



# Ennakkohuoltosuunnitelmien tarkastelu epäkäytettävyyden minimointiin

Tampereen Sähkölaitos Oy:n Naistenlahden  
savukaasujen lauhdutuslaitos

Anni Ahola

OPINNÄYTETYÖ  
Maaliskuu 2023

Konetekniikka  
Tuotantotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotantotekniikka

AHOLA ANNI:

Ennakkohuoltosuunnitelmien tarkastelu epäkäytettävyyden minimointiin  
Tampereen Sähkölaitos Oy:n Naistenlahden savukaasujen lauhdutuslaitos

Opinnäytetyö 46 sivua  
Maaliskuu 2023

---

Opinnäytetyön toimeksianto liittyy Tampereen Sähkölaitos Oy:n savukaasujen lauhdutuslaitoksen ennakkohuoltosuunnitelmien parantamiseen. Työn tarkoituksena oli korjata ja tarvittaessa luoda ennakkohuoltosuunnitelma, jonka avulla vältettäisiin laitteiden rikkoutuminen ja varmistettaisiin laitteiden oikeanlainen toiminta. Tavoitteena oli luoda mekaaniselle kunnossapidolle viikkopohjainen tarkastuslista savukaasujen lauhdutuslaitokselle. Taustateorian ja laitetietojen selvittämisessä hyödynnettiin kirjallisuus- ja internetlähteitä, laitetoimittajien laitemanuaaleja sekä yrityksen tarjoamaa tietokantaa.

Ennakkohuoltosuunnitelmien muokkaamisen ja laatimisen taustalla on laitoksen laitteiden tuntemus, voimalaitosprosessin ymmärtäminen sekä savukaasun kehittyminen ja sen ominaisuuksien tunnistaminen. Laitteen optimaalisen käyttäytymisen sekä käyttö- ja huoltohistorian yhdistämisellä voidaan tunnistaa laitteen ennakkohuolto- tai tarkkailuntarve.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin luotua viikkopohjainen tarkastuslista mekaanisen kunnossapidon tiimille. Tarkastuslistan ansiosta laitoksella sijaitsevista laitteista ja niiden oikeanlaisesta toiminnasta voidaan pitää huolta tarkemmin. Ennakkohuoltosuunnitelmien parantamisella saavutetaan tarkemmat tiedot laitteesta ajankohtaishuollon toteuttamiseksi. Nämä helpottavat myös huoltosuunnitelmien muokkaamista tarvittaessa tulevaisuudessa.

Työn tulosten perusteella voidaan todeta, että laitoksen laitteiden käynnin aikainen tarkkailu on ensiarvoisen tärkeää prosessin toiminnan kannalta. Tilanteet laitteiden osalta voivat muuttua äkillisesti, minkä vuoksi fyysiset käynnit laitoksella ovat välttämättömiä. Laitteiden virheellistä toimintaa tutkitaan ja havainnot kirjataan tietojärjestelmään käyttökauden aikana. On tärkeää ja kriittistä, että ennakkohuoltosuunnitelmat ovat ajan tasalla laitteiden tarkoituksenmukaisen toiminnan mahdollistamiseksi.

---

Asiasanat: voimalaitos, savukaasu, savukaasupesuri, ennakkohuolto, kunnossapito

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Production Engineering

AHOLA ANNI:

Review of Preventive Maintenance Plan to Minimize Outages  
Flue gas condenser, Tampereen Sähkölaitos Oy

Bachelor's thesis 46 pages  
March 2023

---

The thesis was made for Tampereen Sähkölaitos Oy. The objective of this thesis was to study the flue gas condenser plant and its devices in Naistenlahti power plant. The goal was to create a checklist for the mechanical maintenance team with which the possibility to prevent and minimize outages would be successful.

The background for reviewing the maintenance plan is the knowledge of the plant's devices and their history, understanding of the power plant process in general and the development of flue gas and identifying its properties. References for the thesis were taken from Internet, device suppliers' device manuals and the company's database were used for the background theory and device information.

A weekly checklist was created as a result of the thesis. With the checklist, the devices and their proper operation will be taken into closer observation. By improving the maintenance plan and more detailed information about the devices, the maintenance will be easier to implement.

The study shows that monitoring the devices' during operation is of high priority in terms of successful operation. The operation of devices might change suddenly, and disruptions might occur. The importance documentation of disruptions and findings appear in the planning of preventive maintenance and adequate operation of the devices are ensured.

---

Key words: power plant, flue gas, flue gas scrubber, preventive maintenance, maintenance

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TEORIA .....	8
2.1	Tampereen Sähkölaitos Oy.....	8
2.2	Naistenlahden voimalaitosalue .....	10
2.2.1	Naistenlahti 2 -voimalaitosprosessin kuvaus .....	12
2.2.2	Kaukolämpöverkko .....	14
2.3	Savukaasujen lauhdutuslaitos.....	15
2.3.1	Savukaasujen koostumus.....	16
2.3.2	Savukaasujen ominaisuudet.....	19
2.3.3	Savukaasujen lauhdutuslaitoksen rakenne .....	20
3	MEKAANISET LAITTEET JA NIIDEN HUOLTOSUUNNITELMAT .....	24
3.1	Pumput.....	24
3.1.1	Sulzer-pumput .....	24
3.1.2	NaOH-pumput .....	26
3.1.3	Teknisen veden pumppu ja huuhteluvesipumppu .....	27
3.2	Lauhteenkäsittely .....	27
3.2.1	Kemikaalinannostuspumput .....	28
3.2.2	Saostussäiliö .....	28
3.2.3	Lamelliselkeytin .....	29
3.2.4	Suotonauhapuristin.....	30
3.2.5	Hiekkasuodattimet .....	31
3.3	Säiliöt .....	32
3.3.1	Savukaasupesuri .....	32
3.3.2	Tuubilauhdutin .....	32
3.3.3	NaOH-säiliö .....	33
3.4	Pellit .....	33
3.5	Rasvaukset ja öljynvaihdot.....	33
4	KUNNOSSAPITO JA TIETOJÄRJESTELMÄT .....	34
4.1	Kunnossapito .....	34
4.2	ALMA-tietojärjestelmä .....	36
5	TULOKSET .....	39
5.1	Tarkastuslista .....	39
5.2	Ennakkohuoltosuunnitelmat .....	42
6	POHDINTA .....	43
	LÄHTEET.....	44

**LYHENTEET JA TERMIT**

BAT	Best available technology eli paras mahdollinen tekniikka
CFB-kattila	Circulating Fluidized Bed boiler eli kiertoleijupetikattila
NaOH	Lipeä
NSL1	Naistenlahti 1
NSL2	Naistenlahti 2
NSL3	Naistenlahti 3
PI-kaavio	Prosessi- ja instrumentointikaavio tai putkisto- ja instrumentointikaavio
SRF	Solid Recovered Fuel eli kierräyspolttoaine

## 1 JOHDANTO

Ennakkohuoltosuunnitelmat ovat laitteiden huoltohistorian perusta. Ennakkohuollon avulla voidaan edesauttaa laitteiden oikeanlaista toimintaa ja välttää laitteiden rikkoutumista. Laitteiden tarkkailu niiden käynnin aikana on ensiarvoisen tärkeää ja se voidaan mahdollistaa tarkastuskierrosten avulla.

Tampereen Sähkölaitos Oy:n toimeksiannon perusteella savukaasujen lauhdutuslaitoksen epäkäytettävyytilanteiden johdosta laitoksen ennakkoivaa kunnossapitoa päätettiin systematisoida. Ennakoivan kunnossapidon systematisointi suoritettiin luomalla käyttökaudelle käynninaikaiset tarkastuskierrokset, sekä tarkennettiin vuosihuollon ennakkohuoltosuunnitelmia. Tarkastuslistan luomisen perustana on laitetuntemus ja laitteiden ennakkohuoltosuunnitelmien tarkastelut. Sekä ennakkohuoltosuunnitelmien tarkastelu että tarkastuslistan toteuttaminen määrittelivät vahvan rajauksen, tavoitteen ja viitekehyksen opinnäytetyön toteuttamiseksi.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda yrityksen savukaasujen lauhdutuslaitokselle mekaanisen kunnossapidon tiimin käyttöön viikkopohjainen tarkastuslista. Toisena tavoitteena on kehittää ennakkohuoltosuunnitelmia. Kehittäminen sisältää tarkastelun, muokkauksen ja tarvittaessa uusien ennakkohuoltosuunnitelmien laatimisen laitoksella sijaitseville laitteille.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua perusteellisesti voimalaitosprosessiin, savukaasujen lauhdutuslaitoksen laitteisiin, savukaasun kehittymiseen ja sen ominaisuuksien tunnistamiseen. Laitteiden ennakkohuoltosuunnitelmien tarkastuksen tarkoituksena on saada luotua yhtenäinen tarkastuslista kaikkien laitoksen laitteiden osalta huomioiden näiden käyttäytyminen sekä käyttö- että huoltohistoriat. Tarkastuslista sisältää kohteittain laitteet ja niille suoritettavat tarkastukset. Kokonaisuuden tarkastelulla vastataan kysymyksiin siitä, miksi epäkäytettävyyttä esiintyy, mikä on laitoksen optimaalinen toimintatapa ja miten luoda laitoksen laitteille varmempi pohja toimia toivotulla tavalla. Laitoksen toiminnan jatkuvuuden

edellytyksenä ovat hyvin ylläpidetyt ennakko-  
huoltosuunnitelmat ja erillinen tarkastuslista. Näiden avulla voidaan ennakoida ja estää mahdolliset epäkäytettävyyden sekä epäkäytettävyyksistä syntyvät haitat.

## 2 TEORIA

Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyön toimeksiantajan yleisiä tietoja, Naistenlahden voimalaitosaluetta ja savukaasujen lauhdutuslaitosta. Naistenlahden voimalaitosalueesta käsitellään laajimmin Naistenlahti 2 -voimalaitosta ja sen prosessia yleisellä tasolla. Savukaasujen lauhdutuslaitoksesta käsitellään savukaasujen teoriaa, mikä sisältää savukaasujen koostumuksen ja ominaisuudet. Lisäksi käsitellään savukaasujen lauhdutuslaitoksen prosessia.

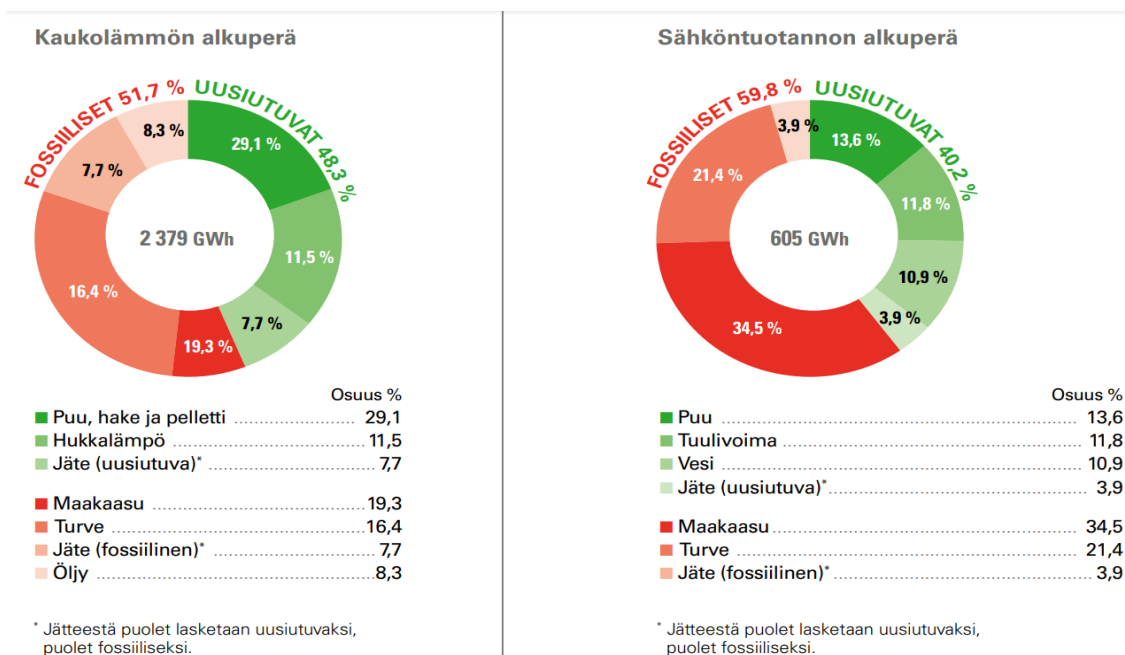
### 2.1 Tampereen Sähkölaitos Oy

Kotimaisen, uusiutuvan energian ja aktiivisen tulevaisuuden energiaratkaisujen kehittäjä Tampereen Sähkölaitos Oy on perustettu vuonna 1888 Tampereelle. Yhtiö tuottaa, myy ja jakelee sähköä, kaukolämpöä ja kaukojäähdytystä sekä myy ja jakelee maakaasua yksityis- ja yritysasiakkaille pääasiassa Pirkanmaalla. Tampereen Sähkölaitos Oy toimii Tampereen Sähkölaitos -konsernin emoyhtiönä. Konsernin omistaa Tampereen kaupunki. (Tampereen Sähkölaitos Oy 2022a, 2–3.)

