen kovuusongelman poistamiseksi tulee tehdä muutoksia prosessiin. Eri ratkaisuvaihtoehtoja on mietittävä useasta näkökulmasta ja niitä tarkastellaan lähemmin seuraavissa kappaleissa. On otettava huomioon valittavan ratkaisun toimivuus, järkevyyt, hinta sekä tilan riittävyys voimalaitoksella. Ongelmaan mietittiin useita eri ratkaisuja, joita esitellään seuraavissa kappaleissa tarkemmin. Parhaaksi todeutuun ratkaisuvaihtoehtoon paneudutaan lähemmin kappaleessa 3.2.

#### 4.1.1 Jatkuvatoimiset kovuusmittarit ja jakson uudelleenmitoittaminen

Talousvesi voitaisiin myös jatkossa ohjata raakavesialtaaseen ennen pehmenys-suodattimia. Pehmenys-suodattimia voitaisiin siis ajaa nykyisillä kytkennöillä. Tässä tapauksessa Martinlaakson voimalaitokselle hankittaisiin jatkuvatoimisia kovuusmittareita. Kuvassa 5 on nähtävissä esimerkki kovuusmittarista.



Kuva 5. Jatkuvatoiminen kovuusmittari (BOQU, 2019).

Näillä jatkuvatoimisilla kovuusmittareilla mitattaisiin raakaveden kovuutta. Kovuusmittauksella ohjattaisiin pehmentimille ajettavan raakaveden määrää. Tällä hetkellä raakavedestä mitataan kovuutta ainoastaan käsin tehtävillä laboratorioanalyysillä viikoittain, eli reaaliajassa kovuutta ei näe mistään. Tämän takia ei tiedetä tarkalleen ajan-kohtaista kovuutta raakavedessä. Se hankaloittaa tietämään todellista pehennys-suodattimien kapasiteetin kulumista.

Tällä hetkellä raakaveden pehennysuodattimet on mitoitettu  $1800\text{m}^3$  kapasiteetti-  
tajaan. Tämä  $1800\text{m}^3$  on määritelty HSY:n talusveden kovuudelle, joka on noin 2,7–  
4,5 °dH välillä pääkaupunkiseudulla (Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut, 2023).  
Martinlaakson voimalaitoksella raakaveden kovuus kuitenkin vaihtelee riippuen puh-  
distetun savukaasulauhteen määrästä. Jakson pituus olisi helpompi laskea ja mitoittaa  
silloin, jos raakaveden kovuus ei juurikaan vaihtelisi. Olisi myös hyödyllistä lisätä toi-  
nen jatkuvatoiminen kovuusmittari seuraamaan veden laatua heti pehennysuodatti-  
mien jälkeen. Näin voitaisiin seurata mahdollista jakson odotettua nopeampaa kulu-  
mista, esimerkiksi HSY:n talusveden kovuuden vaihteluitten takia. Lisäksi ennen sar-  
joja olisi hyvä olla jatkuvatoiminen kovuusmittaus. Tällöin kovuutta sisältävän veden  
pääsyyn kohti suolanpoistosarjoja voitaisiin puuttua, ennen kuin se pääsisi aiheutta-  
maan ongelmia kationinvaihtimiin.

Jatkuvatoimisen kovuusmittauksen avulla pehennysuodattimien kapasiteettia voi-  
taisiin käyttää järkevämmiin. Mittauksen perusteella voisi säätää pehennysuodatti-  
mille ajettavan raakaveden määrää. Tätä varten täytyisi asentaa automatiikkaa, jotta  
veden ohjautuminen toimisi automaattisesti sekä järkevästi. Tämä ei kuitenkaan ole  
kannattavin ratkaisuvaihtoehto, koska myös tätä varten tarvittaisiin putkimuutoksia.  
Vesien täytyisi ohjautua vastakkaisille puolille kuin tällä hetkellä. Eli talusvesi tulisi  
ohjata laitosvesipumppujen läheisyyteen, eikä raakavesipumppujen viereen. Muuten  
raakavesi ohjautuisi edelleen suoraan kohti hiekkasuodattimia ja suolanpoistosarjoja,  
ennen pehennysuodattimia. Tällöin jatkuvatoimisista kovuusmittareista ei olisi juu-  
rikaan hyötyä. Talusveden uudelleenohjaamista käsitellään lisää kappaleessa 4.1.2.

