

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
LUT School of Energy Systems  
LUT Kone

*Antti Leskinen*

**HIILIVOIMALAITOKSEN PITKÄN AIKAVÄLIN INVESTOINTI- JA  
KUNNONHALLINTASUUNNITELMAN LAATIMINEN**

Tarkastajat: Dosentti Harri Eskelinen  
Professori Juha Varis

## TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
LUT Energiajärjestelmät  
LUT Kone

Antti Leskinen

### **Hiilivoimalaitoksen pitkän aikavälin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman laatiminen**

Diplomityö

2017

84 sivua, 16 kuvaa, 6 taulukkoa ja 4 liitettä

Tarkastajat: Dosentti Harri Eskelinen  
Professori Juha Varis

Hakusanat: omaisuudenhallinta, omaisuudenhallintajärjestelmä, kunnossapito, voimalaitos, kuntokartoitus

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa kohdeyrityksen omaisuudenhallintajärjestelmälle tietoa voimalaitoksen laitteiden nykytilasta, ja sen perusteella laatia investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan toimenpiteitä pitkän aikavälin tähtäimellä. Toimenpiteiden määrittämisen tavoitteena on voimalaitoksen energiatuotantovaatimusten saavuttaminen tulevaisuudessa.

Tutkimuksessa perusteokset, kohdeyrityksen aineistot sekä haastattelut muodostavat tutkimuskysymyksiin vastaavan objektiivisen aineistotriangulaation. Tutkimuksessa voimalaitoksen laitteiden nykytilaa ja elinikää selvitettiin haastattelujen, kohdeyrityksen aineistojen ja voimalaitoksiin liittyvien perusteosten avulla. Tutkimuksessa saatuja tuloksia ja niiden vaikuttavuutta arvioidaan vika-vaikutusanalyysissä riskinluvun (RPN) avulla.

Tutkimuksen tuloksena saatiin 48 toimenpidettä, joiden avulla voimalaitoksen energiantuotantotavoitteet tulevaisuudessa voidaan saavuttaa. Toimenpiteitä arvioitiin riskilukuanalyysin avulla, joka muodostettiin toimenpiteiden toistuvuuden, kustannusten ja tuotantoriskin perusteella. Toimenpiteiden riskilukuanalyysien tuloksista voidaan päätellä, että toimenpiteiden vaikuttavuus energiantuotantovarmuuteen vaihtelee suuresti. Tutkimuksen aikana löydettiin useita jatkokehitysaiheita, jotka liittyvät omaisuudenhallintaan, omaisuudenhallintajärjestelmään sekä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta University of Technology  
LUT School of Energy Systems  
LUT Mechanical Engineering

Antti Leskinen

### **Determining the long-term investment and condition management plan of the coal-fired power plant**

Master's thesis

2017

84 pages, 16 figures, 6 tables and 4 appendices

Examiners: Associate professor Harri Eskelinen  
Professor Juha Varis

Keywords: asset management, asset management system, maintenance, power plant, condition survey

The aim of the study was to provide company's asset management system with information on the state of power plant's equipment and to define measures for the long-term investment and condition management plan. The purpose of the measures is to meet the energy production requirements of the power plant in the future.

In the study basic literature, material of the target company and the interviews form an objective triangulation corresponding to the research questions. In the study, the current state and lifetime of power plant's equipment were investigated through interviews, target company's material and power plant engineering. The results of the study and their effectiveness are evaluated in fault-risk analysis by means of risk priority number (RPN).

As a result of the study, 48 measures were taken to enable the power plant's energy production targets to be met in the future. Measures were evaluated by means of risk index analysis based on the frequency of measure, cost and production risk. From the result of risk index analysis, it can be concluded that the impact of the measure on energy production variability varies. During the study a number of development topics were found in relation to asset management, asset management system and power plant's long-term plan.

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Juhania ja Kirsiä mielenkiintoisen diplomityöaiheen tarjoamisesta. Aihe tarjosi minulle paljon uutta opittavaa ja laajensi aikaisempia näkemyksiäni kunnossapidon hallinnasta. Suuri kiitos kuuluu työn ohjaajalle Johanna Mäelle. Hän on huolehtinut jaksamisestani diplomityötä tehdessäni sekä auttanut ratkaisemaan kaikki ongelmatilanteet työn edetessä. Haluan kiittää myös työni tarkastajia Harri Eskelistä ja Juha Varista. Harrin näkemykset ja rautainen ammattimaisuus olivat korvaamaton apu diplomityön tekemisessä. Kiitos kuuluu tietysti myös kaikille minua työni aikana auttaneille. Erityismaininnan ansaitsee myös työyhteisön viihtyvyys, joka osaltaan auttoi minua jaksamaan tämän rypistyksen läpi.

Diplomityö oli vain ”pieni” osa projektia, joka vuosia sitten aloitettiin. Prosessi on ollut pitkä, ja sen varrella olen saanut paljon tukea. Siitä suuri kiitos kuuluu perheelleni, joka on auttanut minua matkan varrella kaikin tarpeellisin tavoin. Kiitos myös opiskelijakavereilleni, jotka pitivät huolen siitä, että opiskeluvuodet eivät olleet pelkästään opiskelua. Suuri kiitos kuuluu myös avopuolisolleni, jolta olen saanut tukea ja kannustusta, kun sitä olen tarvinnut.