Vuonna 2021/20 Keski-Euroopassa tapahtuneen hintapiikin seurauksena sähkön vuosikeskihinnan ja maakaasun hinnan radikaali nousu vaikutti markkinahintoihin. Markkinahinta vaikutti konsernin liikevaihtoon, joka kasvoi huomattavasti aiemmasta vuodesta. Liikevaihdon tulos vuonna 2021 oli 320 miljoonaa euroa. (Tampereen Sähkölaitos Oy 2022a, 6–7.)

Vuonna 2021 sähköä tuotettiin 605 GWh, johon käytetyistä polttoaineista 40,2 % oli uusiutuvia. Kaukolämmön tuoton osuus oli 2379 GWh ja 48,3 % käytetyistä polttoaineista oli uusiutuvia. Kuviossa 1 on esitetty tarkka polttoaineiden käytön jakauma vuodelle 2021. (Tampereen Sähkölaitos Oy 2022a, 24.)





KUVIO. 1. Avainluvut polttoaineiden alkuperästä (Tampereen Sähkölaitos Oy 2022a, 20).

Tampereen Sähkölaitos -konserni asetti tavoitteen vuonna 2010, jolloin lähdettiin vahvistamaan uusiutuvien polttoaineiden käyttöä. Tavoitteeksi asetettiin, että vuonna 2030 90 % energiasta tuotetaan uusiutuvilla polttoaineilla ja vastaavasti hiilidioksidipäästöjä vähennetään 95 % vuoden 2010 lähtötilanteeseen verrattuna. Tampereen Sähkölaitos on sitoutunut Tampereen kaupungin ilmastobudjetin tavoitteisiin, joilla tavoitellaan hiilineutraalia Tamperetta. (Tampereen Sähkölaitos Oy 2022a, 8–9.)

Konsernin käynnissä oleva kehityshanke Naistenlahti 3 -biolaitosprojekti valmistuu kaupalliseen käyttöön talven 2022–2023 aikana. Biolaitoksen pääpolttoaineina tulevat toimimaan uusiutuvat puubiomassat, kuten metsähake. Tarkoituksena on myös käyttää polttoaineina teollisuuden pakkausmateriaaleja. Naistenlahti 3 -voimalaitoksen myötä Sähkölaitoksen hiilidioksidipäästöjen arvioidaan vähentyvän noin 55 prosenttia. (Tampereen Sähkölaitos Oy 2022a, 22.)

Naistenlahden voimalaitosalueella toimineen Naistenlahti 2 -voimalaitoksen tekninen käyttöikä on täyttynyt ja osa toiminnoista tullaan korvaamaan Naistenlahti 3 -voimalaitoksen käyttöönoton myötä. Tämä opinnäytetyö tulee keskittymään

Naistenlahden voimalaitosalueella sijaitsevaan savukaasujen lauhdutuslaitokseen, joka on ollut osa Naistenlahti 2 -voimalaitoksen kokonaisprosessia.

## 2.2 Naistenlahden voimalaitosalue

Naistenlahden voimalaitosalueella sijaitsee kolme eri voimalaitosta: Naistenlahti 1, Naistenlahti 2 ja Naistenlahti 3. Voimalaitosten päätiedot ovat koottu taulukkoon 1. Naistenlahden voimalaitokset ovat lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksia (CHP – Combined Heat and Power), mistä syystä taulukkoon 1 on eritelty sähkön- ja lämmöntuotannon tehot erikseen.

TAULUKKO 1. Naistenlahden voimalaitokset (Tampereen Sähkölaitos Oy 2022b).

	<b>Naistenlahti 1</b>	<b>Naistenlahti 2</b>	<b>Naistenlahti 3</b>
Valmistumisvuosi	1971	1977	2022/2023
Modernisointi	2000	1998	-
Polttoaine	Maakaasu, öljy	Puubiomassa, jysinturve, kaasu, öljy	Puubiomassa, jysinturve, kierätyspuu A-B, puupurku C, SRF
Sähköteho	129 MW	60 MW	50 MW
Lämpöteho	144 MW	120 MW	160 MW

NSL1 on valmistunut vuonna 1971 ja modernisoitu vuonna 2000 kombivoimalaitokseksi. Kombivoimalaitos on voimalaitos, jossa kaasuturbiinivoimalaitos ja höyryturbiinivoimalaitos on yhdistetty yhdeksi kokonaisuudeksi. Kombivoimalaitoksen etuna on parempi tuotannon hyötysuhde verrattuna yksin toimivaan höyryturbiinivoimalaitokseen. Laitoksen pääpolttoaineina toimivat maakaasu ja öljy. (General Electric 2022.)

Energiantuotannon polttoaineratkaisut perustuivat vuosituhaten vaihteessa uusiutumattomiin energialähteisiin. Vuonna 1997 Kauppa- ja teollisuusministeriö julkaisi Energiatilaston, jossa käsitellään ennustetta hyödynnettävissä olevista polttoaineista ja niiden riittävyydestä. Tilastosta käy ilmi, että silloisella kulutuksella uusiutumattomien energialähteiden riittävyys oli huonoimmillaan alle 50 vuotta (Tilastokeskus 1998, 121). Tarkemmat tilastot on esitelty taulukossa 2. Jo vuosituhaten vaihteessa energialähteiden valintoja alettiin huomioimaan enemmän, jotta energiavarojen vähenemistä voitiin hidastaa ja vaikuttaa ympäristöön kohdistuviin päästöihin. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2000, 24–25.)

TAULUKKO 2. Energiavarojen riittävyyden ennuste 1996 (Tilastokeskus 1998, 121).

Energian-lähde	Mittayksikkö	Todetut varat	Tuotanto	Varojen riittävyys (a)
Raakaöljy	milj. t	146 102	3340	42,6
Maakaasu	milj. t	147 265	2565	57,4
Kivihili	1000 milj. m <sup>3</sup>	788 512	3862	204,2
Ruskohiili	milj. t	195 699	784	249,6
Turve	milj. t	30 230	20	1517,8
Uraani	milj. t	2526 & 856	36	93,4

Naistenlahti 2 -voimalaitoksen modernisoinnin ansiosta on käyttöön otettu ympäristöystävällisempää teknologiaa ja uusiutuvia energianlähteitä, kuten biomasaa. Naistenlahti 2 -voimalaitoksella on käytössä kupliva leijupetikattila. Naistenlahti 2 -voimalaitoksen kattilan teknisen käyttöiän täytyttyä voimalaitosalueelle valmistuu vuoden 2022–2023 vaihteessa Naistenlahti 3, jonka pääpolttoaineet ovat uusiutuvista energianlähteistä. Naistenlahti 2 -voimalaitosta käsitellään tarkemmin luvussa 2.1.1.

Naistenlahti 3 -voimalaitokseen rakennetaan uusi CFB-kattila. Vanhaa Naistenlahti 2 -höyryturbiinia ja tiettyjä laitteita tullaan hyödyntämään uudessa Naistenlahti 3 -voimalaitoskokonaisuudessa. Uuden voimalaitoksen on mahdollista toimia täysin uusiutuvilla polttoaineilla, sekä vähentää hiilidioksidi- ja muita savukaasupäästöjä. (Valmet Corporation, 2021.)

Vaikka Naistenlahti 2 on tullut käyttöikänsä päähän ja uusi voimalaitos on jo rakennettu, tutkitaan tässä opinnäytetyössä silti vanhaa voimalaitosta Naistenlahti 2. Vanhaa voimalaitosta tutkitaan, sillä tunnetaan sen historia ja käyttäytyminen. Kun tunnetaan voimalaitoksen yksittäisten laitteiden sekä prosessin käyttäytymisen ja historia, saadaan hyvin laaja ja varma pohja siihen, minkälaista huoltoa ne tarvitsevat.

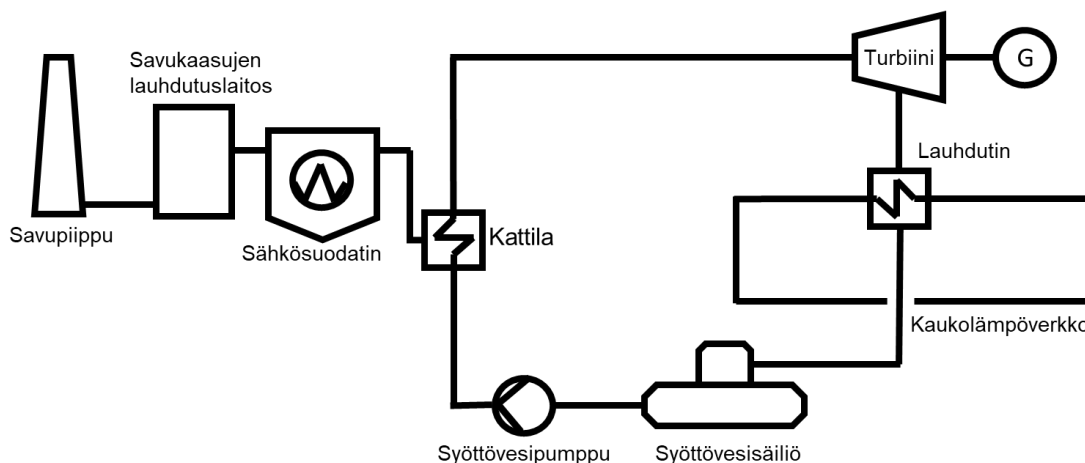
### **2.2.1 Naistenlahti 2 -voimalaitosprosessin kuvaus**

Naistenlahti 2:n päätoiminnot perustuvat sähkön ja lämmön tuottoon. Naistenlahti 2 kattila on Tampellan 1977 rakentama ja se on myöhemmin modifioitu leijupetikattilaksi vuonna 1998 Kvaernerin toimesta.

Leijupetikattilan polttotyyli perustuu leijukerrospoltoon. Leijukerrospoltoa käytetään kiinteiden polttoaineiden, kuten biomassan ja jyrshinturpeen, poltossa. Menetelmällä voidaan polttaa samanaikaisesti monia erilaisia polttoaineita. Polttotavalla voidaan ylläpitää hyvää hyötysuhdetta, vaikka polttoaine olisi huonolaatuista tai kosteaa. Leijukerrospoltoissa polttoainetta poltetaan leijutettavan hiekan seassa. Leijutus toteutetaan ilmavirralla, joka tuodaan kattilan pohjasta hiekkapetiin leijupuhaltimilla. Kattilan pohjalle tuodaan noin 400–800 millimetrin paksuinen kerros hiekkaa, joka polton aikana korkean lämpötilan johdosta fluidisoituu eli muuttuu nestettä vastaavaksi. Kun polttoaine syötetään pudotusputkia pitkin hiekkaan, alkaa polttoaine sekoittumaan, samanaikaisesti kuivamattamaan kosteaa polttoainetta, joka lopulta saadaan palamaan. Palamisprosessin tarkoituksena on vapauttaa polttoaineeseen sitoutunut kemiallinen energia, jolloin energia muuttuu lämmöksi. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2018, 36–37.)

Lämpöä hyödynnetään höyryn tuotossa. Vettä säilytetään syöttövesisäiliössä, josta se pumpataan syöttövesipumpuilla kohti kattilaa. Kattilan seinät ovat höyrystinputkea ja lämpiävät polttoprosessin aikana. Lämmön ansiosta vesi höyrystyy painetta vastaavassa höyrystymislämpötilassa ja myöhemmin vesihöyry lämmitetään vielä korkeampaan lämpötilaan, jolloin se tulistuu. Tulistunut vesihöyry on täysin kuivaa, eikä sisällä pisaroita, jotka voisivat syövyttää turbiinia. Tulistettu vesihöyry ohjataan turbiiniin, jossa höyryn lämpöenergisäällön eli entalpiian

muunnoksen avulla luodaan virtausenergiaa. Virtausenergian avulla siirtyy energia akselille sitä pyörittäväksi mekaaniseksi energiaksi, josta energia muutetaan sähköksi generaattorissa (Huhtinen ym. 2018, 24). Turbiinin läpäisyn jälkeen höyry siirtyy kaukolämmönsiirtimiin ja lauhduttimiin lauhtuakseen. Lauhtumisen jälkeen vesi ohjataan takaisin syöttövesisäiliöön, josta se viedään takaisin kiertoon. Kuviossa 2 on esitetty pelkistetty voimalaitosprosessi, joka havainnollistaa sen esittelyä.



KUVIO 2. Pelkistetty voimalaitosprosessi.