#### 4.1.2 Talousveden uudelleenohjaus ja sekoittumisen tehostaminen

Talousvesi virtaa tällä hetkellä raakavesipumppujen imupuolelle, mistä sitä pumpataan ioninvaihtosarjoihin. Puhdistettu savukaasulauhde ohjautuu puolestaan hyvin lähelle laitosvesipumppuja, josta sitä pumpataan kohti pehmenyysuodattimia.

Yksi ratkaisuehdotus tähän olisi se, että vedet johdettaisiin vastakkaisiin altaisiin. Tällöin enemmän kovuutta sisältävää talousvettä pääsisi pehmenyysuodattimien läpi. Myöskään puhdistettua savukaasulauhdetta ei kulkeutuisi turhaan pehmenyysuodattimien läpi. Lisäksi puhdistetun savukaasulauhteen sekä talousveden sekoittumista voitaisiin tehostaa altaiden välillä sekoituspumpuilla. Yksi sekoituspumppu lisättäisiin raakavesialtaan puolelle ja toinen laitosvesialtaan puolelle. Mikäli vesien sekoittumista pyrittäisiin lisäämään huomattavasti, ei tarvitsisi tehdä putkimuutoksia.

Vesien uudelleenohjaus vastakkaisille puolille sekä sekoittumisen tehostaminen eivät kuitenkaan olisi parhaita mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja kovuusongelman poistamiseksi. Uudelleenohjautumiseen tarvittavat putkimuutokset olisivat hankalia, eivätkä ne poistaisi täysin kovuusongelmaa, koska kaikki talousvesi ei välttämättä silti päätyisi pehmenyysuodattimille ennen jatkokäsittelyyn ohjausta. Sama olisi myös mahdollisten altaisiin laitettavien sekoituspumppujen kanssa.

#### 4.1.3 Elvytyskemikaalin vaihtaminen tai laimentaminen ja neutralointialtaan tilan lisääminen

Ioninvaihtosarjojen kationinvaihtimia elvytetään tällä hetkellä rikkihapolla, joka reagoi kovuusolojen kanssa muodostaen kipsiä. Muodostunut kipsi tarttuu hartsin pinnalle sekä hartsipatjan sisälle kipsisakaksi heikentäen hartsin toimintaa. Tämä muodostunut kipsi tukkii kationinvaihtimien suuttimia ja hankaloittaa näin ollen käsiteltävän veden virtausta. Tämä hidastaa ja hankaloittaa huomattavasti kationinvaihtimien huuhtoutumista käyttöön rikkihappoelvytyksen jälkeen.

Kationinvaihtimien elvytyskemikaali voitaisiin vaihtaa rikkihaposta ( $H_2SO_4$ ) suolahappoon ( $HCl$ ). Tämä ei kuitenkaan olisi järkevin ratkaisu, koska suolahappo on huomattavasti kalliimpi kemikaali kuin rikkihappo ja näin ollen ioninvaihtosarjojen

elvytyskustannukset nousisivat huomattavasti. Suolahappo on yksiarvoinen happo. Monoproottiset eli yksiarvoiset hapot reagoivat vain kerran yhtä molekyyliä kohden. Tämä tarkoittaa sitä, että kaupallista suolahappoa (33%) tarvitsisi määrällisestikin enemmän verrattuna rikkihappoon (93%), joka puolestaan on kaksiarvoinen happo.

Suolahappo on myös suhteessa vaarallisempi kemikaali käytettäväksi senkin takia, että se höyrystyy helpommin. Lisäksi nykyinen järjestelmä on suunniteltu rikkihapolle ja neutralointihuoneessa on rikkihapolle oma 10 m<sup>3</sup>:n varastosäiliö. Martinlaakson voimalaitoksella ei ole suolahapolle omaa kiinteää varastosäiliötä. Suolahappoon vaihtaminen olisi siis kallista, hankalaa ja epäkäytännöllistä. Elvytyskemikaalin vaihtaminenkaan ei ratkaisi sitä, että kovuutta sisältävää vettä pääsisi yhä kulkeutumaan eri puolelle prosessia.