Antti Leskinen

Helsingissä 26.5.2017

## SISÄLLYSLUETTELO

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### ALKUSANAT

### SISÄLLYSLUETTELO

### SYMBOLILUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>10</b>
1.1	Tutkimuksen tausta .....	10
1.2	Tutkimusongelma .....	11
1.3	Tutkimuksen tavoitteet .....	11
1.4	Tutkimuskysymykset .....	11
1.5	Tutkimusmenetelmät .....	12
1.6	Rajaukset.....	12
1.7	Kohdeyritykselle tuotettava tieto .....	13
<b>2</b>	<b>METODIKUVAUS</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>OMAISUUDENHALLINTA</b> .....	<b>16</b>
3.1	Omaisuu denhallinnan periaatteet.....	16
3.2	Omaisuu denhallinnan hyödyt .....	18
3.3	Omaisuu denhallintajärjestelmän rooli .....	19
<b>4</b>	<b>OMAISUUDENHALLINTAJÄRJESTELMÄ</b> .....	<b>21</b>
4.1	Omaisuu denhallintajärjestelmän yleiskuvaus.....	21
4.2	Omaisuu denhallintajärjestelmän vaatimukset .....	21
4.3	Omaisuu denhallintajärjestelmän käyttöönotto .....	22
<b>5</b>	<b>OMAISUUDENHALLINTA KOHDEYRITYKSESSÄ</b> .....	<b>24</b>
5.1	Omaisuu denhallinta ja sen rooli kohdeyrityksessä.....	24
5.2	Omaisuu denhallinnan toimintaperiaatteet .....	25
5.2.1	Strateginen omaisuu denhallintasuunnitelma kohdeyrityksessä.....	26
5.2.2	Omaisuu denhallintasuunnitelmien toteuttaminen ja seuranta .....	26
<b>6</b>	<b>KUNNOSSAPIDON KESKEISET KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT</b> .....	<b>28</b>
6.1	Kunnossapidon määrittely.....	28
6.2	Kunnossapidon tavoitteet.....	28

6.2.1	Tuotannon kokonaistehokkuus .....	29
6.2.2	Käyttövarmuus .....	29
6.2.3	Kunnossapidon kustannustehokkuus .....	30
6.2.4	Ympäristövaikutusten ja turvallisuuden hallinta kunnossapidossa .....	31
6.3	Prosessiteollisuuden tunnusluvut .....	31
6.4	Kunnossapitolajit .....	31
6.4.1	PSK mukaiset kunnossapitolajit .....	32
6.4.2	SFS mukaiset kunnossapitolajit .....	32
6.4.3	Kunnossapitolajit kohdeyrityksessä.....	33
6.5	Kunnossapidon taloudellinen merkitys yritysten toiminnassa.....	36
6.5.1	Elinjaksoajattelu osana investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaa .....	36
<b>7</b>	<b>HIILIVOIMALAITOKSEN KUNTOKARTOITUKSEN SUORITUS .....</b>	<b>39</b>
7.1	Kuntokartoituksen tavoitteet.....	39
7.2	Voimalaitoksen laitteiden kuntokartoituksen taso ja laajuus.....	40
7.3	Kuntokartoituksen toteutus .....	40
7.4	Kuntokartoituksen tulosten raportointi .....	41
<b>8</b>	<b>KOHDEYRITYKSEN VOIMALAITOKSEN KUNTOKARTOITUS .....</b>	<b>42</b>
8.1	Kattilan kuntokartoitus .....	42
8.1.1	Lieriö.....	43
8.1.2	Tulipesä ja höyrystin.....	44
8.1.3	Veden esilämmitin (ekonomaisier) .....	45
8.1.4	Tulistimet .....	45
8.1.5	Hiilipölyjärjestelmä .....	46
8.1.6	Polttoöljyjärjestelmä .....	48
8.1.7	Tuhka- ja kuonajärjestelmät.....	48
8.1.8	Palamisilman esilämmittimet.....	50
8.1.9	Puhaltimet .....	52
8.1.10	Kattilan päähöyryputkisto.....	54
8.1.11	Omakäyttöhöyryjärjestelmä.....	54
8.1.12	Paineilmajärjestelmä .....	55
8.1.13	Nuohoimet .....	55
8.1.14	Kattilan oheislaitteet .....	56
8.2	Höyryturbiinin kuntokartoitus .....	56

8.2.1	Roottorit .....	57
8.2.2	Johto- ja juoksusiivet .....	57
8.2.3	Matalapainepesät .....	58
8.2.4	Korkeapainepesät .....	58
8.2.5	Höyryturbiinin venttiilit .....	58
8.2.6	Höyryturbiinin voiteluöljyjärjestelmä .....	58
8.2.7	Säätö-öljyjärjestelmä .....	59
8.2.8	Höyryturbiinin generaattori .....	59
8.3	Syöttövesijärjestelmän kuntokartoitus .....	59
8.3.1	Syöttövesisäiliö, kaasunpoistin ja syöttövesiputkisto .....	59
8.3.2	Syöttövesipumput .....	60
8.3.3	Syöttöveden korkeapaine-esilämmittimet .....	60
8.4	Lauhejärjestelmän kuntokartoitus .....	60
8.4.1	Päälauhepumput .....	60
8.4.2	Lauhteen esilämmittimet .....	60
8.5	Kaukolämpöjärjestelmä .....	61
8.5.1	Kaukolämpöpumput .....	61
8.5.2	Kaukolämmönvaihtimet 1 ja 2 .....	61
8.5.3	Priiماuslämmönvaihtimet .....	62
8.6	Reduktiojärjestelmä .....	62
8.6.1	Kaukolämmönvaihdin 3 .....	63
8.7	Jäähdytysjärjestelmän kuntokartoitus .....	63
8.7.1	Jäähdytysvesijärjestelmän pumput .....	63
8.7.2	Jäähdytysvesijärjestelmän lämmönvaihtimet .....	64
8.8	Lauhteen- ja vedenkäsittelylaitoksen kuntokartoitus .....	64
8.9	Rikinpoistolaitoksen kuntokartoitus .....	65
8.9.1	Kalkinkäsittelylaitteisto .....	65
8.9.2	Lietteenvalmistuslaitteisto .....	66
8.9.3	Pölynkäsittelylaitteisto .....	66
8.9.4	Rikinpoistolaitoksen nuohoimet .....	67
8.10	Hiilensiirtolaitteiston kuntokartoitus .....	67
8.10.1	Hiilen vastaanottolaitteisto .....	67
8.10.2	Hiilisiilot .....	67

8.10.3	Pystynostin.....	68
8.10.4	Ripekuljetin.....	68
8.10.5	Käyttösiilot.....	69
8.10.6	Hihnakuljettimet .....	69
8.11	Pellettijärjestelmän kuntokartoitus .....	69
8.12	Typenpoistojärjestelmän kuntokartoitus.....	70
8.12.1	Vastaanottorakennus ja varastosäiliö.....	70
8.12.2	Hydrolysaattorilaitteisto.....	70
8.12.3	Katalyyttireaktori .....	70
8.13	Tutkimuksessa löydetty toimenpiteet .....	71
<b>9</b>	<b>TULOKSET .....</b>	<b>73</b>
<b>10</b>	<b>POHDINTA .....</b>	<b>76</b>
<b>11</b>	<b>YHTEENVETO .....</b>	<b>79</b>
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>81</b>
	<b>LIITTEET</b>	

LIITE I: Omaisuudenhallintaan liittyvien termien kuvaukset.