Polttoprosessista syntyy savukaasuja. Savukaasut ohjataan kattilan tulipesästä kattilan kanaviin, sähkösuodattimen ja savukaasujen lauhdutuslaitoksen läpi piippuun. Kattilan kanavissa on useita tulistimia, veden ja ilman esilämmittimiä, ekonomaisereita, joiden avulla saadaan savukaasujen lämpötila laskemaan ennen sähkösuodatinta. Sähkösuodattimen periaatteena on erottaa tulipesästä mukana tullut tuhkapöly. Sähkösuodattimessa kaasujen hiukkaset varataan negatiivisella varauksella läpäistäkseen ionisoituneen vyöhykkeen. Voimakkaan sähköisen kentän avulla varautuneet hiukkaset saadaan erotettua. (Huhtinen ym. 2000, 252–253.)

Savukaasupuhaltimien avulla saadaan savukaasut siirrettyä sähkösuodattimelta savukaasupesurille ja tuubilauhduttimelle, jonka jälkeen lähes puhdas vesihöyry voidaan johtaa piippuun. Savukaasupesurin ja tuubilauhduttimen tarkoituksena on puhdistaa savukaasuista epäpuhtaudet. Tuubilauhdutin on lämmönsiirrin, joka

myös viilentää savukaasuja. Savukaasupesuria ja tuubilauhdutinta voidaan kutsua kokonaisuudessaan savukaasujen lauhdutuslaitokseksi. Savukaasujen lauhdutuslaitosta käsitellään tarkemmin luvussa 2.3.

### **2.2.2 Kaukolämpöverkko**

Sähkön ja lämmön yhteistuotannon toisena vahvana osuutena on lämmöntuotto. Prosessissa tuotettua höyryä käytetään myös eri lämmitystarkoituksiin sähkön- tuotannon lisäksi. Höyryn korkean lauhtumislämpötilan ansiosta voidaan lämmit- tää kaukolämpövettä Naistenlahden voimalaitoksella eri lämmönsiirtimien avulla.

Naistenlahdessa tuotettua lämpöä hyödynnetään Tampereen, Ylöjärven ja Pirk- kalan alueella sijaitseviin kiinteistöihin ja käyttöveden lämmittämiseen kaukoläm- pöverkon avulla. Kaukolämmitys on merkittävä tekijä energiantuotannossa. Sen käyttövarmuus, energiatehokkuus ja ympäristöystävällisyys luo vahvan pohjan lämmitysmuodon hankintaan. (Koskelainen, Saarela & Sipilä, 2006, 25–26.)

Lämmönsiirto kattilalaitoksen putkistosta kaukolämpöverkkoon tapahtuu läm- mönsiirtimillä. Lämmönsiirtimen periaate on siirtää nesteessä olevaa lämpöä toi- seen nesteeseen johtumalla. Johtuminen tapahtuu, sillä lämpö pyrkii aina tasoit- tumaan. Lämmönsiirtimiä on useita erilaisia, eri toimintaperiaatteella toimivia. Tässä työssä käsitellään vastavirtalämmönsiirtimiä. Vastavirtalämmönsiirtimessä nesteet virtaavat vastakkaisiin suuntiin. Kyseisellä tekniikalla saadaan pienellä lämmönsiirripinta-alalla siirrettyä helposti lämpöä. (Huhtinen ym. 2000, 201– 204.)

Kaukolämmön tarve vaihtelee suuresti vuodenajan mukaan. Kesäisin tarve kau- kolämmölle on pienempi kuin talvisin. Talvella käyttöveden lämmityksen lisäksi lämmitetään kiinteistöjä paljon enemmän kuin kesäisin.

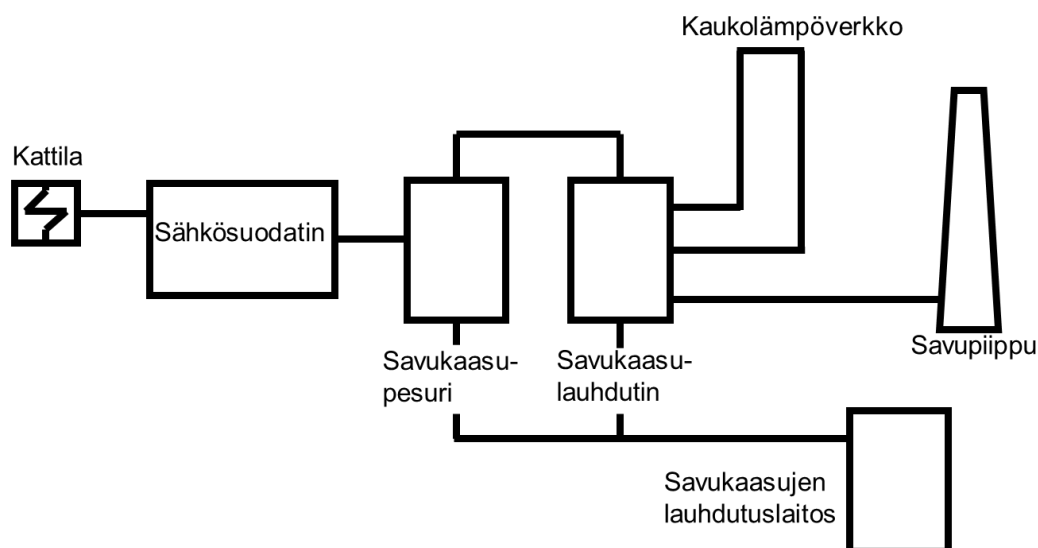
### 2.3 Savukaasujen lauhdutuslaitos

Naistenlahden voimalaitosprosessin viimeisenä osana ennen piippua on savukaasujen lauhdutuslaitos. Savukaasujen lauhdutuslaitos on Valmetin vuonna 2015 Naistenlahden voimalaitokselle toimittama. Savukaasujen lauhdutuslaitoksen laitteiston tarkoituksena on puhdistaa savukaasuista pöly ja rikkidioksidit sekä ottaa lämpö talteen savukaasuista (Arola 2015).

Energiateollisuuden Lettojärven (n.d.) mukaan EU:n teollisuuden päästädirektiivi on ympäristönsuojelun puitelaki, jossa säädetään ympäristönsuojelun periaatteista. Direktiivi pyrkii ohjaamaan EU:ta ilmastoneutraalisuustavoitteiden saavuttamisessa. Vuonna 2010 annettu direktiivi määrittää ympäristölupien periaatteet, lupavelvollisuudet ja BAT-päätelmän. (Teollisuuspäästädirektiivi n.d.; Ympäristö.fi 2016.)

Tampereen Sähkölaitoksen tavoite vähentää hiilidioksidipäästöjä, direktiivien ja säädösten savukaasujen päästörajoista ja -määryksien tiukentumisien johdosta savukaasujen lauhdutuslaitoksen projekti sai alkunsa. Eri säädösten ja direktiivien tiukentumisen osalta kyseinen laitos on kustannustehokas ja kykenee toimimaan ympäristöystävällisesti.

Savukaasujen lauhdutuslaitoksen kokonaisuus koostuu pesurin ja tuubilauhduttimen yhdistelmästä sekä lauhdutuslaitoksesta, jossa savukaasuista erotettu liukainen lauhdevesi puhdistetaan. Pesurin tuloyhteeseen ruiskutetaan kiertoliuosta savukaasuvirtaukseen, millä jäädytetään savukaasut lähelle kastepisteen lämpötilaa. Kastepisteen lämpötilan läheneminen ja alitus on oleellinen osa lämmön talteenottoa: tällöin vesihöyryn tiivistymisessä vapautunut lämpöenergia saadaan hyödynnettyä. Kuviossa 3 on esitetty savukaasun kulku prosessissa ennen savupiippuun päästämistä.



KUVIO 3. Savukaasujen kulku prosessissa.

Pesuvaiheessa ruiskutuksen ansiosta vesi hajoaa pieniksi pisaroiksi. Vesipisarot agglomeroituvat, jolloin niiden hiukkaset kasaantuvat ja yhdistyvät savukaasujen pölyhiukkasten kanssa. (Huhtinen ym. 2000, 255.)

Pesun aikana kierrätetään pesuliuosta, jonka pH-arvoa voidaan säätää tarpeen mukaan natriumhydroksidilla. Pesun jälkeen savukaasut ohjautuvat pisaranerotimen läpi tuubilauhduttimen yläosaan.

Tuubilauhdutin on lämmönsiirrin, jossa pyritään laskemaan savukaasun sisältämän vesihöyryn lämpötilaa hyödyntämällä kaukolämpöverkkoa. Tuubilauhduttimessa on hieman yli 11 000 putkea, joiden läpi savukaasu virtaa ylhäältä alaspäin. Lauhduttimen vaippapuolella kaukolämpövesi kulkee vastakkaiseen suuntaan savukaasuihin nähden. Tuubilauhduttimen pohjalle keräytynyt lauhdevesi pumpataan savukaasujen lauhdutuslaitokselle hiekkasuotimelle käsittelyyn. Tuubilauhduttimesta savukaasut ohjataan pisaraerotin kautta piippuun.

### 2.3.1 Savukaasujen koostumus

Savukaasujen käsittelyssä on tunnistettava ja jatkuvasti analysoitava eri komponentteja, josta savukaasut rakentuvat. Analysointia on suoritettava, jotta voidaan varmistua päästöistä ja pesuprosessissa käytettävien kemikaalien mää-



ristä. Savukaasut koostuvat vesihöyrystä, oksideista, pienhiukkasista ja raskasmetalleista, joita saattaa ilmetä. Edellä mainitut komponentit syntyvät polttoaineiden palamisreaktiossa. Reaktiosta vapautuva lämpö siirtyy savukaasuihin. Palaminen on tiettyjen kemiallisten aineiden yhtymistä hapen kanssa. (Huhtinen ym. 2000, 79, 83–84.)

Palamisreaktiossa on tunnettava polttoaineiden kemialliset yhdisteet ja niiden palaessa vaikuttavat komponentit. Palavina kemiallisina aineina ovat hiili, vety ja rikki. Jotta palamisprosessi onnistuu, on lisättävä tarpeeksi happea, jota saadaan ilmasta. Hiilen ja hapen palamisreaktiosta saadaan hiilidioksidia. Vastaavasti rikin ja hapen reaktiosta syntyy rikkioksidia. Rikkioksidi on ympäristölle haitallista ja lisäksi polttoprosessissa oksidi on kattilalle haitallinen. Vedystä ja hapestä muodostuu vesihöyryä. Vetyä sisältävät polttoaineet lasketaan ympäristön osalta ympäristöystävällisiksi ja edullisiksi. Palamisreaktiossa syntyy yksi mooli palamistuotetta yhtä moolia palavaa ainetta kohden. (Huhtinen ym. 2000, 83–84.)

On huomattava, että palamisprosessissa on useita eri komponentteja, jotka eivät pala, mutta vaikuttavat prosessiin. Palamisprosessista syntyy esimerkiksi typpeä ja tuhkaa. Tuhka lisää prosessin puhdistustarvetta. Naistenlahdessa tuhkan puhdistukseen on käytetty sähkösuodatinta. Palamistuotteiden lisänä syntyy typpeä, jota tulee 3,76-kertainen määrä palamiseen tarvittavaan happeen nähden. (Huhtinen ym. 2000, 86.)

Palamisilmamäärän sekä polttoaineen koostumuksen ja palamisreaktioiden avulla voidaan selvittää savukaasujen koostumus ja määrä. Savukaasujen teoreettista koostumusta voidaan laskea kaavalla 1. (Huhtinen ym. 2000, 86–87.)

$$\frac{N_{\text{savukaasuteor}}}{m_{\text{polttoaine}}} = n_{\text{hiili}} + n_{\text{vety}} + n_{\text{riikki}} + 3,76 \cdot \frac{N_{\text{happiteor}}}{m_{\text{polttoaine}}} + n_{\text{typpi}} + n_{\text{vesi}}, \quad (1)$$

jossa

$n_{\text{alkuaine}}$  = ainemäärä kyseiselle alkuaineelle

$m_{\text{polttoaine}}$  = polttoaineen massa

$N_{\text{kompteor}}$  = komponenttien määrä teoreettisessa palamisessa.

Palamisprosessin onnistumiseksi on tiedettävä polttoainetta vastaava ilmamäärä. Teoreettinen ilmamäärä saadaan jakamalla todellinen ilmamäärä  $\frac{N_{\text{ilmatod}}}{m_{\text{polttoaine}}}$  ilmakertoimella  $\lambda$ . Ilmakerroin voidaan lukea suuntaa antavista taulukoista tai laskea kaavan 2 mukaan. (Huhtinen ym. 2000, 87.)

$$\lambda = \frac{X_{\text{CO2maks}}}{X_{\text{CO2mittaus}}}, \quad (2)$$

jossa

$X_{\text{CO2maks}}$  = maksimi hiilidioksidikaasujen määrä

$X_{\text{CO2mittaus}}$  = mitattu hiilidioksidikaasun määrä.