Nykyisin käytettävää rikkihappoa voitaisiin myös laimentaa. Tällöin kationinvaihtimia elvytettäisiin laimeammalla rikkihapolla, jolloin kipsiä ei muodostuisi huuhteluiden yhteydessä yhtä herkästi. Rikkihappoa ei voida kuitenkaan laimentaa nykyistä enempää, koska neutralointialtaan tila ei riitä elvytysliuoksille, mikäli niiden tilavuus kasvaisi huomattavasti. Neutralointialtaan tilavuutta on vaikea lisätä, koska sekä altaat että säiliöt on suunniteltu tämänhetkisille virtausmäärille sekä tilavuuksille. Mikäli neutralointialtaan tilavuutta onnistuttaisiin lisäämään ja rikkihappoa laimennettaisiin enemmän, se ei kuitenkaan poistaisi alkuperäistä kovuusongelmaa. Eli kaikki kovuutta sisältävä talousvesi ei siltikään ohjautuisi pehmennyssuodattimien läpi ja kovuutta ohjautuisi yhä prosessiin.

#### 4.1.4 Talousveden ohjaaminen pehmennyssuodattimille kiinteällä linjalla

Ennen laitosvesimuutosta talousvesi ohjattiin kiinteällä linjalla suoraan pehmennyssuodattimille. Välissä ei ollut tuolloin välisäiliötä, vaan takaiskuventtiileitä. Tätä lähdettiin muuttamaan biokattilan sekä savukaasulauhteenkäsittelylaitoksen rakennuttamisen yhteydessä. Voimalaitoksen vesijärjestelmiin tehtiin muutoksia, joiden myötä suorat kytkennät talousveden ja vesiprosessien väliltä poistettiin. Siitä saakka talousvesi on ohjattu suoraan raakavesialtaaseen pehmentämättömänä.



Mikäli talousvesi ohjattaisiin uudestaan pehmennyssuodattimille kiinteän putkilinjan myötä, voitaisiin prosessivesien takaisinvirtaus ja talousveden saastumisriski ennaltaehkäistä useammalla takaiskuventtiilillä. Tämä ei kuitenkaan riitä nykyvaatimuksien mukaan, sillä välissä tulee olla vapaa ilmapäli. (SFS-EN 1717:2008, 2008, s.13) Kiinteä linja ilman välisäiliötä ei olisi siis turvallinen tai hyväksyttävä ratkaisu takaisinvirtauksen ja talousveden saastumisriskin kannalta. Vapaa ilmatila eli esimerkiksi välisäiliö estää varmasti sen, ettei prosessivesiä pääse virtaamaan väärään suuntaan. Takaiskuventtiilit eivät korvaa vapaan ilmatilan tärkeyttä.

#### 4.1.5 Talousveden ohjaaminen pehmennyssuodattimille paloletkulla

Talousvesi voitaisiin ohjata pehmennyssuodattimille myös irrotettavalla paloletkulla. Tämä on kuitenkin epäkäytännöllinen ja työläs ratkaisu pitkällä tähtäimellä. Paloletkun toinen pää kiinnitettäisiin sinne, missä kulkee HSY:n talousvesi. Toinen pää kiinnitettäisiin suoraan pehmennyssuodattimille.



Kuva 6. Talousveden ohjaaminen paloletkulla pehmennyssuodattimille.

Tämä ei kuitenkaan ole kannattava ratkaisu, koska 2 tuuman kokoisella paloletkulla pystytään ottamaan enimmillään 8 kg/s talousvettä, mikä ei ole tarpeeksi. Virtauksen tulisi olla 12 kg/s. (Laimio, 2023) Palopostin käyttö on myös tarkoitettu vain tilapäiseen käyttöön, eikä sieltä kuulu ottaa jatkuvaan käyttöön talousvettä. Lisäksi paloletku aiheuttaa kompastumisvaaran sekä tukkii kulkuväyliä voimalaitoksella. Letkun paikalleen asettelu, purkaminen sekä kuivattaminen vie myös paljon aikaa. Satunnaiseen käyttöön talousveden ohjaaminen paloletkulla onnistuu, mutta jatkuvaan käyttöön se ei sovellu. Takaisinvirtauksen riski on olemassa myös paloletkua käytettäessä veden johtamiseksi pehmentimille.