LIITE II: PSK 6201 mukaiset kunnossapitolajien kuvaukset.

LIITE III: SFS-EN 13306 mukaiset kunnossapitolajien kuvaukset.

LIITE IV: Tutkimuksessa löydettyjen toimenpiteiden riskiluku -luokittelu.



**SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO**

<i>KNL</i>	Tuotannon kokonaistehokkuus [%]
<i>K</i>	Käytettävyys [%]
<i>L</i>	Laatukerroin
<i>N</i>	Toiminta-aste [%]
<i>N<sub>I</sub></i>	Toimenpiteen toistuvuus [a]
<i>P</i>	Kustannus [€]
<i>R</i>	Tuotantoriski
Ca(OH) <sub>2</sub>	Kalsiumhydroksidi
KL <sub>V</sub>	Kaukolämmönvaihdin
KL <sub>V3</sub>	Kaukolämmönvaihdin 3
LCC	Life cycle costs
NO <sub>x</sub>	Typen oksidipäästöt
RPN	Risk priority number
SAMP	Strateginen omaisuudenhallintasuunnitelma
SCR	Selective catalytic reduction
SO <sub>2</sub>	Rikkidioksidi

## 1 JOHDANTO

Kohdeyrityksessä omaisuudenhallintajärjestelmä tuottaa voimalaitoksen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman seuraavan 20 vuoden liukuvalla tarkasteluvälillä. Tutkimuksen avulla pyritään tuottamaan omaisuudenhallintajärjestelmälle tietoa voimalaitoksen laitteiden toiminnan tasosta ja täydentämään sen avulla investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaa. Tässä tutkimuksessa käsiteltävät aihealueet on kirjattu myös kohdeyrityksen strategiaan. Kohdeyrityksen yhdeksi strategiseksi tavoitteeksi on kirjattu parantunut kannattavuus, jolla tarkoitetaan kilpailukyvyyn parantamista ja toiminnan jatkuvuutta.

Johdannossa esitellään tutkimuksen tausta, tutkimusongelmat, tavoitteet, tutkimuskysymykset, rajaus, tutkimusmenetelmät ja kohdeyritykselle tuotettava tieto.

### 1.1 Tutkimuksen tausta

Kohdeyrityksessä käytetään omaisuudenhallintaa työkaluna, jonka avulla voidaan saavuttaa organisaatiolle asetetut tavoitteet. Kohdeyrityksellä on useita tuotantolaitoksia, joissa omaisuudenhallintaan liittyvät hallinnointimenetelmät ovat erilaiset ja niiden laatutaso ei ole yhtenäinen. Yhtenä omaisuudenhallinnan työkaluna käytetään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaa, johon päivitetään kaksi kertaa vuodessa voimalaitoksen laitteille ilmenneitä investointi- tai kunnossapitotoimenpiteitä. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman avulla suunnitellaan eri voimalaitoslaitteiden toimenpiteitä sekä kustannuksia, jotta voidaan hahmottaa pitkän tähtäimen suunnitelma. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma kirjataan seuraavan 20 vuoden liukuvalla aikavälillä, joista 5 seuraavaa vuotta tarkennetaan erillisillä suunnitelmilla. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma on raportti, johon on aikataulutettu vuositasolle voimalaitoksen laitteiden kunnossapitotyöt, laitteiden uusinnat ja modernisoinnit sekä niiden kustannusarvio. Tällä hetkellä yhden voimalaitoksen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma ei ole määritelty riittävällä tarkkuudella. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman dokumentoimisen sijaan tieto on voimalaitoksen henkilöstöllä. Tutkimuksen taustalla on ajatus päivittää ja dokumentoida voimalaitoksen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma toimintavarmuuden säilyttämiseksi.

## 1.2 Tutkimusongelma

Voimalaitoksen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman tarkka määrittäminen pitkällä tähtäimellä (20 vuoden tähtäimellä) on haastavaa. Tutkimusongelman muodostavat voimalaitoksen laitteiden eliniän selvitys ja määrittäminen sekä voimalaitoksen tuotantovarmuuden ylläpitämiseen vaadittavien toimenpiteiden löytäminen. Voimalaitoksen laitteiden teknisen eliniän selvittämiseen on käytettävissä erilaisia menetelmiä. Näistä menetelmistä täytyy käyttää kohteeseen parhaiten soveltuvaa menetelmää, tai useampia menetelmiä yhdessä. Voimalaitoksen ja sen laitteiden teknisen elinikäselvityksen avulla voidaan investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan täydentää toimenpiteet, joilla energiantuotantotaso varmistetaan pitkälle aikavälille. Voimalaitoksen laitteiden rajausta ja niiden tutkimusaste ovat kriittisessä asemassa vaaditun energiantuotantotason ylläpitämisen kannalta. Lopputuloksen kannalta myös kohdeyrityksen henkilöstön haastattelut ovat tärkeässä asemassa.

## 1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena on kohdeyrityksen voimalaitoksen pitkän aikavälin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman laatiminen. Tutkimus tuottaa omaisuudenhallintajärjestelmälle informaatiota voimalaitoksen laitteiden nykyisestä toiminnan tasosta sekä eliniästä, joka voimalaitoksen laitteilla on jäljellä. Nykyisen toiminnan tason ja eliniän perusteella voidaan täydentää investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaa. Sen avulla energiantuotantovarmuutta pitkällä aikavälillä voidaan ylläpitää tehokkaasti ja hallitusti. Voimalaitoksen pitkän aikavälin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman avulla varmistetaan laitteiden käytettävyys, jotta energiantuotantotavoitteet tulevaisuudessa voidaan saavuttaa. Tutkimuksen tavoitteena on täydentää investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaa kohdeyrityksen voimalaitoksen osalta vuoteen 2037 asti.