Naistenlahden voimalaitoksella käytettävien polttoaineiden savukaasujen polton hiilidioksidikaasujen maksimimäärät ovat koottu taulukkoon 3.

TAULUKKO 3. Maksimi hiilidioksidikaasumäärät tietyille polttoaineille (Huhtinen ym. 2000, 88–90, muokattu).

Polttoaine	Hiilidioksidikaasun maksimimäärä mg/m <sup>3</sup>
Turve	14,4
Puu	0,142
Kevyt polttoöljy	0,133
Maakaasu	0,095

Ilmakertoimen ratkaisun jälkeen voidaan laskea teoreettinen ilmamäärä, kaavan 3 mukaisesti

$$\frac{N_{\text{ilmateor}}}{m_{\text{polttoaine}}} = \frac{N_{\text{ilmatod}}}{m_{\text{polttoaine}} \cdot \lambda}, \quad (3)$$

jossa

$N_{\text{komptod}}$  = komponenttien määrä todellisessa palamisessa

$\lambda$  = polton ilmakerroin.

Kun tunnetaan polttoaineen teoreettinen ilmantarve (kaava 3) ja savukaasujen määrä teoreettisessa palamisessa (kaava 1), saadaan ratkaistua savukaasujen määrä. Savukaasujen määrän laskukaava on esitetty kaavassa 4

$$\frac{N_{\text{savukaasutod}}}{m_{\text{polttoaine}}} = \frac{N_{\text{savukaasuteor}}}{m_{\text{polttoaine}}} + (\lambda - 1) \cdot \frac{N_{\text{ilmateor}}}{m_{\text{polttoaine}}}, \quad (4)$$

jossa

$N_{\text{komptod}}$  = komponenttien määrä todellisessa palamisessa

$\lambda$  = ilmakerroin.

Edellä mainitut laskukaavat vastaavat teoriaa ja todellisuudessa komponentteja saattaa olla enemmän. Laskut ja reaktioyhtälöt ovat todellisuudessa monimutkaisempia sisältäen eri välivaiheita.

### 2.3.2 Savukaasujen ominaisuudet

Savukaasuissa on isoja lämpömääriä, mitä voidaan hyödyntää prosessin eri vaiheissa. Energian säilymislain perusteella energia ei voi syntyä eikä kadota, joten on tärkeää siirtää lämpö muualle prosessiin hyödynnettäväksi, jotta eri päästödirektiivit ja -rajoitukset täyttyvät. Lämmön siirto onnistuu lämmönsiirtimillä ja tällöin on tunnistettava savukaasujen lämmönsiirto-ominaisuuksia. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat savukaasujen ominaislämpö, lämmönjohtavuus, viskositeetti ja tiheys (Huhtinen ym. 2000, 96).

Savukaasujen ominaislämpö perustuu palamisprosessista syntyneisiin kaasuihin. Ominaislämpökapasiteetti kuvaa aineen energianvarastointikykyä. Keskimääräinen ominaislämpö voidaan laskea mittaamalla lämmitykseen kulunut energia ja jakamalla se lämpötilamuutoksella. Laskuprosessin ollessa työläs hyödynnetään eri diagrammeja, kuten savukaasun h,t-diagrammia, joka on entalpia lämpötilan ja ilmakertoimen funktiona. (Huhtinen ym. 2000, 97.)

Lämmönjohtavuus kertoo, kuinka tehokkaasti lämpöä siirtyy savukaasun ja lämmönsiirtopinnan välillä. Lämmönjohtavuus riippuu useista komponenteista, kuten aineesta ja sen lämpötilasta. Lämmönjohtavuuden ollessa matala tapahtuu lämmönsiirto hitaasti, kun taas korkeamman lämmönjohtavuuden ansiosta lämmönsiirto tapahtuu nopeasti. Savukaasujen lämpötilan noustessa myös niiden lämmönjohtavuus nousee. (Huhtinen ym. 2000, 97–98.)

Viskositeetti on termodynaaminen ominaisuus, joka on riippuvainen lämpötilasta ja paineesta. Viskositeetti kuvaa kaasun tai nesteen kykyä vastustaa virtaamista, toimia kitkana. Lämpötilan kasvaessa kaasujen viskositeetti kasvaa. Savukaasujen viskositeettia voidaan hyödyntää virtaus- ja lämpötekniisten ongelmien laskelmissa. (Huhtinen ym. 2000, 98; Inkinen & Tuohi 2006, 333–335.)

Tiheys on suure, joka ilmaisee massan tilavuuden suhteena. Savukaasujen tiheys voidaan ilmaista eri osakaasujen tiheyksien ja mooliosuuksien tulona. (Huhtinen ym. 2000, 99.)

Savukaasujen yhden pääkomponentin, vesihöyryn, ominaisuuksien tunnistaminen prosessissa on tärkeää puhdistuksen kannalta. Pesu perustuu savukaasujen veden- ja happokastepisteen muuttumiseen. Kastepiste on lämpötila, jossa ilmassa oleva vesihöyry saa ilman täysin kylläiseksi. Lauhdutuksen ja lopullisen pesun aikana jäähdyttävän pinnan lämpötila on pienempi kuin kastepiste, jolloin pintaan muodostuu kosteutta, nesteen tiivistyessä. Tällöin lämpöenergia saadaan siirrettyä lämmönsiirtimen vaippapuolelle, höyry tiivistyy nesteeksi ja tippuu säiliön pohjalle jälkikäsiteltäväksi. (Tynjälä 2013, 7,14–18.)

### **2.3.3 Savukaasujen lauhdutuslaitoksen rakenne**

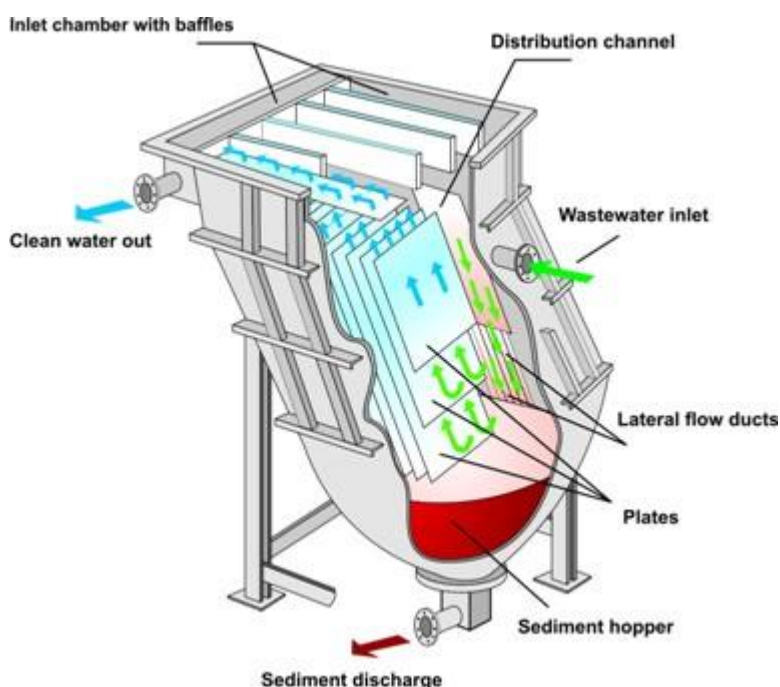
Savukaasupesurin ja lauhduttimen pohjalle keräytynyt likainen lauhde käsitellään savukaasujen lauhdutuslaitoksessa. Lauhteenkäsittely on jaettu kahteen osioon, joissa savukaasupesurin ja lauhduttimen lauhdevesi käsitellään erikseen.

Lauhduttimeen syntynyt lauhde siirretään hiekkasuodattimelle käsiteltäväksi. Suurin osa lauhdevedestä kulkee tätä kautta.

Savukaasupesurilta syntyvälle lauhteelle on asetettu minimimäärä, joka siirtyy prosessin seuraaviin vaiheisiin. Minimimäärä on asetettu, jotta voidaan estää korroosion syntyminen. Korroosiota aiheutuu pesuveden kloriditason konsentroitu-  
misesta.

Likainen vesi johdetaan saostussäiliöön, johon lisätään eri kemikaaleja, kuten natriumhydroksidia ja polymeeriä. Natriumhydroksidia käytetään pH-tason säätämiseen ja polymeeriä, joka edesauttaa kiintoaineen erottamista vedestä. Flokkauksen, eli kemiallisen saostuksen, ansiosta lauhdevedessä olleet partikkelit yhdistyvät ja painuvat säiliön pohjalle. Säiliön pohjasta partikkeleita sisältävä vesi ohjataan lamelliselkeyttimeen.

Lamelliselkeyttimen tarkoituksena on erottaa vedestä kiintoainepartikkelit. Karkeimmat partikkelit tippuvat selkeyttimen pohjalle niin sanottuun lietetaskuun. Kevyemmät partikkelit kulkeutuvat lamelliin. Lamelli on kaltevista teräsputkista koostuva kokonaisuus, jossa vesi ohjataan alhaalta ylöspäin. Veden sisältämät kiintoainepartikkelit osuvat ja tippuvat lamellin seinämään, josta ne laskeutuvat lietetaskuun. Lietetaskussa on kaavin, joka estää kiintoaineen painumisen ja jäähmettymisen pohjaan. Kiintoaine ohjataan prosessissa automaattisesti asetetuin väliajoin eteenpäin suotonauhapuristimelle. Lamellissa alhaalta ylös ohjautuva selkeytynyt vesi siirtyy ylivuotokourun kautta puhdasvesisäiliöön, josta se myöhemmin pumpataan edelleen hiekkasuodattimille. Vastaavan lamelliselkeyttimen toimintaperiaate on esitelty kuviossa 4.



KUVIO 4. Lamelliselkeyttimen toimintaperiaate (LAMELLA Separator DF n.d.).

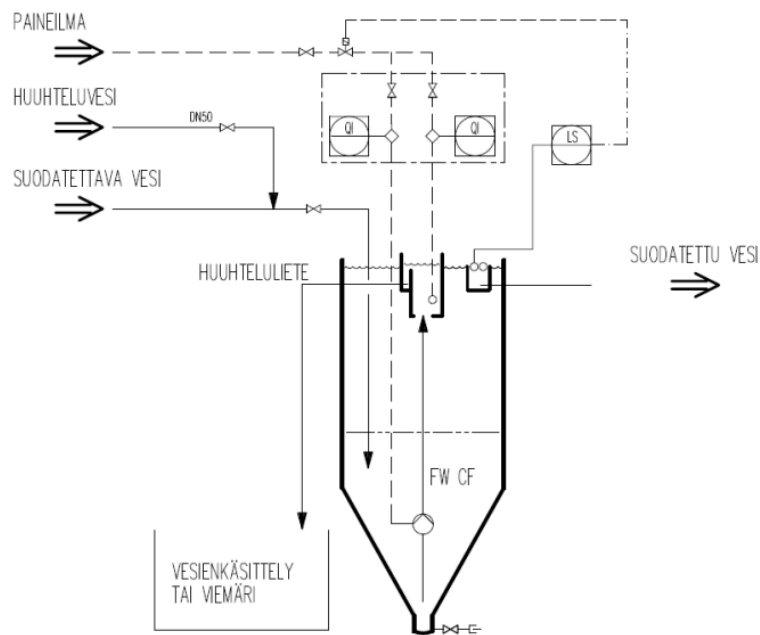
Suotonauhapuristimen, kuva 1, tarkoituksena on kuivattaa kiintoainetta. Lietetaskusta ohjattu kiintoaines syötetään esierotusrumpuun. Esierotusrummussa pyritään erottamaan mahdollisimman paljon vettä kiintoaineesta ennen suotonauhaa. Kiintoainetta puristetaan ja siirretään ruuvikuljettimella. Kiintoaineesta irronnut vesi siirretään rejektikaukaloon, josta se valuu takaisin puhdistusprosessiin. Kiintoaines siirtyy suotonauhalle. Suotonauha sisältää kaksi viiraa, jotka kiristetään telojen väliin. Kiintoaines ohjautuu viirojen väliin puristaakseen kiintoaineesta viimeisen veden. Vesi ohjautuu rejektikaukaloon ja kaavareiden avulla irrotettu kiintoaines ohjataan lietekuljettimen avulla vaihtolavalle, josta kiintoaine toimitetaan muualle käsiteltäväksi.



KUVA 1. Fenno Water Ltd Oy:n vastaava suotonauhapuristin (Suotonauhapuristimet n.d.).