Kuva 7. Paloletku palopostista pehmentyysuodattimille.

#### 4.1.6 Raakaveden RO-laitteisto

Martinlaakson voimalaitoksella on yksi käyttöä vailla oleva pienempi RO-laitteisto. Yksi vaihtoehto olisi, että raakavesialtaasta johdettaisiin talousvettä sivukiertona 7m<sup>3</sup>/h RO-laitteistolle. RO-laitteisto poistaa vedessä olevia epäpuhtauksia paineen avulla. Käänteisosmoosilaitteistossa voidaan käyttää kovuudenpoistokemikaalia, eli antiskalanttia; tällöin kalvot tukkeutuvat hitaammin. Antiskalantti syötettäisiin raakaveteen, ennen sen ohjautumista RO-laitteistolle. (Espo, 2023) Antiskalantti päätyisi lopulta neutralointialtaaseen, joten antiskalantti tulisi valita tämä huomioon ottaen. Tavoitteena on aina käyttää mahdollisimman vähän ympäristölle sekä ihmisille haitallisia kemikaaleja.

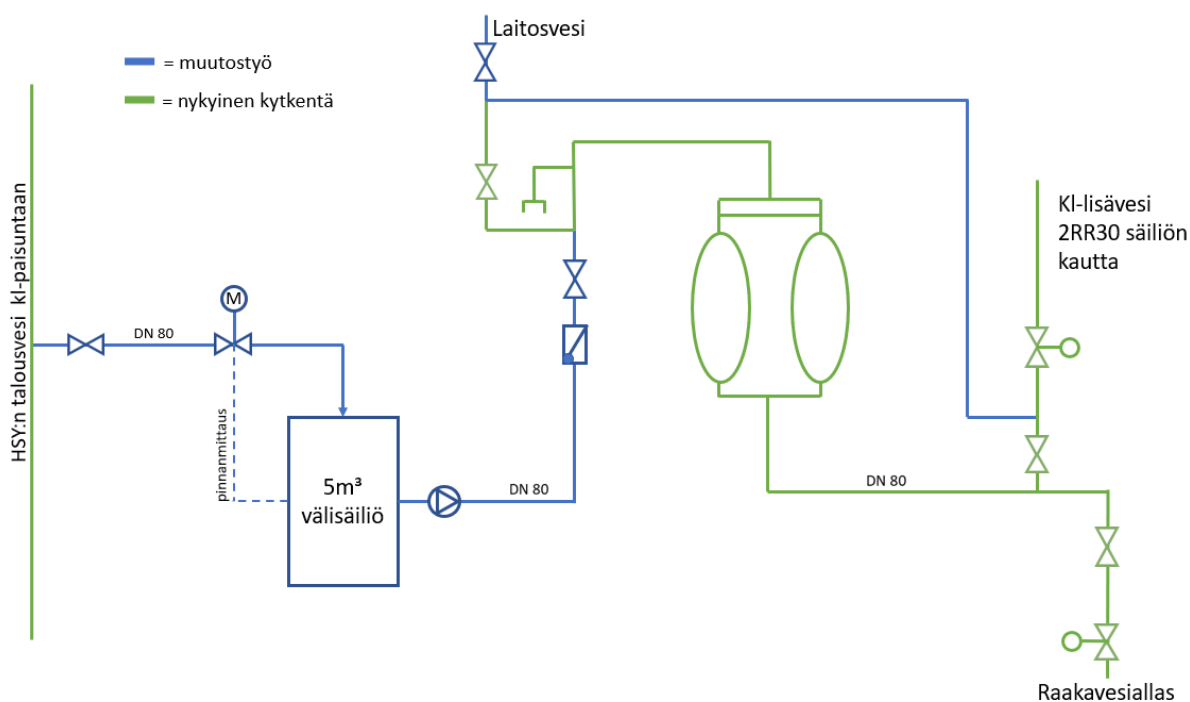
RO-laitteistosta saataisiin ulos noin 75 % permeaattia eli tässä tapauksessa raakavettä takaisin raakavesialtaaseen puhdistettuna. Lisäksi RO-laitteistosta tulisi noin 25 % konsentraattia, joka pumpattaisiin puolestaan neutralointialtaaseen. (Espo, 2023) Tässä ratkaisuvaihtoehdossa olisi hyvää se, että kyseinen käänteisosmoosilaitteisto löytyisi jo Martinlaakson voimalaitokselta, mutta siihen täytyisi vaihtaa kalvot sekä tehdä tarvittavia muutoksia, jotta se olisi sopiva kyseiseen käyttötarkoitukseen. RO-laitteistoa ei tarvitsisi myöskään pestä kuin kerran tai kaksi vuodessa. Käänteisosmoosilaitteistoa käytettäessä raakavettä menisi kuitenkin 25 % hukkaan. Tulisi turhaa veden, sähkön ja energian kulutusta sekä tarvittaisiin putkimuutoksia toteutusta varten. Myöskään tämä vaihtoehto ei poistaisi sitä, että kovuutta sisältävää talousvettä voisi yhä ohjautua osittain kohti suolanpoistosarjoja.