## 1.4 Tutkimuskysymykset

Pitkän tähtäimen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma muodostuu useiden eri tekijöiden perusteella. Suunnitelmassa täytyy huomioida voimalaitoksen eri laitteiden nykytila ja niiden tulevaisuuden elinikä teknilliseltä kannalta. Elinikämäärittelyyn avulla pitkän tähtäimen suunnitelma voidaan täydentää riittävällä tarkkuudella. Laitteiden käyttötunnit, suoritettavat kunnossapitotoiminnot, modernisoinnit ja muut tekijät vaikuttavat

niiden jäljellä olevaan tekniseen elinikään. Voimalaitoksen on tulevaisuudessa pystyttävä siltä vaadittuun energiantuotantotasoon. Diplomityön tutkimuskysymykset ovat:

- Mikä on voimalaitoksen laitteiden nykytila teknisen eliniän näkökulmasta?
- Millä investointi- ja kunnonhallintatoimenpiteillä voimalaitoksen energiatuotanto varmistetaan 20 vuoden aikajaksolle?

### 1.5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa käytetään perusteoksia, kohdeyrityksestä saatavilla olevaa aineistoa sekä kohdeyrityksen henkilöstön asiantuntijahaastatteluita, jotka yhdessä muodostavat tutkimuskysymyksiin vastaavan triangulaation. Perusteoksina käytetään omaisuudenhallintaan, kunnossapitoon ja voimalaitoksiin liittyviä teoksia ja standardeja, joita täydennetään niitä tukevilla kohdeyrityksestä saatavilla olevalla materiaalilla.

Tutkimuksessa käytetään apuna kohdeyrityksen keskijohtoon kohdistuvia asiantuntijahaastatteluita. Suoritetut haastattelut ovat henkilökohtaisia haastatteluita, ryhmähaastatteluita ja sähköpostikyselyitä. Asiantuntijahaastatteluiden tavoitteena on saada tietoa esimerkiksi kohdeyrityksen omaisuudenhallinnan tasosta sekä voimalaitoksen laitteista, niiden nykytilasta sekä eliniästä. Asiantuntijahaastattelujen avulla rajataan tutkimuksen sisältöä tutkittavien laitteiden osalta. Tutkimuksessa käytetään vika-vaikutusanalyysin avulla muodostettua riskilukua. Sen avulla analysoidaan tutkimuksessa löydettyjä tuloksia ja niiden vaikuttavuutta tavoitteiden saavuttamiseen.

### 1.6 Rajaukset

Tässä diplomityössä tutkitaan yhtä kohdeyrityksen voimalaitosta. Laitteiden elinikää tutkitaan teknisestä näkökulmasta. Laitteiden elinikää tutkitaan nykyhetken tietojen perusteella, esimerkiksi tulevaisuuden ympäristölainsäädännön muutosten vaikutuksia ei pääsääntöisesti huomioida. Tutkittavat voimalaitoslaitteistot ja -järjestelmät on rajattu seuraavasti:

- Kattila
- höyryturbiini
- syöttövesijärjestelmä
- lauhdejärjestelmä
- kaukolämpöjärjestelmä

- reductiojärjestelmä
- jäähdytysvesijärjestelmä
- rikinpoistolaitos
- hiilen siirtolaitteisto
- pellettijärjestelmä
- typenpoistojärjestelmä

Yllä esitettyjen laitteistojen ja järjestelmien tarkempi ryhmittely sekä niiden sisältö on esitetty myöhemmin tutkimuksessa. Tutkimuksen perusteella voimalaitoksen laitteista saatu tieto dokumentoidaan investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. Tulosten perusteella pitkän tähtäimen investointi- ja kunnonhallintatoimenpiteet aikataulutetaan vuositasolle kustannusarvioineen. Kustannusarviot perustuvat asiantuntijoiden lausuntoihin tai olemassa oleviin tarjouksiin. Aikatauluarvio perustuu laitteiden nykytilaan, tehtyihin tarkastuksiin, kohdeyrityksen kunnossapitohistorian referensseihin sekä asiantuntijoiden lausuntoihin. Tutkimus rajataan käsittelemään laitekohtaisia uusintoja tai investointeja, vuosikohtaisia laitteille kohdistuneita kunnossapitokustannuksia ei tutkimuksessa tarkastella. Tarkasteluväli investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman laatimiselle rajataan 20 vuoteen (2018–2037).

### 1.7 Kohdeyritykselle tuotettava tieto

Kohdeyrityksellä on olemassa tiedonhallintajärjestelmä, johon merkitään voimalaitoksen tuotantovarmuuden ylläpitämiseen vaadittavat toimenpiteet. Ongelmana tällä hetkellä on toimenpiteiden puuttuminen järjestelmästä. Tämän tutkimuksen avulla pyritään keräämään tietoa tulevaisuuden toimenpiteistä sekä dokumentoimaan tiedot järjestelmään. Sen avulla kohdeyritys pystyy arvioimaan tulevaisuuden investointi- ja kunnossapitotoimenpiteiden merkittävyyttä sekä arvioimaan toimenpiteiden aikataulutusta ja kustannusvaikutuksia. Kun investointi- ja kunnossapitotoimet on merkitty järjestelmään, voi kohdeyritys löytää kustannusten, riskien ja toiminnan tasapainon.

## 2 METODIKUVAUS

Tässä luvussa esitellään tämän tutkimuksen metodin täsmällinen kuvaus. Lisäksi esitellään tutkimuksen lähteiden sekä aineistojen käyttöä. Metodikuvauksessa kuvataan lähteiden sekä aineiston käyttöä tutkimuksessa. Tutkimusmetodin luotettavuusarvion tulokset taas on esitetty tutkimuksen pohdinnassa.

Tässä tutkimuksessa perusteokset kattavat omaisuudenhallinnan, kunnossapidon ja voimalaitostekniikan perusteet. Omaisuudenhallinnan perusteoksina käytetään SFS-standardeja. Kunnossapidon perusteoksina käytetään standardeja, joiden tukena käytetään kunnossapidosta kirjoitettua kirjallisuutta. Voimalaitostekniikan esittelyssä käytetään voimalaitoksen toimintaa kuvaavia teoksia, joita täydennetään kohdeyrityksen aineistojen avulla.