Hiekkasuodattimien tarkoituksena on puhdistaa suodatuksen avulla prosessissa olevaa vettä. Jatkuvatoimiseen hiekkasuodattimeen syötetään vesi yläosaan,

josta se jakautuu kolmen eri kourun avulla tasaisesti suodattimelle. Vesi kulkeutuu alhaalta ylöspäin ja hiekka liikkuu vastakkaiseen suuntaan veteen nähden. Hiekka puhdistaa vettä sen valuessa alaspäin. Likaantunut hiekka siirretään suodattimen pohjalta paineilmatoimisella pumpulla hiekkapesuriin, joka sijaitsee hiekkasuodattimen yläosassa. Hiekkapesun jälkeen puhdas hiekka siirtyy takaisin suodattimeen painovoiman avulla. Likapartikkelit siirtyvät hiekkapesurista ylivuotona pesulietekouruun, josta likainen vesi ohjataan takaisin puhdistusprosessiin. Kuviossa 5 on esitetty hiekkasuodattimen toimintaperiaatetta.



KUVIO 5. Hiekkasuodattimen toimintaperiaate (Fenno Water Ltd Oy 2015, 5).

Lauhteenkäsittelyssä on näiden laitteiden lisäksi useita eri pumppuja ja laitteita. Niiden toimintaa ja huoltotarpeita tullaan esittelemään tarkemmin luvussa 3.

### **3 MEKAANISET LAITTEET JA NIIDEN HUOLTOSUUNNITELMAT**

Jokaiselle laitteelle luodaan ennakkohuoltosuunnitelma, jolla voidaan mahdollistaa laitteen oikeanlainen toiminta sekä kasvattaa ja ylläpitää laitteen käyttöikää. Ennakkohuoltosuunnitelmat rakentuvat laitevalmistajan laitemanuaalien antamista ohjeistuksista sekä laitteen aiemmasta huoltohistoriasta ja käyttäytymisestä. On mahdotonta ennustaa, miltä seuraava käyntikausi näyttää, minkä takia suunnitelmat eivät ole erityisen tarkkoja. Määräaikaista tarkkoja huoltoja on ajoitettu tietyille laitteille, tietyin väliajoin, mutta suurin osa vuosittaisista huolloista määräytyy käynninaikaisen huoltotarpeen mukaisesti.

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyöprojektiin liittyvät laitteet. Alaotsikot käsittelevät laitevalmistajan huolto-ohjeistuksia ja laitekohtaiset huoltohistoriat. Näiden perusteella luodaan tai muokataan jokaiselle laitteelle oma ennakkohuoltosuunnitelma. Tarkastettujen huoltosuunnitelmien perusteella voidaan lähteä rakentamaan tarkastuslistaa.

#### **3.1 Pumput**

Savukaasujen lauhdutuslaitoksen tärkeimpänä osuutena on nesteen liikkuminen paikasta toiseen, jotta pesuprosessi voidaan toteuttaa. Nesteen liikkuminen toteutetaan erilaisten pumppujen avulla.

Seuraavissa luvuissa käsitellään Sulzerin dynaamisia keskipakopumppuja, erilaisia lipeäpumppuja ja vesipumppuja. Luvussa 3.2.1 käsitellään erikseen kemikaalinsyöttöpumppuja.

##### **3.1.1 Sulzer-pumput**

Dynaamisten pumppujen toiminta perustuu mekaanisen energian tai liike-energian muuttamiseen liike-energiaksi ja paine-energiaksi. Dynaamisille pumpuille



tyypillistä on pieni nostokorkeus  $H$  ja korkea tilavuusvirta  $Q$ , mikä käy ilmi teknisten tietojen esittelyssä taulukossa 4. Dynaamisia pumppuja on erilaisia, mutta tässä työssä käsitellään vain keskipakopumppuja. Keskipakopumpun toimintaperiaate perustuu keskipakovoimaan. Pyöriessään keskipakovoima syrjäyttää nesteen juoksupyörän keskipisteestä pois päin kehän tangentin suuntaisen nopeuskomponentin mukaisesti. Imu- ja painepuolen ollessa yhdistettynä toisiinsa pyrkii uusi neste juoksupyörän keskipisteeseen luoden painelisäyksen, jonka avulla jo aiemmin sivuun siirtynyt vesi pystyy poistumaan pesästä painepuolen putkeen. (Huhtinen 2018, 134–139.)

TAULUKKO 4. Laitoksella sijaitsevien Sulzer-pumppujen teknisiä tietoja.

	<b>Q</b>	<b>H</b>	<b>n</b>	<b>Sähkömoottori</b>
<b>Sulzer</b>	<b>l/s</b>	<b>m</b>	<b>1/min</b>	<b>kW</b>
Pesurin kiertopumppu	215	30	1500	110
Lauhduttimen kiertopumppu	60	35	1500	37
Lauhduttimen lauhdepumppu	20	15	1500	7,5
Kostutinjäähdyttimen pumppu	40	30	1500	22
Puhdasvesipumppu	5	25	1500	4
Pumppaussäiliön pumppu	40	25	1500	15

Sulzerin käyttäjän käsikirjaan (Sulzer 2015) on kirjattu ennaltaehkäisevän huollon asioita, joita tulee tarkkailla ja tarvittaessa suorittaa. Sulzer-pumppujen ennaltaehkäisevään huoltoon kuuluu

- laakereiden voitelu
- lämpötilan, äänien ja värähtelyn tarkkailu sekä tarkastukset
- poistopaineen, kapasiteetin ja tehontarpeen tarkkailu
- korroosio- ja kulumistarkastukset
- akselitiivisteiden tarkkailu
- säännöllinen pumpun pesu
- pumpun ja putkiston mahdollisten vuotojen etsintä
- neljännesvuosittaiset tarkastukset, joissa tarkastetaan kriittisten kiinnitysvälineiden kuten perustusruuvien sekä pumpun ja moottorin kiinnitysruuvien kireys. (Sulzer 2015)

Savukaasujen lauhdutuslaitoksella sijaitsevien Sulzer-pumppujen huoltohistorian perusteella lähes kaikkien pumppujen öljypesään on jouduttu lisäämään öljyä käynnin aikana. Rasvavoideltuihin kohteisiin on lisätty rasvaa. Vuosittain pesurin kiertopumpun juoksupyörä on huollossa jouduttu avaamaan sen kerättyä likaa. Muihin pumppuihin on vuosittain vaihdettu öljyt.

Laitoksella käytössä olevat pumput ovat varmatoimisia, minkä perusteella huoltotoimenpiteet ennakko- ja huoltotoimenpiteisiin muodostuvat seuraavasti:

- käynninajan huoltotarpeen arvioinnin mukaiset toimenpiteet
- Sulzer käyttäjän käsikirjan ennakko- ja huoltotoimenpiteet
- kytkimen tarkastus.

### 3.1.2 NaOH-pumput

Savukaasujen lauhdutuslaitoksella on erilaisia kemikaalipumppuja, kuten lipeäpumppuja. Kemikaaleja käsiteltäessä on huomioitava tarvittava turvallisuusvarustus, kuten suojakäsineet ja silmäsuojaimet. Kemikaaliturvallisuuteen liittyvät kohdat ovat kirjattu kyseisen kemikaalin kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteeseen.

Lipeäpumppu 1 eroaa hieman lipeäpumpuista 2 ja 3. Laitetoimittajan mukaiset huoltotoimenpiteet ovat seuraavat:

- kulutusosien tarkastelu tietyin väliajoin
- öljyn tarkastus. (Iwaki Pumps 2003.)

Lipeäpumput 2 ja 3 ovat keskenään samanlaisia. Laitetoimittajan mukaiset tarkastus- ja huoltotoimenpiteet ovat seuraavat:

- pumppu pumppaa nestettä
- imu- ja painepuolella painetta
- mahdollisen äänen ja värinän tarkkailu
- letkujen tiiveys
- kaasukuplien ilmaantuminen nesteeseen. (Iwaki Pumps 2010.)

Lipeän täyttöpumpulle ja lipeän alipainepumpulle laitteenvalmistajat ovat luoneet seuraavat tarkastus- ja huolto-ohjeistukset:

- sama ohjeistus, kuin lipeäpumpuille 2 ja 3
- kulutusosien tarkastus ja tarvittaessa vaihto. (Iwaki Pumps 2011; Yamada Corporation 2010.)

Kaikki yllä mainitut lipeäpumput ovat varmatoimisia, minkä perusteella huoltotoimenpiteet ennakko- huoltoon muodostuvat seuraavasti:

- kulutusosien tarkastus ja tarvittaessa vaihto
- käynnin aikaisen huoltotarpeen arvioinnin mukainen huolto.

### **3.1.3 Teknisen veden pumppu ja huuhteluvesipumppu**

Teknisen veden pumppu ja huuhteluvesipumppu ovat keskenään samanlaisia. Laittevalmistajan mukaan pumppujen laakerit ja akselitiiviste ovat huoltovapaita (Grundfos 2015). Pumppujen moottorit ovat rasvavoideltuja, joten ne ovat myös huoltovapaita.

Pumput ovat aikaisempien käyntikausien aikana olleet huoltovapaita ja varmakäyntisiä. Näiden pumppujen ennakko- huolto määräytyy suoraan käynnin aikaisen huoltotarpeen arvioinnin mukaisesti.

## **3.2 Lauhteenkäsittely**

Lauhteenkäsittelyyn kuuluvat lamelliselkeytin, suotonauhapuristin, hiekkasuodattimet, pienemmät säiliöt ja kemikaalinsyöttöpumput. Kyseiset kokonaisuudet tul- laan esittelemään omina otsikoinaan.

### 3.2.1 Kemikaalinannostuspumput

Savukaasujen lauhdutuslaitoksella on kaksi kappaletta kemikaalinsyöttöpumppeja. Huoltojen aikana on huomioitava kemikaaliturvallisuus, jota käsiteltiin otsikossa 3.1.2.

Polymeerin- ja PAX-annostuspumput ovat keskenään samanlaisia. Laittevalmistajan huoltotoimenpiteet ovat seuraavat:

- kuluvat osat on tarkastettava tietyn väliajoin
- tarkastus päivittäin
  - vuotoja poistoaukon puolella
  - vuotoja annostelupäässä
  - näytön tila
- viikoittain laitteiden puhdistus
- neljä kertaa vuodessa ruuvien kireyden tarkastus (Grundfos n.d.).

Kyseiset pumput ovat olleet lähes huoltovapaita käyttökausien aikana. Tietyin väliajoin kulumisosat ovat saattaneet rikkoutua. Kulumisosiksi lasketaan esimerkiksi kalvot ja venttiilit. Ennakkohuolto-ohjelmaan pumppuihin tehdään seuraavat toimenpiteet:

- letkujen, takaiskuventtiilien, pohjaventtiilin vaihto
- kalvojen vaihto tarvittaessa
- käynnin aikaisen huoltotarpeen arvioinnin mukaiset huoltotoimenpiteet.

### 3.2.2 Saostussäiliö

Ennaltaehkäisevän huollon perusteena ovat säännölliset tarkastukset. Fenno Water Ltd Oy:n kokoaman listan mukaan on tärkeä huomioida seuraavia asioita käynnin aikana:

- käsittelyyn menevän veden laatu
- kemikaalien annostelumäärä
- yhteiden ja kuluvien osien kunnon tarkastus
- sähkökaapelit (Fenno Water Ltd Oy 2015).

Huoltokokonaisuus toteutetaan käynninaikaisen arvioinnin mukaisesti. Saostus-säiliön ja sen sekoittimen huoltotoimenpiteet ennakkohuoltoon rakentuvat seuraavasti:

- yhteiden tarkastus ja tarvittaessa vaihto
- mittareiden puhdistus ja tarkastus
- sekoittimen tarkastus ja vaihteen öljynvaihto
- säiliön yleinen kunto.

### **3.2.3 Lamelliselkeytin**

Ennaltaehkäisevän huollon perusteena ovat säännölliset tarkastukset. Fenno Water Ltd Oy:n kokoaman listan mukaan on tärkeä huomioida seuraavia asioita käynnin aikana:

- ylivuotokourun veden laatu ja reunan puhtaus
- kemikaalien riittävyys
- laakereiden rasvaus
- lamellien puhtauden tarkistus
- paineilman syöttölaitteisto, sähkökaapeleiden kunto
- yhteiden kunnon tarkastus
- kuluvien osien tarkastus (Fenno Water Ltd Oy 2015).

Lamelliselkeytin ja sen sekoitin ovat olleet käyttökauden aikana lähes huoltovapaita. Satunnaisia tukkeutumisia ja kulutusosien kulumisia ja rikkoutumisia on saattanut esiintyä.

Huoltokokonaisuus toteutetaan käynninaikaisen arvioinnin mukaisesti. Lamelliselkeyttimen huoltotoimenpiteet ennakkohuoltoon rakentuvat seuraavasti:

- lietekaapimen pohjalaakerin tarkistus
- lamellien pesu ja tarkastus
- öljynvaihto.