#### 4.2 Valittu ratkaisuehdotus

Tarkastellaan nyt lähemmin parhaaksi todettua ratkaisuehdotusta. Olemme kokeneet parhaaksi ratkaisuvaihtoehdoksi yhdessä kemian tiimin kanssa sen, että HSY:n kovuutta sisältävä talousvesi ohjattaisiin kiinteän linjan kautta pehmennyssuodattimille. Jotta tämä ratkaisu olisi nykyvaatimuksien mukainen, tulee kiinteässä linjassa olla myös vapaa ilmatila talousvesiverkoston sekä prosessivesiverkoston välillä. Näin voidaan poissulkea täysin prosessivesien takaisinvirtaus ja talousveden saastumisriski. Vapaa ilmatila tullaan toteuttamaan välisäiliöllä.

Tällainen putkimuutos tullaan toteuttamaan, jotta tulevaisuudessa säästetään rahaa, aikaa sekä välttyään kovuusongelman aiheuttamilta seurauksilta. Työn konkreettinen toteutus etenee myöhemmin tämän opinnäytetyön valmistuttua työsuunnittelun kautta. Vasta tällöin saadaan arvioitua tarkemmat hinta-arviot, muutostöiden aikataulu sekä työvaiheet. Sen myötä tullaan tekemään prosessimuutokset sekä PI-kaavioiden muutokset.

Kaaviossa 3 on esiteltynä tuleva muutostyö. Sininen linja kuvaa tarvittavia uusia putkikyhteitä, joita ei vielä ole olemassa. Vihreä linja kuvaa vanhoja olemassa olevia kytkentöjä. Tämä ratkaisuvaihtoehto vaatii putkimuutoksia sekä uuden 5m<sup>3</sup>:n kokoisen välisäiliön sekä pumpun, jolla ohjataan vettä välisäiliöltä pehmennyssuodattimille. Uudet putkilinjat toteutetaan DN80- putkikoolla.



Kaavio 3. Muutostyö talousveden ohjaamisesta välisäiliön kautta pehmennyssuodattimille.

Muutoksen yhteydessä prosessiin olisi hyvä lisätä jatkuvatoimisia kovuusmittareita, joita ei vielä ole Martinlaakson voimalaitoksella. Nämä jatkuvatoimiset kovuusmittarit helpottavat veden laadun seuraamista myös ohjausnäytöltä käsin. Raakavedestä saataisiin nopeammin ajankohtaisia kovuustuloksia, kuin tekemällä kovuusanalyysia satunnaisesti käsin laboratoriossa.