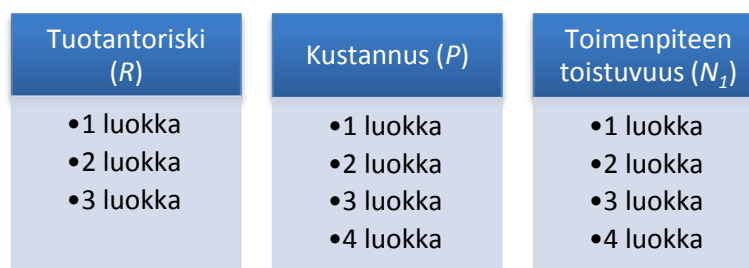
Aineistona tutkimuksessa käytetään kohdeyrityksen voimalaitoksen laitteiden valmistajien aineistoja sekä kohdeyrityksestä saatavilla olevaa materiaalia, joka liittyy omaisuudenhallintaan, kunnossapitoon tai voimalaitostekniikkaan. Kohdeyrityksestä on saatavilla kymmeniä tuhansia voimalaitoksen laitteisiin ja kohdeyrityksen toimintaan liittyviä dokumentteja, joita tutkimuksessa käytetään apuna. Kohdeyrityksestä on saatavilla aineisto:

- Omaisuudenhallinnan ja omaisuudenhallintajärjestelmän kuvaukset
- kunnossapidon käsitteiden kuvaukset
- voimalaitoksen prosessikaaviot
- voimalaitoksen laitevalmistajien aineistot
- voimalaitoksen tarkastusraportit
- voimalaitoksen käyttöohjeet ja häiriöraportit
- kunnossapitoraportit (esimerkiksi laitevalmistajien tekemät tutkimukset ja suositukset)
- kunnossapitojärjestelmästä saatava aineisto (esimerkiksi työtilaukset)
- kohdeyrityksen intranetistä saatava aineisto (esimerkiksi projektidokumentaatio)
- kohdeyrityksen hankintajärjestelmästä saatava aineisto (esimerkiksi aikaisemmat hankinnat)

Tutkimuksessa perusteosten ja aineistojen tukena on käytetty asiantuntijahaastatteluja, jotka kohdistuvat voimalaitoksen henkilöstöön. Asiantuntijahaastattelut on tehty sähköpostilla, henkilökohtaisilla haastatteluilla ja ryhmähaastatteluina. Asiantuntijahaastatteluiden avulla pyritään samaan yksityiskohtaista tietoa kohdeyrityksen omaisuudenhallinnan toiminnasta, voimalaitoksen toiminnasta, voimalaitoksen laitteiden nykytilasta ja kunnossapitohistoriasta sekä voimalaitoksen laitteiden rajauksen apuna. Asiantuntijahaastatteluissa havaitut toimenpiteet on varmistettu kohdeyrityksestä saatavilla olevien aineistojen avulla. Tutkimuksen haastattelut on tehty aikavälillä 1.1.2017–30.5.2017.

Tutkimuksessa käytetyt perusteokset, kohdeyrityksen aineistot ja asiantuntijahaastattelut muodostavat aineistotriangulaation, jonka avulla vastataan tutkimuskysymyksiin. Aineistotriangulaation hyödyntää toisistaan riippumattomia lähteitä, joiden avulla säilytetään tutkimuksen luotettavuus ja objektiivisuus. Lähteiden julkaisuvuoden ja bibliometrinen tunnuslukujen avulla voidaan arvioida käytettyjen lähteiden tieteellistä painoarvoa ja luotettavuutta.

Tutkimuksessa löydetty toimenpiteet ilmoitetaan ja luokitellaan vika-vaikutusmallin riskilukuanalyysia soveltaen. Toimenpiteet jaetaan kolmeen ryhmään, jotka jaotellaan alaluokkiin ja niiden avulla muodostetaan riskiluku (RPN = Risk Priority Number). (Ningcong et al. 2011, s. 1163–1164.) Tutkimuksen perusteella löydetty toimenpiteet luokitellaan toistuvuuden, kustannusten ja tuotantoriskin perusteella. Kuvassa 1 on esitetty riskiluvun ryhmät ja niiden alaluokkien lukumäärä. Jokainen tutkimuksessa löydetty toimenpide jaetaan tuotantoriskin ( $R$ ), kustannusten ( $P$ ) ja toistuvuuden ( $N_1$ ) perusteella luokkiin. Luokittelulla muodostetun riskiluvun perusteella löydettyjen toimenpiteiden vaikuttavuutta voidaan vertailla.



**Kuva 1.** Riskilukuanalyysin soveltamismalli kuntokartoituksen tulosten julkistamisessa.

### 3 OMAISUUDENHALLINTA

Tässä luvussa esitellään omaisuudenhallintaa, toimintamallia, jota yritykset ja organisaatiot voivat käyttää toimintansa kehittämiseen ja ylläpitämiseen. Omaisuudenhallinnalla tarkoitetaan omaisuuden tehokasta ja vaikuttavaa hallintaa, jonka avulla organisaatio voi saavuttaa sen tavoitteet. Omaisuudenhallinnasta on saatavilla paljon kirjallisuutta ja standardeja. Standardit SFS-ISO 55000, SFS-ISO 55001 ja SFS-ISO 55002 käsittelevät omaisuudenhallintaa sekä omaisuudenhallintajärjestelmää. Kohdeyrityksessä omaisuudenhallintaa toteutetaan SFS-ISO 55000 -sarjan avulla. Sen takia tutkimuksessa omaisuudenhallintaa esitellään vain niiden pohjalta. Kohdeyrityksessä omaisuudenhallinnan rooli organisaatiossa on kasvanut, ja sitä kehitetään jatkuvasti. (Heinonen et al. 2009, s. 86–89; SFS-ISO 55000 2014, s. 8.)

Yksi omaisuudenhallinnan toimivuuden edellytyksistä on organisaation omaisuudenhallinnan tavoitteiden tunteminen. Omaisuudenhallinnan ja omaisuudenhallintajärjestelmän esittelyn avulla pyritään luomaan kohdeyritykseen saatavilla oleva dokumentti, jonka avulla omaisuudenhallinnan toiminnan tarkoitus ja rooli kohdeyrityksessä tarkentuvat. Tässä tutkimuksessa omaisuudenhallintaa esitellään vain standardin SFS-ISO 55000 pohjalta. (Heinonen et al. 2009, s. 86; SFS-ISO 55000 2014, s. 8.)