### 3.2.4 Suotonauhapuristin

Ennaltaehkäisevän huollon perusteena ovat säännölliset tarkastukset. Fenno Water Ltd Oy:n kokoaman listan mukaan on tärkeä huomioida seuraavia asioita käynnin aikana:

- rejektiveden ja lietteen laatu
- kemikaalien annostusmäärä ja riittävyys
- pesusuuttimien kunto
- yhteiden ja kuluvien osien kunto
- laakereiden rasvaus
- viirojen eheys
- viirojen ohjausviikset, sähkökaapeleiden kunto
- puhtaus ja tarvittaessa pesu (Fenno Water Ltd Oy 2015).

Suotonauhapuristimen toiminta on vaihtelevaa ja riippuu polttoprosessista. Kiintoainetta saattaa syntyä ajokauden aikana vaihtelevasti, jolloin toiminta on ollut katkonaista. Ajokauden aikana viiran ohjausviiksien toiminta on saattanut pettää, jolloin viira on saattanut ajautua paikaltaan tai rikkoutua. Viira on voinut pettää myös liiallisen kiintoainemäärän takia.

Huoltokokonaisuus toteutetaan käynninaikaisen arvioinnin mukaisesti. Suotonauhapuristimen huoltotoimenpiteet ennakkohuoltoon rakentuvat karkeasti seuraavalla tavalla:

- esierotusrumpu
  - perälaakerin tarkastus ja vaihto tarvittaessa
  - tiivisteiden tarkastus ja vaihto tarvittaessa
  - pesusuuttimien tarkastus
  - vaihdemoottorin öljyjen vaihto
- viirojen kokonaisuus
  - viirojen vaihto tarvittaessa
  - ohjausviiksien vaihto tarvittaessa
  - sähkörajojen vaihto tarvittaessa
  - ohjaussylinterien vaihto tarvittaessa
  - lietekaapimien vaihto tarvittaessa
- telojen ja ohjaustelojen tarkastus ja vaihto tarvittaessa

- suuttimien vaihto tarvittaessa
- venttiilien tarkastus
- ilmaletkujen liittimien ja letkujen vaihto tarvittaessa
- suotonauhakokonaisuuden rungon tarkastus
- vaihdemoottorin öljyjen vaihto.

### 3.2.5 Hiekkasuodattimet

Ennaltaehkäisevän huollon perusteena ovat säännölliset tarkastukset. Fenno Water Ltd Oy:n kokoaman listan mukaan on tärkeä huomioida seuraavia asioita käynnin aikana:

- rejekti- ja suodatetun veden laatu
- pumppujen toiminta
- painehäviön tarkkailu
- yhteiden tiiveys
- paineilman syöttölaitteisto
- hiekkapesurin kumipinnoitteen kunto (Fenno Water Ltd Oy 2015).

Käyntikauden aikana niin sanotut mammut-putket, jotka kuljettavat hiekan suodattimen pohjalta hiekkapesuriin, ovat saattaneet puhjeta. Suodattimen alla mammut-putkea ennen olevat yhteen ovat myös kovalla rasituksella ja tarpeen mukaan ne on jouduttu vaihtamaan.

Huoltokokonaisuus toteutetaan käynninaikaisen arvioinnin mukaisesti. Hiekkasuodattimien huoltotoimenpiteet ennakkohuoltoon rakentuvat karkeasti seuraavalla tavalla:

- yhteiden, kumiletkujen, suojien tarkastus ja tarvittaessa vaihto
- ilman syöttösuuttimien tarkastus ja tarvittaessa vaihto
- imuputken tarkastus ja tarvittaessa vaihto
- hiekan vaihto
- käynninaikaisen huoltotarpeen arvioinnin mukaiset toimenpiteet.

### 3.3 Säiliöt

Säiliöt ovat tiloja, joissa voidaan säilyttää eri muodossa olevia nesteitä. Laitteet eivät ole mekaanisia laitteita, mutta alue ja tarkastukset kuuluvat yrityksen kunnossapidolle.

Säiliöihin kohdistuvat tarkastukset ja huollot suoritetaan kesäisin. Kesäaikana tarkastukset ja huollot ovat kustannustehokkaimmat suorittaa ja ulkolämpötilan puolesta työntekijöille miellyttävämpi.

#### 3.3.1 Savukaasupesuri

Savukaasupesuriin ei ole kohdistunut ongelmia edellisten käyttökausien aikana. Ennakkohuollossa suoritetaan seuraavat toimenpiteet:

- sisäpuolinen puhdistus ja kunnan tarkastaminen
- suuttimien irrotus, tarkastus ja tarvittaessa vaihto
- ruiskuputkien pesu suuttimien irrotuksen jälkeen
- pisaraerottimien pesu ja tarkastus.

#### 3.3.2 Tuubilauhdutin

Käyntikauden aikana tuubilauhduttimen käytössä ei ole ollut ongelmia, jotka olisivat johtaneet laitteen pysäytykseen. Laitteen täydellisen potentiaalin saavuttaminen on jäänyt viime käyttökausien aikana vajaaksi korkea-asteisuuden muutoksen takia. Korkea-asteisuudella voidaan tarkoittaa lämmönsiirto-ominaisuuksien heikentymistä, tällöin lämpötilan alentuminen ei ole toivotulla tasolla.

Ennakkohuolloissa kiinnitetään huomiota seuraaviin asioihin:

- laitteen huuhtelu ja kunnan tarkastus
- tuubiputkien pesu, mikäli havaitaan korkea-asteisuuden muutoksia
- suuttimien tarkastus ja tarvittaessa vaihto.



### 3.3.3 NaOH-säiliö

NaOH-säiliö kuuluu Tukesin raportoitavien asioiden piiriin, kemikaaliturvallisuuslain mukaisesti. Säiliö tarkastetaan tietyin väliajoin ja seuraava tarkastus määrittyy edellisistä tarkastustuloksista. Säiliössä ei ole mainittavia ongelmakohtia käyntikauden aikana. Purkupumput, jotka on liitetty säiliöön, ovat saattaneet olla epäkunnossa, mikä on luonut väliaikaisratkaisuja kemikaalin täyttöä varten.

Ennakkohuollossa huomioidaan seuraavat asiat:

- säiliön puhdistus ja tarkastus
- NaOH pumpun käynnin aikaisen arvioinnin mukainen tarkastus
- linjojen silmämääräinen tarkastus.

### 3.4 Pellit

Peltien oikeanlainen toiminta on tärkeää, mikäli joudutaan äkillisessä tilanteessa ajattamaan peltien asento toiseksi savukaasujen päästämiseksi tai pysäyttämiseksi. Ennakkohuolto-ohjelman mukaisesti tarkastetaan seuraavat asiat:

- peltien ajaminen ääriasentoihin
- laakerien tarkastus ja voitelu
- liikkuvien osien tarkastus
- toimilaitteiden ja oheislaitteiden tarkastus
- tiivisteiden tarkastus.

### 3.5 Rasvaukset ja öljynvaihdot

Jokaiselle laitteelle on suunniteltu rasvausvälit ja öljynvaihtovälit. Laitteet savukaasujen lauhdutuslaitoksella eivät käy jatkuvasti tai käyvät katkonaisesti. Tällöin on laitetoimittajan suositeltua rasvaus- ja öljynvaihtoväliä joillain laitteilla jouduttu soveltamaan niiden käyntiaikojen ja toiminnan perusteella. On myös huomioitava, että laite on yksilö ja ympäristön vaikutukset laitteelle saattaa vaikuttaa vahvasti huoltoväleihin.

## 4 KUNNOSSAPITO JA TIETOJÄRJESTELMÄT

Kaikkia luotuja kunnossapidon ennakkohuoltosuunnitelmia muokataan, säilytetään ja luodaan yrityksen tietojärjestelmässä. Tietojärjestelmän ansiosta työntekijöiden tehokkuutta ja huoltosuunnitelmien järjestelmällisyyttä voidaan kasvattaa. Tietojärjestelmän ansiosta huoltohistoriat, varaosat, laitedokumentit ja -tiedot ovat helposti saavutettavissa. Alaotsikot ovat jaettu kahteen osioon: Kunnossapito-käsitteen tarkempaan tarkasteluun ja käsitteen yhteys ennakkohuoltosuunnitelmiin sekä yrityksen tietojärjestelmän esittelyyn. Esittelyssä avataan tarkemmin, millä tavoin ennakkohuoltosuunnitelmat ovat rakennettu kyseiseen järjestelmään.

### 4.1 Kunnossapito

Jotta saadaan selkeä kuva ennakkohuoltosuunnitelmista, on tärkeää tietää, mitä kunnossapito sisältää ja millä tavoin se vaikuttaa huoltoihin. Tämä opinnäytetyö on rajattu mekaanisen kunnossapidon ennakkohuoltosuunnitelmien ja huoltotöiden tarkasteluun.

Kunnossapidolla pyritään ylläpitämään koneiden ja laitteiden toimintakuntoa tasolla, jolla niiden toiminta olisi luotettavaa. Kunnossapidon avulla pyritään hallitsemaan turvallisuuteen ja ympäristöön liittyviä riskejä sekä minimoimaan niitä. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 15–16.)

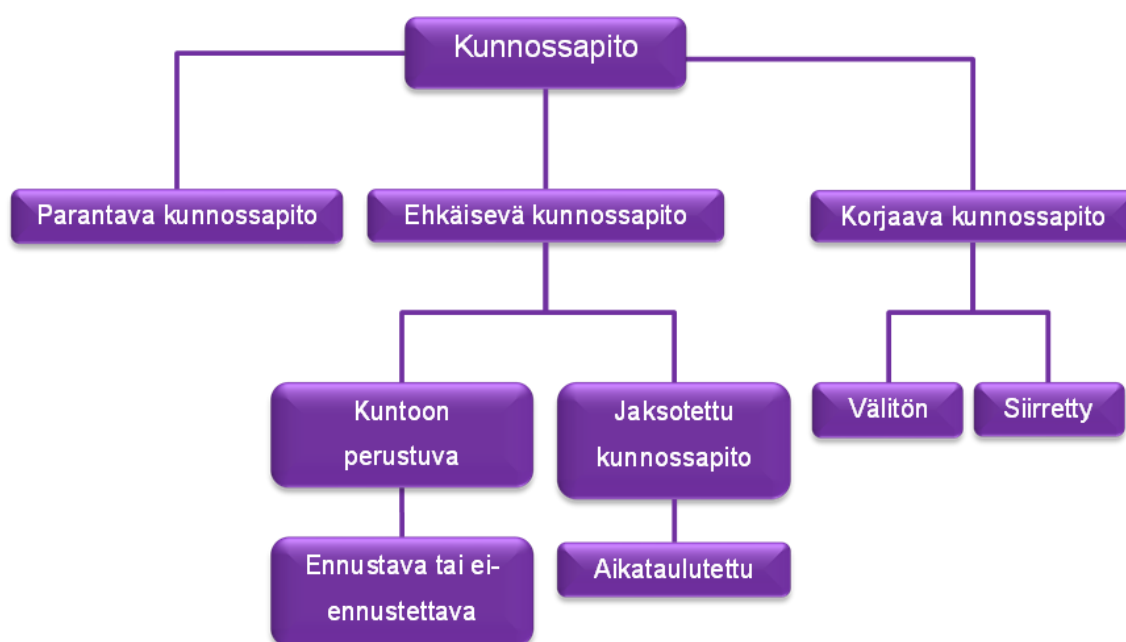
Standardin SFS-EN 13306 (2017) mukaan kunnossapito määritellään seuraavalla tavalla:

Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon (SFS-EN 13306 2017, 5).

Yksi tavoite kunnossapidolla on kohteen käyttövarmuus. Käyttövarmuudella pyritään minimoimaan epäkäytettävyyttä tai pidempiaikaisia seisokkeja. Käyttövarmuuden varmistamiseksi on tarkasteltava, kehitettävä ja tarvittaessa muokattava

kohteen toimintoja ja tekijöitä. Kohteen toimintoja ja tekijöitä on jatkuvasti tunnistettava ja tarvittaessa jaettava erikokoisiin kokonaisuuksiin, jotta kokonaisuuden optimointi onnistuu. (Aalto 1994, 16; Järviö ym. 2007, 40.)

Käyttövarmuutta voidaan tutkia ja kehittää standardin SFS-EN 13306 mukaisen kunnossapitolajikuvion, kuvio 6, avulla. Kunnossapito voidaan jakaa parantavaan, ehkäisevään tai korjaavaan kunnossapitoon. Tarvittava kunnossapitolaji tulee arvioida laitteen käyttäjän toimesta.



KUVIO 6. Standardin SFS-EN 13306 mukaiset kunnossapitolajit (SFS-EN 13306 2017, 13–16, 22).

Parantava kunnossapito sisältää kohteen olennaisten käyttövarmuuteen liittyvien ominaisuuksien parantamista. Parantaminen voi olla kohteen modernisointia, uudistamista uusien osien avulla tai uudelleensuunnittelua ja korjausta. (Järviö ym. 2007, 51.)