Veden kovuutta olisi hyvä seurata reaaliajassa välisäiliön jälkeen, ennen sen ohjautumista pehmennyssuodattimille. Toinen kovuusmittari olisi hyvä sijoittaa heti pehmennyssuodattimien jälkeen, jotta voidaan seurata jakson kulumista. Toinen vaihtoehto olisi tehdä kovuusanalyysi käsin aina oletettavan jakson loppuvaiheessa. Jatkuvatoinisilla kovuusmittauksilla pystyttäisiin kätevästi ohjaamaan jakson pituutta aina tilanteen mukaan. Pehmennyssuodattimien elvytyskertojen määrä voisi vähentyä ja näin säästettäisiin myös elvytyskustannuksissa. Talvisin puhdistetun savukaasulauhteen määrä on huomattavasti suurempi. Pehmentimiä ajettaisiin vain tarpeen mukaan käsiteltäessä talousvettä. Pehmennyskapasiteetti tulisi käytettyä vain tarpeeseen. Jaksojen kulumista voitaisiin tarvittaessa seurata prosessissa olevien kovuusmittauksien avulla.

Valittuun ratkaisuvaihtoehtoon päädyttiin, koska tällä tavoin voidaan ehkäistä kovan veden kulkeutuminen prosessiin. Kun tarvitaan HSY:n talousvettä raakaveden toiseksi lähteeksi, se kulkisi automaattisesti aina välisäiliön kautta pehmennyssuodattimille. Kaikki kova vesi saataisiin pehmennettyä ja näin ollen saataisiin ennaltaehkäistyä samalla kovan veden aiheuttamia uusia ongelmia eri puolella prosessia.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tutkimuksen perusteella kovan talousveden pääsy suolanpoistosarjoille aiheuttaa huomattavia ongelmia prosessiin. Kovan veden sisältämät kalsiumionit reagoivat kationivaihtimissa elvytyskemikaalin eli rikkihapon kanssa muodostaen kipsiä eli kalsiumsulfaattidihydraattia ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Tämän todettiin vaikeuttavan suolanpoistosarjosten elvyttämistä. Johtopäätelminä havaittiin sen heikentävän vedenkäsittelyn toimintakykyä Martinlaakson voimalaitoksella aiheuttaen ylimääräisiä kustannuksia.

Työssä pohdittiin ongelmien vaikutuksia myös pitkällä tähtäimellä. Selvitettiin kovuutta sisältävän veden mahdollinen pääsy myös muualle prosessiin. Eri puolilla prosessia voidaan olettaa esiintyvän ongelmia tulevaisuudessa, kuten saostumien ja kerrostumien muodostumista märkääjäähdyttimille, lauhduttimeen sekä pesuriin. Tultiin siihen lopputulokseen, että näitä olisi hyvä ennaltaehkäistä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tämänkin takia on järkevää, että prosessiin tehdään muutoksia.

Kokeellisessa osuudessa seurattiin raakaveden kovuuden sekä johtokyvyn vaihtelua ja näiden suhdetta toisiinsa. Onnistuttiin saamaan selkeitä tuloksia, jotka kertovat raakaveden koostumuksesta aina kyseisellä ajanhetkellä. Tein omaa pohdintaa mahdollisten mittausvirheiden sekä kontaminaatoriskien kannalta. Voimalaitosympäristössä on aina paljon epäpuhtauksia sekä kemikaaleja. Muuttujia on lukematon määrä, eikä koskaan voi olla täysin varma, kuinka hyvin raakavesi on sekoittunut milläkin ajanhetkellä. Ottamiani näytteitä tulee siis tarkastella tämä huomioon ottaen. Kalibroin johtokymittarin viikoittain enkä käyttänyt vanhentuneita reagensseja. Lisäksi täytyy huomioda, että analyysit ovat tehty aikavälillä elokuu 2022–huhtikuu 2023. Analyysien perusteella tehtäviä pohdintoja voidaan soveltaa vain tälle aikavälille. Tämän takia Martinlaakson voimalaitoksella seurataankin raakaveden laatua viikoittain jatkossakin.