Standardi SFS-ISO 55000 esittelee omaisuudenhallintaan liittyviä termejä. Tutkimuksessa esitellään termit, jotka ovat tutkimukselle keskeisiä. Omaisuudenhallintaan liittyvät termit on esitetty liitteessä I. Omaisuudenhallintaan sisältyy paljon termejä, joita käyttämällä voidaan yhtenäistää toimintaa ja välttää väärinymmärrykset. Yhteinen sanasto luo pohjan toiminnalle. (SFS-ISO 55000 2014, s. 6.)

#### 3.1 Omaisuudenhallinnan periaatteet

Omaisuudenhallinta soveltuu käytettäväksi kaikkiin organisaatioihin, niiden suuruudesta tai toimialasta riippumatta. Omaisuudenhallinnalla ei ole rajoitteita hallittavan omaisuuden suhteen, vaan se soveltuu kaiken tyyppisen omaisuuden hallintaan. Omaisuudenhallinnan avulla on tarkoitus löytää tasapaino kustannusten, riskien ja toiminnan tason kesken. Tämä



tasapaino organisaatiossa voidaan löytää tehokkaan ohjauksen ja hallinnan avulla, mutta tasapainottamista on kuitenkin syytä tarkastella aikaväleihin. Näin saavutetaan oikea lopputulos, kun omaisuudenhallinnan toimet vastaavat organisaation tavoitteita. (SFS-ISO 55000 2014, s. 8.)

Organisaation ominaisuudet, tarkoitus, toimintaympäristö, viranomaisvaatimukset, taloudelliset rajoitteet, odotukset ja vaatimukset vaikuttavat siihen millaista omaisuutta organisaatiolla on oltava, ja miten sitä on hallittava tavoitteiden saavuttamiseksi. Edellä mainitut tekijät otettava huomioon omaisuudenhallinnan elinkaaren (luomisen, toteuttamisen, ylläpitämisen ja kehittämisen) aikana. Omaisuudenhallinta on organisaatiolle yksi keinoista selvittää omaisuuden toiminnan taso sekä tulevaisuuden tarpeet. Kohdeyrityksessä voimalaitoksen laitteiden tulevaisuuden kunnossapidolliset toimet on dokumentoituna investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (SFS-ISO 55000 2014, s. 8.)

Omaisuudenhallinnan perusperiaatteet ovat arvo, yhdenmukaisuus, johtajuus ja varmuus. Standardissa SFS-ISO 55 000 (2014, s. 14) omaisuudenhallinnan perusperiaatteet on määritelty seuraavalla tavalla:

- ”**Arvo:** Omaisuuden tarkoitus on tuottaa lisäarvoa organisaatiolle ja sen sidosryhmille.
- **Yhdenmukaisuus:** Omaisuudenhallinta muuntaa organisaation tavoitteet teknisiksi ja taloudellisiksi päätöksiksi, suunnitelmiksi ja toiminnoiksi.
- **Johtajuus:** Johtajuus ja työpaikan kulttuuri ovat ratkaisevia tekijöitä arvon hyödyntämisen kannalta.
- **Varmuus:** Omaisuudenhallinta takaa, että omaisuus täyttää siltä vaaditut tavoitteet.”

Arvolla tarkoitetaan sitä, että omaisuudenhallinnan tavoitteena on omaisuuden kautta saada lisäarvoa organisaatiolle. Arvo voi olla aineellista, aineetonta, taloudellista tai eitaloudellista, mutta arvot on kuitenkin määritettävä organisaation tavoitteiden perusteella. Yhdenmukaisuudella tarkoitetaan, että omaisuudenhallinnan toimintojen, suunnitelmien ja päätösten on ohjattava kaikkia organisaatiossa suuntaan, jossa tavoitteet voidaan saavuttaa. Johtajuus ja johdon sitoutuminen ovat merkittävässä roolissa omaisuudenhallinnan kannalta. Ilman johtajuutta omaisuudenhallinta ei välttämättä toimi tehokkaasti osana organisaatiota, eikä siten tuota lisäarvoa organisaatiolle. Tällöin organisaation tavoitteet eivät välttämättä

täyty. Varmuudella tarkoitetaan sellaisten prosessien seuranta, toteuttamista tai kehittämistä, joiden avulla omaisuudelta vaaditut tavoitteet saavutetaan. (SFS-ISO 55000 2014, s. 8, 12–14.)

### 3.2 Omaisuudenhallinnan hyödyt

Tässä luvussa esitellään hyötyjä, joita organisaatio voi saavuttaa omaisuudenhallinnan avulla. Omaisuudenhallinnan avulla pyritään hallitsemaan omaisuutta, tuottamaan sille lisäarvoa ja saavuttamaan organisaation tavoitteet. Omaisuuden hallitsemisella voidaan kuitenkin saavuttaa useita hyötyjä, jotka perustuvat omaisuudenhallinnan vaikuttavaan hallintaan ja ohjaukseen. Hyödyt voidaan huomata omaisuudenhallinnan käyttöönoton aikana tai myöhemmässä vaiheessa. Alla on kuvattu omaisuudenhallinnan avulla saavutettavia hyötyjä:

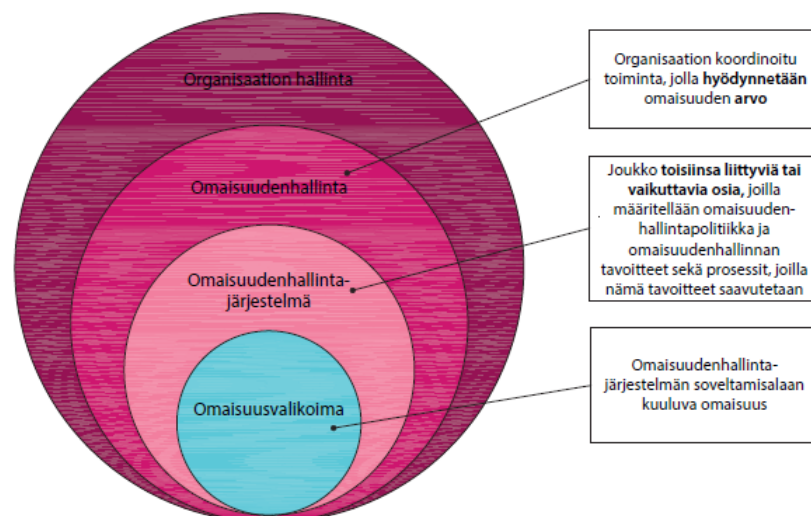
- **Taloudellinen suorituskyky:** Organisaation taloudellinen suorituskyky voi parantua eli sijoitusten tuotto kasvaa ja kustannukset laskevat kun organisaation tavoitteet saavutetaan.
- **Tietopohjaiset omaisuuspäätökset:** Organisaatio voi löytää omaisuudenhallinnan avulla kustannusten, riskien ja mahdollisuuksien tasapainon ja siten parantaa päätöksentekoaan.
- **Riskienhallinta:** Riskienhallinnan avulla, esimerkiksi ympäristöriskien hallinnan avulla organisaatio voi välttää sakkoja tai muita kuluja.
- **Palveluiden ja tuotosten laatu:** Omaisuudenhallinta ylläpitää ja kehittää omaisuutta ja sen tasoa, joka voi johtaa palveluiden ja tuotosten laadun kasvamiseen.
- **Vastuullisuus:** Omaisuudenhallinnan avulla organisaatio voi osoittaa esimerkiksi ympäristövastuuta päästöjä vähentämällä tai luonnonvaroja säästämällä.
- **Vaatimustenmukaisuus:** Organisaatio voi osoittaa vaatimustenmukaisuutensa käyttämällä omaisuudenhallintastandardeja sekä noudattamalla lakeja ja viranomaisvaatimuksia.
- **Maine:** Omaisuudenhallinta parantaa palveluiden ja tuotosten laatua, joka voi johtaa parempaan asiakastyytyväisyyteen, ja maineen parantamiseen.
- **Kestävä kehitys:** Omaisuudenhallinnan avulla organisaation omaisuuden tasoa arvioidaan ja hallitaan jatkuvasti, joka taas voi ohjata toimintaa kestävän kehityksen suuntaan.

- **Tehokkuus ja vaikuttavuus:** Omaisuudenhallinnan arviointi ja kehittäminen voivat johtaa toiminnan tehostamiseen ja vaikuttavuuteen, kuten myös organisaation tavoitteiden saavuttamiseen.

(SFS-ISO 55000 2014, s. 10.)

### 3.3 Omaisuudenhallintajärjestelmän rooli

Omaisuudenhallintajärjestelmä on omaisuudenhallinnasta erotettavissa oleva osa, jonka avulla hallitaan, koordinoidaan ja johdetaan organisaation omaisuudenhallintatoimintoja. Tässä luvussa kuvataan vain lyhyesti omaisuudenhallintajärjestelmän suhde omaisuudenhallintaan ja organisaatioon, tarkempi omaisuudenhallintajärjestelmän käsittely on kappaleessa 4. Organisaation, omaisuudenhallinnan ja omaisuudenhallintajärjestelmän keskinäinen rakenne on esitetty kuvassa 2. (SFS-ISO 55000 2014, s. 14.)



**Kuva 2.** Omaisuudenhallintaan liittyvä keskeinen rakenne, josta huomataan, että omaisuudenhallintajärjestelmä on omaisuudenhallinnan osatekijä. Omaisuusvalikoimaa, esimerkiksi voimalaitosta, ohjataan omaisuudenhallinnan avulla. (SFS-ISO 55000 2014, s. 14.)

Standardi SFS-ISO 55000 (2014, s. 16) määrittelee omaisuudenhallintajärjestelmän seuraavasti: ”Omaisuudenhallintajärjestelmä on joukko toisiinsa liittyviä tai vaikuttavia organisaation osatekijöitä, joilla on tarkoitus laatia omaisuudenhallintapolitiikka ja asettaa omaisuudenhallinnan tavoitteet sekä luoda prosessit, joita näiden tavoitteiden

saavuttamiseen tarvitaan.” Omaisuu denhallintajärjestelmän osatekijöitä ovat toimintaperiaatteet ja suunnitelmat, jotka varmistavat omaisuudenhallinnan tavoitteiden saavuttamisen. Omaisuu denhallinta ja -järjestelmä liitetään yleensä elinjaksoajatteluun, joka voi huomattavasti tehostaa organisaation toimintaa. (SFS-ISO 55000 2014, s. 16.)

Luvussa 3 esiteltiin omaisuudenhallintaa, toimintamallia, jonka avulla on tarkoitus löytää tasapaino kustannusten, riskien ja toiminnan tason kesken. Omaisuu denhallinnan avulla organisaatiot voivat ylläpitää ja kehittää toimintaansa. Kohdeyrityksessä yksi omaisuudenhallinnan apuväline tasapainon löytämiseen on investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma. Sen avulla kohdeyritys pyrkii ylläpitämään toimintaansa tehokkaasti ja hallitusti.

## 4 OMAISUUDENHALLINTAJÄRJESTELMÄ

Tässä kappaleessa esitellään omaisuudenhallintajärjestelmän roolia omaisuudenhallinnan toiminnassa. Omaisuudenhallintajärjestelmän avulla ohjataan, koordinoidaan ja valvotaan, että omaisuudenhallinnalle asetetut tavoitteet saavutetaan. Omaisuudenhallintajärjestelmä laatii omaisuudenhallintastrategian ja -politiikan, joihin omaisuudenhallinnan toiminta perustuu. Kohdeyrityksessä omaisuudenhallinnan ja omaisuudenhallintajärjestelmän keskeiset suhteet ja eroavuudet ovat epäselvät. (Intranet 2017; SFS-ISO 55001 2014, s. 2.)