Korjaava kunnossapito tapahtuu kohteen vikaantumisen seurauksena. Korjaavan kunnossapidon tarkoituksena on palauttaa kohde toimintakuntoon. Korjaavaa kunnossapitoa voidaan suorittaa välittömästi tai siirtää sopivaan ajankohtaan. Välitön kunnossapito voi sisältää kohteen täyden toimintakunnon palauttamisen tai väliaikaisen korjauksen. (Järviö ym. 2007, 49.)

Ehkäisevä kunnossapito jakautuu jaksotettuun ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon, jotka perustuvat kohteen havainnointiin. Jaksotettu kunnossapito perustuu havaintoihin, joissa ei havaita kohteen huononemista. Tällöin kunnossapito aikataulutetaan sopivaksi kohteen mukaan. Kuntoon perustuvan kunnossapidon perustana on havainto kohteen kunnan huononemisesta. Havainnoinnin perusteella tarkastellaan kohteen huononemiskehitystä. Mikäli huononemiskehitystä ei voida ennustaa, on kohdetta seurattava ja lisätoimiin tartuttava tarvittaessa. Kyseinen kunnossapitolaji voidaan suorittaa seisokkien aikana tai kohteen käydessä. Ehkäisevään kunnossapitoon voidaan sisällyttää seuraavat toimenpiteet:

- tarkastus
- kunnanvalvonta
- määräystenmukaisuuden toteaminen
- testaus
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi. (Järviö ym. 2007, 50, 72–74.)

Tässä opinnäytetyössä käytetään lisäksi termiä ennakkohuolto, joka voidaan yhdistää ehkäisevään ja tarvittaessa korjaavaan kunnossapitoon. Standardi SFS-EN 13306 ei ole käytössä yrityksellä, mutta sitä on käytetty ennakkohuoltosuunnitelmien perustan ymmärtämiseen tässä opinnäytetyössä.

## 4.2 ALMA-tietojärjestelmä

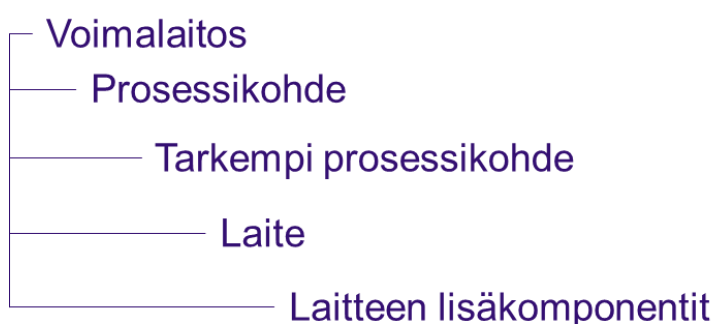
Tämän työn teettävällä yrityksellä on käytössään Vitec ALMA Oy:n kehittämä ALMA-järjestelmä. Sitä hyödynnetään yrityksen suunnittelun-, kunnossapidon- teknisen tiedon ja tapahtumien hallintajärjestelmänä (Vitec Alma n.d.). Hallintajärjestelmä on joustava ja sitä voidaan hyödyntää työpöytäversiona tai Internet-selaimessa käytettävänä ohjelmistoversiona. Järjestelmän mobiiliversio, joka laajentaa sen käytettävyyttä kohteesta riippumatta.

Seuraavaksi esitellään listattuna järjestelmän tiettyjä ominaisuuksia, joita tullaan tarkastelemaan tämän opinnäytetyön aikana:

- laitekortti ja -paikkarekisteri

- ennakkohuoltosuunnitelmien hallinta
- teknisten dokumenttien hallinta.

Laitokset rakennetaan PI-kaavioiden mukaisesti ALMA-järjestelmän prosessi- ja laitehierarkiaan. Hierarkian avulla laitoksen osa-alueista saa selkeän mielikuvan, jonka avulla tietyn kohteen löytäminen tarkastelua varten helpottuu. Hierarkia koostuu eri tasoista kuvion 7 mukaisesti. Hierarkian päätasolta alatasoille mentäessä löytyvät kyseinen laitos, prosessikohde, tarkempi prosessikohde ja prosessikohteessa olevat laitteet sekä niihin liittyvät positiot.



KUVIO 7. Pelkistetty ALMA-järjestelmän hierarkia.

Laitepositiotasolta löytyy kyseisen laitteen laitekortti ja -laitepaikkarekisteri. Laittekortin sisältö muodostuu laitteen tärkeistä teknisistä tiedoista, varaosista sekä linkistä laitedokumentteihin ja huoltohistoriaan. Laittekorttia voidaan hyödyntää laitetietojen tutkimiseen ilman laituskäyntejä. Laittekortin toimivuus riippuu käyttäjän suunnitelmallisesta päivittämisestä ja tarkastelusta.

Laiteposition huoltosuunnitelmalinkistä löytyy kyseiselle laitteelle tehdyt ja suunnitellut ennakkohuoltosuunnitelmat sekä vikatyöt. Laitepositioille luodaan ennakkohuolto-ohjelma, josta muodostuu ennakkohuoltosuunnitelma. Se sisältää yksityiskohtaiset ohjeistukset asianomaiselle laitteelle, kuten huoltovälin, kirjalliset huolto-ohjeet, varaosat ja tarvittaessa työkalut. Ennakkohuoltosuunnitelmasta muodostuu asianomaiselle tiimille ennakkohuoltotyö asetetuin väliajoin. Ennakkohuoltotyön valmistuttua työn suorittaja voi kuitata työn tehdyksi ja raportoida sen. Säännöllisten ennakkohuoltojen ja -suunnitelmien ansiosta laitteen historian tutkiminen helpottuu. Laitteen huoltohistoria on tarpeellista tietää, mikäli laite

vioittuu tuntemattomasta syystä. Tällöin reagointi vioittuneen laitteen huoltoon nopeutuu, kun tietoja on laitteesta kattavasti saatavilla.

Laitteen vioittuessa on tärkeää päästä tutkimaan kyseisen laitteen dokumentteja. Laitteilla voi olla useita erilaisia dokumentteja, kuten käyttö- ja huolto-ohjeita sekä laitteen teknisiä piirustuksia. Dokumenttitiedot liitetään yleisesti laitepositiolle, mistä muodostuu dokumenttilinkki. Dokumenttilinkin tietoja voidaan linkittää ennakko- huoltosuunnitelmille, mikä helpottaa tietojen löytymistä.

Kaikkia tietoja voidaan tarvittaessa muokata, mikä on erittäin tärkeää tietojen ajantasaisessa ylläpitämisessä. Ylläpito kyseisessä laitosympäristössä on erittäin tärkeää, sillä laitteita voidaan joutua vaihtamaan tai modifioimaan ajan saatossa. Laitteiden vaihtoja ja modifiointeja voidaan suorittaa uuden tekniikan kehittyessä tai laitteiden muuttuessa käyttökelvottomiksi. Käyttökelvottomuus voi johtua vanhenemisesta tai käytön aikana syntyneistä mekaanisista vioista.

## 5 TULOKSET

Opinnäytetyön toimeksiantajan Tampereen Sähkölaitos Oy:n toimeksianto oli laatia Naistenlahden voimalaitoksen savukaasujen lauhdutuslaitokseen tarkastuslista ja käydä läpi laitoksen laitteiden ennakko- ja huoltosuunnitelmia. Ennakko- ja huoltosuunnitelmat tarkastettiin ja tehtiin tarvittaessa muutoksia. Muutosten ja tarkastusten perusteella voitiin luoda tarkastuslista laitokselle. Tarkastuslistan luomisen perustana oli myös laitoksen historian osaaminen ja kattava laitetuntemus. Alaotsikot ovat jaettu kahteen osioon: tarkastuslistaan ja ennakko- ja huoltosuunnitelmiin. Näissä esitellään tarkemmin opinnäytetyön tuloksia.

### 5.1 Tarkastuslista

Naistenlahden voimalaitoksen ennakko- ja huoltoa voidaan suorittaa vuosihuollon ja käynnin aikana. Käynninaikaista ennakko- ja huoltoa suoritetaan, mikäli laite-erotuksia tai prosessin alasajoa ei tarvita työn suorittamiseksi. Vuosihuolto on pidempi- aikainen revisio, joka edellyttää prosessin alasajon ja laite-erotuksia. Käyntikauden aikaista kunnossapitoa ja tarkastuksia suoritetaan koneiden ja laitteiden oikeanlaisen toiminnan varmistamiseksi. Kohteen käydessä kunnossapito voi olla esimerkiksi kohteen voitelua ja rasvausta. Savukaasujen lauhdutuslaitoksen tarkastuksia varten luotiin viikkopohjainen tarkastuslista.

Tarkastuslista sisältää kaikki mekaaniselle kunnossapidolle kuuluvat laitteet ja kohteet savukaasujen lauhdutuslaitoksella. Listan tarkoituksena on systematisoida laitoksen käynninaikaisia laitekohtaisia tarkastuksia, joiden avulla reagointi mahdolliseen vikaan nopeutuu ja korjaus voidaan aloittaa pikimmiten. Tarkastuslista on laadittu käyttäjäystävälliseksi huomioiden kohteiden sijainnit ja selventäen kohteet kuvien avulla. Tarkastuslistan kohteet on jaettu karkeasti seuraavalla tavalla:

- kemiapuoli
- pumput
- lamelliselkeytin
- suotonauhapuristin

- hiekkasuodattimet
- muut.

Kemiapuoli sisältää kaikki kemikaalipumput ja niiden ympäristöjen tarkastukset. Kaikkien pumppujen kunto tarkastetaan silmämääräisesti mahdollisten vuotojen tai rikkoutumisien osalta. Alueella kuunnellaan moottoreiden ja pumppujen ääniä sekä tarkastetaan ympäristön siisteys. Tärkeänä huomiona kyseisessä alueessa ovat käytössä olevat kemikaalit. Laitteiden yhteydessä olevien kemikaalien käsittelyssä tulee olla tarvittavat suojaruuvit. Suojaruuvit on valmiina kohteessa. Yrityksellä on käytössään EcoOnline-ohjelmisto, josta voi tarvittaessa hakea lisätietoja käytössä olevista kemikaaleista, esimerkiksi niiden käyttöturvatiedoista.

Pumput-osio sisältää kaikki Sulzer-pumput. Kaikille laitoksella sijaitseville Sulzer-pumpuille suoritetaan samat toimenpiteet, jotka on listattu alla:

- öljypinnan tason tarkastus ja tarvittaessa lisäys
- silmämääräinen tarkastus mahdollisten vuotojen osalta
- ympäristön siisteyden tarkastus
- kytkimen tarkastus (kulumia tai irronnutta kytkinkumia).

Lamelliselkeytin-osio sisältää lietepumpun, lamelliselkeyttimen, korisuodattimet ja suotonauhan lauhdelinjan. Lietepumppua kuunnellaan sen käydessä ja mikäli pumppu ei kuulosta oikealta, se tulee vaihtaa varapumppuun ja poistettu pumppu kunnostaa. Lamelliselkeyttimen seinustalla sijaitsee tarkastusyhteitä, joiden avulla voidaan varmistaa lamelliselkeyttimen lietteen oikeanlainen koostumus ja määrä. Tarkastusyhteiden venttiilit avataan ja tarvittaessa puhdistetaan raskalla, jotta voidaan varmistaa nesteen koostumus. Mikäli neste on paksua ja sameaa, tulee kohde huuhdella lisäohjeistuksen mukaisesti laitteen tukkeutumisen välttämiseksi. Lisäohjeistus kuuluu tarkastuslistaan, mutta sitä ei avata tarkemmin, sillä se on rajattu tämän työn ulkopuolelle. Korisuodattimien paine-eroja tarkastellaan yrityksellä käytössä olevasta Valmet DNA UI -käyttöliittymästä ja kohteessa tarkastetaan suodattimet silmämääräisesti. Suotonauhan lauhdelinja vesitetään vähintään kuukausittain. Vesitys suoritetaan lisäämällä vesiletkut lisäohjeistuksen mukaisiin kohteisiin ja vettä päästetään virtaamaan linjojen läpi pari minuuttia.



Suotonauhapuristin-osiossa tarkastellaan suotonauhapuristinta, saostussäiliötä ja lauhdelinjaa. Suotonauhapuristimen tarkastuksessa suoritetaan seuraavat toimenpiteet:

- viiran suoruuden tarkastaminen (viiran tulee kulkea keskellä)
- viiran liitossauman kunto ja suoruus
- lietekaavarin tarkastus (kaavarin reunan tulee koskettaa viiraa)
- paineilmaputkiston kunnan ja mahdollisten vuotojen tarkastus
- suotonauhapuristimen ympärillä olevien moottoreiden tarkastus päällisin puolin (mahdolliset vuodot ja kuuntelu).