Työssä onnistuttiin selvittämään vedenkäsittelyn toimivuuden puolesta kannattavin ratkaisuvaihtoehto. Ratkaisuvaihtoehto valittiin niin taloudellisuuden, ajankäyttölisyyden kuin toimivuudenkin kannalta. Prosessia tullaan muuttamaan niin, että kova vesi ei pääse jatkossa ohjautumaan suolanpoistosarjoille. Tämä tullaan toteuttamaan

HSY:n talousveden ohjaamisella välisäiliön kautta suoraan pehmennyssuodattimille, ennen sen pääsyä raakavesialtaaseen.

Kaiken kaikkiaan selvityksen perustella voidaan todeta, että kovuusongelmaan tulee puuttua mahdollisimman pian. Muutoksia tulee tehdä siltä näkökannalta, että ydinongelma saadaan poistettua. Ydinongelmalla tarkoitetaan sitä, että HSY:n talousvesi ohjautuu nyt osittain suolanpoistosarjoille, ennen kuin se on käynyt pehmennyssuodattimilla kovuussuolojen poistossa. Pitkällä tähtäimellä ei ole kannattavaa keskittyä ratkomaan tämän seurauksena syntyneitä uusia ongelmia, kuten ioninvaihtohartsien sekä suuttimien jatkuvaa vaihtamista. Tämä ei olisi taloudellisesti eikä ajankäytöllisesti järkevää. Jatkotoimenpiteitä prosessimuutosta varten tullaan tekemään lisää vielä tämän vuoden puolella.

## LÄHTEET

BOQU. (2019). PFG-3085 Online Water Hardness Meter. [Kuva]. Viitattu 10.4.2023.  
<https://www.boquinstrument.com/pfg-3085-online-water-hardness-meter>

Espo, J. (6.10.2022). Henkilökohtainen keskustelu Vantaan Energia Oy:n prosessi-insinööri Jere Espon, kanssa. Viitattu 6.10.2022.

Espo, J. (12.1.2023). Henkilökohtainen keskustelu Vantaan Energia Oy:n prosessi-insinööri Jere Espon, kanssa. Viitattu 12.1.2023.

Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut. (2023). Veden laatu. Viitattu 10.4.2023.  
<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/veden-laatu/>

Laimio, J. (6.10.2022). Henkilökohtainen keskustelu Vantaan Energia Oy:n laboratorioinsinöörin Johanna Laimion, kanssa. Viitattu 6.10.2022.

Laimio, J. (9.2.2023). Henkilökohtainen keskustelu Vantaan Energia Oy:n laboratorioinsinöörin Johanna Laimion, kanssa. Viitattu 6.10.2022.

Laxman, I. (2010). Suolanpoiston toiminnan optimointi voimalaitosympäristössä. [AMK-opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu]. Viitattu 18.11.2022.

Mansikka, H. (19.11.2017). Moni kantaa Nokian vesikriisin seurauksia mukanaan edelleen. Yle Uutiset. Viitattu 15.12.2022. <https://yle.fi/a/3-9936572>

Mansner, T. (3.12.2020). Martinlaakson voimalaitoksen vesitase. [Prosessikaavio]. Viitattu 10.10.2022.

Oksanen, J. (6.10.2022) Henkilökohtainen keskustelu Vantaan Energia Oy:n prosessinhoitaja Jenna Oksasen, kanssa. Viitattu 6.10.2022.

Pakkanen, T. (2009). Kaukolämpöverkon lisäveden pehmenyysuodatin. [AMK-opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu]. Theseus. Viitattu 3.2.2023.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2884/Pakkanen\\_Tiina.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2884/Pakkanen_Tiina.pdf?sequence=1)

Sonninen, R. (15.5.2013). Voimalaitoksen vesi- ja höyryprosessit. [Luentomateriaali] Viitattu 20.11.2022.

SFS-EN 1717:2008. (2008). Vesilaitteistoissa olevan talousveden suojaaminen saastumisesta ja laitteille asetetut yleiset vaatimukset takaisinvirtauksen aiheuttaman saastumisen ehkäisemiseksi. Suomen Standardisoimisliitto. Viitattu 15.10.2022  
<https://sfs.fi/>

Vantaan Energia. (2022). Tehokas yhteistuotanto. Viitattu 5.10.2022.  
<https://www.vantaanenergia.fi/ykv/ykv-2018/tehokas-yhteistuotanto/>