Saostussäiliön moottori kuunnellaan ja säiliö tarkastetaan silmämääräisesti ylä- ja alapuolelta. Lauhdelinjan käsiventtiiliä tulee herkistellä viikoittain.

Hiekkasuodattimet-osiossa tarkastellaan hiekkasuodattimet, huuhteluvessipumppu, teknisen veden pumppu ja mammuttiputket. Pumppujen käyntiääniä kuunnellaan. Mammuttiputkien kunto tulee tarkastaa niin hiekkasuodattimen ylä- kuin alapäästäkin. Hiekkasuodattimien päällä olevista luukuista tarkastetaan sisältö mahdollisen kuluman varalta. Suodattimien lietteen taso tarkastetaan Valmet DNA UI -käyttöliittymästä.

Muut-osio sisältää kohdepoiston, viemärit, ulkoalueen kierron ja rasvauskierron. Kohdepoiston osalta tarkastetaan lauhdeletkut. Letkujen sisällä tulee olla kosteutta. Mikäli kosteutta ei ole, tulee paineilmaa päästää letkun vapaasta päästä ja tarkastaa kosteuden tulo seuraavan tarkastuskierron aikana. Kohdepoiston puhaltimen kiinnitys ja ääni tulee tarkastaa. Kohdepoiston ulostulon ympäristön esteettömyys tulee varmistaa. Viemärit tarkastetaan silmämääräisesti mahdollisen hiekan, tukosten tai epämääräisten esineiden osalta. Ulkoalueen kiertoon kuuluu pesurin ja lauhduttimen ulkopuolinen tarkastus, piipun pohja ja pisaraerottimen alla olevat putket. Pesurin ja lauhduttimen osalta tarkastetaan ulkopuoli, luukkujen tiiveys ja alueen siisteys. Piipun pohjan tarkastukseen kuuluu viemäriventtiilin raotus sekä pysty- että vaakaputkesta. Mikäli vettä tai tippoja ei tule, on putket puhdistettava rassilla. Pisaraerottimen alla olevat putket tarkastetaan päästämällä vettä pesuvesiviemäriputkesta. Mikäli putkessa on tukos, on se

puhdistettava rassilla. Rasvauskierros suoritetaan omana työtehtävänä. Rasvauskierros sisältää kaikki savukaasujen lauhdutuslaitoksen rasvattavat kohteet viikkopohjaisen listan muodossa ALMA-järjestelmässä.

Jokainen tarkastettava kohde vaatii jatkotoimenpiteitä, mikäli tarkastuslistan ohjeistusten mukaiset osiot eivät täyty. Jatkotoimenpiteiden osalta tulee olla suunnitelmallisuutta turvallisuuden ja työn suorituksessa, kohteen käyntihistorian tunnistamisessa ja vikaantumistietojen analysoimisessa.

## **5.2 Ennakkohuoltosuunnitelmat**

Ennakkohuoltosuunnitelmien avulla pyritään kasvattamaan laitteiden käytettävyyttä. Ennakkohuoltosuunnitelmat rakentuvat mahdollisista viranomaisten määräyksistä, laitetoimittajan ohjeistuksista, huolto- ja käyntihistoriasta.

Työn tulos sisälsi olemassa olevien ennakkohuoltosuunnitelmien tarkastukset, joihin suoritettiin tarvittaessa korjauksia tai luotiin uusia suunnitelmia. Ennakkohuoltosuunnitelmiin tehtiin suuri työ, jotta suunnitelmat saatiin ajantasaisiksi ja käytännöllisemmiksi. Suunnitelmien laajuutta ja tarpeellisuutta on tärkeä tarkastella tietyn väliajoin jatkossa, jotta voidaan varmistaa laitteen täysi käytettävyys. Huoltovälien pituutta on tärkeä tarkastella laitteiden ikääntyessä.

Merkittävimmät muokkaukset ennakkohuoltosuunnitelmiin olivat voitelukierroksen parantaminen, työsuunnitelmien tarkennus ja parantaminen. Näiden toteuttamiseksi vaadittiin laitoksen toiminnan ja prosessin teoreettisen puolen ymmärtämistä.

## 6 POHDINTA

Tampereen Sähkölaitos Oy:n toimeksiannossa laatia savukaasujen lauhdutuslaitokseen tarkastuslista ja käydä läpi ennakkohuoltosuunnitelmat onnistuttiin. Työn tuotoksen valmistumiseen vaadittiin kattava tuntemus laitoksen laitteista sekä ymmärrys voimalaitosprosessista sekä savukaasun kehittymisestä ja sen ominaisuuksien tunnistamisesta. Laitteiden optimaaliseen käyttäytymiseen sekä käyttö- ja huoltohistorian yhdistämisellä tunnistettiin laitteiden ennakkohuolto- ja tarkkailuntarve.

Tarkastuslista pohjautuu vahvasti niin teoriaan kuin käytäntöön. Teoria sisälsi prosessitietämyksen yleisesti voimalaitoksista sekä savukaasujen lauhdutuslaitoksesta ja laitetuntemuksesta. Kattavan teoreettisen viitekehyksen ansiosta työn tutkiminen ja tuloksen muodostaminen helpottui huomattavasti. Työn käytännön osuus puolestaan sisälsi kohteen käyttö- ja huoltohistorian tarkastelua. Teorian ja käytännön yhdistämisellä saatiin monipuolinen tarkastuslista, minkä avulla voidaan tarkastella laitoksen toimintaa lähemmin ja minimoida epäkäytettävyyttä.

Ennakkohuoltosuunnitelmien tarkastelu sisälsi tarkastukset, joihin suoritettiin tarvittaessa korjauksia tai luotiin uusia suunnitelmia. Ennakkohuoltosuunnitelmiin tehtiin suuri työ, jotta suunnitelmat saatiin ajantasaisiksi ja käytännöllisemmiksi kohderyhmää ajatellen.

Opinnäytetyö pohjautuu Naistenlahti 2 -voimalaitokseen, joka on otettu pois tuotannollisesta käytöstä. Naistenlahti 2 -voimalaitoksen korvaavan Naistenlahti 3 -voimalaitoksen savukaasun puhdistusjärjestelmät ovat erittäin tehokkaita. Savukaasu, joka saapuu savukaasujen lauhdutuslaitokseen, on jo erittäin puhdasta. Savukaasujen lauhdutuslaitoksen käyttöaste tulee vahvasti muuttumaan tulevaisuudessa verrattaessa vanhaan Naistenlahti 2 -voimalaitokseen. Käyttöasteen muuttumisen johdosta ennakkohuoltosuunnitelmia ja tarkastuslistoja tulee päivittää ajan saatossa. Tulevaa muutosta on pyritty huomioimaan vahvasti ennakkohuoltosuunnitelmissa, jotta niiden päivittäminen helpottuisi.

## LÄHTEET

Aalto, H. 1994. Kunnossapitotekniikan perusteet. Rajamäki: Kunnossapitotekniikka.

Arola, J. 2015. Järjestelmäkuvaus ja tekninen erittely. Valmet Oyj:n sisäinen dokumentti. Viitattu 12.11.2022.

DynamicFiltr. 2022. Lamella Separator DF. Verkkosivu. Viitattu 30.11.2022.  
[http://www.dynamikfiltr.pl/en\\_7.html](http://www.dynamikfiltr.pl/en_7.html)

Energiateollisuus. Teollisuuspäästädirektiivi. Verkkosivu. Viitattu 11.11.2022.  
<https://energia.fi/energiapolitiikka/ymparistolainsaadanto/teollisuuspaastodirektiivi>

European Commission. n.d. Industrial Emissions Directive. Verkkosivu. Viitattu 11.11.2022.  
<https://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm>

FennoWater Ltd Oy. 2015. Käyttö-, huolto- ja turvallisuusohjeet, Flokkaussäiliö, tyyppi FW. FennoWater Ltd Oy:n sisäinen dokumentti. Viitattu 12.12.2022.

FennoWater Ltd Oy. 2015. Käyttö-, huolto- ja turvallisuusohjeet, Jatkuvat toimiselle hiekkasuodattimelle, FW CF-malli. FennoWater Ltd Oy:n sisäinen dokumentti. Viitattu 12.12.2022.

FennoWater Ltd Oy. 2015. Käyttö-, huolto- ja turvallisuusohjeet, Lamelliselkeytimille, tyyppi FW (1 lietekartio). FennoWater Ltd Oy:n sisäinen dokumentti. Viitattu 12.12.2022.

FennoWater Ltd Oy. 2015. . Käyttö-, huolto- ja turvallisuusohjeet, Suotonauhoille, tyyppi FW-800A. FennoWater Ltd Oy:n sisäinen dokumentti. Viitattu 12.12.2022.

FennoWater Ltd Oy. n.d. Suotonauhapuristimet. Verkkosivu. Viitattu 30.11.2022.  
<https://www.fennowater.fi/tuotteet/suotonauhapuristimet/>

General Electric. 2022. Combined cycle power plant: how it works. Verkkosivu. Viitattu 11.11.2022.  
<https://www.ge.com/gas-power/resources/education/combined-cycle-power-plants>

Grundfos. n.d. SMART Digital – DDA, Asennus- ja käyttöohjeet. Grundfos:n sisäinen dokumentti. Viitattu 13.12.2022.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013. Voimalaitostekniikka. 4. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5. uud. painos. Helsinki: Edita.

Inkinen, P. & Tuohi, J. 2002. Momentti. 1, Insinöörifysiikka. Helsingissä: Otava.

Iwaki Pumps. 2003. IWAKI Annostelupumput, LK-F Sarja, Käyttöohje. IWAKI Suomi Oy:n sisäinen dokumentti. Viitattu 12.12.2022.

Iwaki Pumps. 2011. IWAKI Magneettikytkinpumppu, MXM (EUR versio: Suomi), Käyttöohje. IWAKI Suomi Oy:n sisäinen dokumentti. Viitattu 1.11.2022.

Iwaki Pumps. 2010. Käyttöohje, IX sarja. IWAKI Suomi Oy:n sisäinen dokumentti. Viitattu 12.12.2022.

Järviö, J., Parantainen T., Piispa, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. uud. painos. Helsinki: KP-Media.

Koskelainen, L., Saarela, R. & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus.

Moran, M. J. 2003. Introduction to thermal systems engineering: thermodynamics, fluid mechanics and heat transfer. Hoboken NJ: Wiley & Sons.

SFS 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: suomen Standarditoimistoliitto SFS. Viitattu 6.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden.  
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/840250.html.stx>

Sulzer. 2015. Käyttäjän käsikirja – Ahlstar, Asennus-, käyttö- ja huolto-ohje. Sulzer Pumps Finland Oy:n sisäinen dokumentti. Viitattu 7.12.2022.

Tampereen Sähkölaitos Oy. 2022a. Vuosikertomus 2021. Pdf-dokumentti. Viitattu 11.11.2022.  
<https://www.sahkolaitos.fi/globalassets/tiedostot/ohjeet-ja-opasteet/sahkolaitos/vuosiraportit-ja-tilinpaatokset/vuosikertomus-2021.pdf>

Tampereen Sähkölaitos Oy. 2022b. Energiantuotanto. Verkkosivu. Viitattu 11.11.2022.  
<https://www.sahkolaitos.fi/footer-sivut/meista/toimintamme/energiantuotanto/>

Tilastokeskus. 1998. Energiatilastot 1997. Pdf-dokumentti. Viitattu 17.11.2022.  
[https://www.doria.fi/handle/10024/152416/browse?rpp=20&sort\\_by=2&type=date\\_issued&offset=20&etal=-1&order=ASC](https://www.doria.fi/handle/10024/152416/browse?rpp=20&sort_by=2&type=date_issued&offset=20&etal=-1&order=ASC)

Tynjälä, T. 2018. Teknillinen termodynamiikka, Luentomoniste Osa 1. Pdf-dokumentti. Viitattu 30.11.2022. Vaatii käyttöoikeuden.  
[https://moodle.lut.fi/pluginfile.php/1228767/mod\\_resource/content/0/TTD\\_Osa1\\_2018.pdf](https://moodle.lut.fi/pluginfile.php/1228767/mod_resource/content/0/TTD_Osa1_2018.pdf)

Valmet Corporation. 2021. Valmet CFB Boiler. Pdf-dokumentti. Viitattu 11.11.2022.  
<https://valmet.my.salesforce-sites.com/solutionfinderweb/FilePreview?id=06958000000y65qAAA>

Vitec Alma. n.d. Vitec Alma. Verkkosivu. Viitattu 19.12.2022.  
<https://www.vitec-alma.com/>

Yamada Corporation. 2010. Operation manual. Yamada Co.:n sisäinen dokumentti. Viitattu 1.11.2022.

Ympäristö.fi. 2016. Paras käyttökelpoinen tekniikka BAT. Verkkosivu. Viitattu 15.11.2022.  
[https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus\\_ja\\_tuotanto/paras\\_tekniikka\\_bat](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/paras_tekniikka_bat)