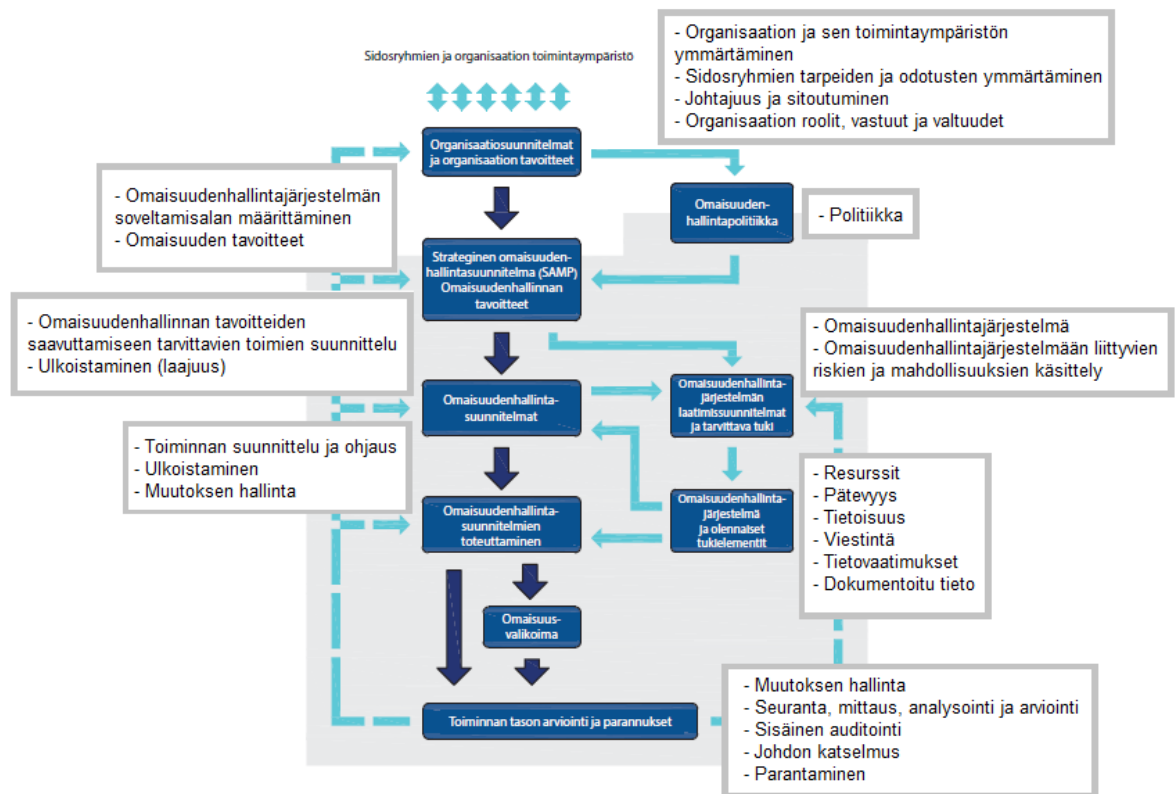
### 4.1 Omaisuudenhallintajärjestelmän yleiskuvaus

Omaisuudenhallintajärjestelmä on omaisuudenhallinnan osatekijä, jonka avulla varmistetaan tavoitteiden saavuttaminen. Omaisuudenhallintajärjestelmän tehtävänä on tukea, koordinoida ja valvoa omaisuudenhallinnan toimintoja. Omaisuudenhallintajärjestelmä soveltuu omaisuudenhallinnan tavoin kaikenlaisiin ja – kokoisiin organisaatioihin, ja sen avulla voidaan hallita kaikenlaista omaisuutta. Omaisuudenhallintajärjestelmän käyttö asettaa organisaatiolle vaatimuksia, joita ovat: Organisaation toimintaympäristö, johtajuus, suunnittelu, tukitoiminnot, toiminta, suorituskyvyn arvioiminen ja parantaminen. Omaisuudenhallintajärjestelmän käyttäminen organisaatiossa vaatii edellä mainittujen vaatimusten tarkan käsittelyn ja määrittelyn organisaation toimesta. (SFS-ISO 55001 2014, s. 2, 8.)

### 4.2 Omaisuudenhallintajärjestelmän vaatimukset

Omaisuudenhallintajärjestelmä asettaa organisaatiolle useita vaatimuksia eri osa-alueille. Näitä osa-alueita ovat organisaation toimintaympäristö, johtajuus, suunnittelu, tukitoiminnot, toiminta, suorituskyvyn arvioiminen ja parantaminen. Edellä mainittuihin osa-alueisiin liittyen organisaation on tehtävä päätöksiä ja linjauksia sekä muita toimintoja, jolla osoitetaan organisaation olevan sitoutunut omaisuudenhallintajärjestelmään. Tämä on välttämätön edellytys omaisuudenhallinnan tavoitteiden saavuttamisen eli omaisuudenhallinnan toiminnan kannalta. Omaisuudenhallintajärjestelmän vaatimukset on esitetty tarkasti standardissa SFS-ISO 55001. (SFS-ISO 55001 2014, s. 8.)

OmaisuuDENhallinnan ja omaisuudenhallintajärjestelmän toiminta yhdessä on esitetty kuvassa 3. Kuvasta voidaan hahmottaa omaisuudenhallintajärjestelmän ja sen vaatimuksien sekä toimintojen sijoittuminen omaisuudenhallinta toiminnan yhteyteen. Kuvasta huomataan, että omaisuudenhallintajärjestelmälle määriteltyjen vastuiden tärkeyden omaisuudenhallinnan ohjaamisessa. Omaisuudenhallintajärjestelmän vaatimusten määrittelyn pohjalta omaisuudenhallintaa toteutetaan organisaatiossa. Kuvasta nähdään omaisuudenhallintajärjestelmän vaatimusten sisällöt lyhyesti esitettynä valkoisissa laatikoissa. (SFS-ISO 55001 2014, s. 8.)



**Kuva 3.** Omaisuudenhallintajärjestelmän tehtävien ja vastuiden keskeiset suhteet omaisuudenhallintaan. Kuvan valkoisissa laatikoissa on omaisuudenhallintajärjestelmän vastuita ja tehtäviä, jotka ohjaavat omaisuudenhallinnan toimintaa. (mukaillen: SFS-ISO 55002 2014, s. 68.)

#### 4.3 Omaisuudenhallintajärjestelmän käyttöönotto

Standardissa SFS-ISO 55002 käsitellään laajasti omaisuudenhallintajärjestelmän käyttöönottoa SFS-ISO 55001 vaatimusten mukaisesti. SFS-ISO 55002 antaa esimerkkejä

kuinka organisaatio voi soveltaa käytännössä omaisuudenhallintajärjestelmälle asetettuja vaatimuksia. Kohdeyrityksessä standardin SFS-ISO 55001 mukaiset vaatimukset ovat vielä määrittelyvaiheessa, joten tässä tutkimuksessa ei syvennytä omaisuudenhallintajärjestelmän käyttöönottoon. (SFS-ISO 55001 2014, s. 8; SFS-ISO 55002 2014, s. 8.)

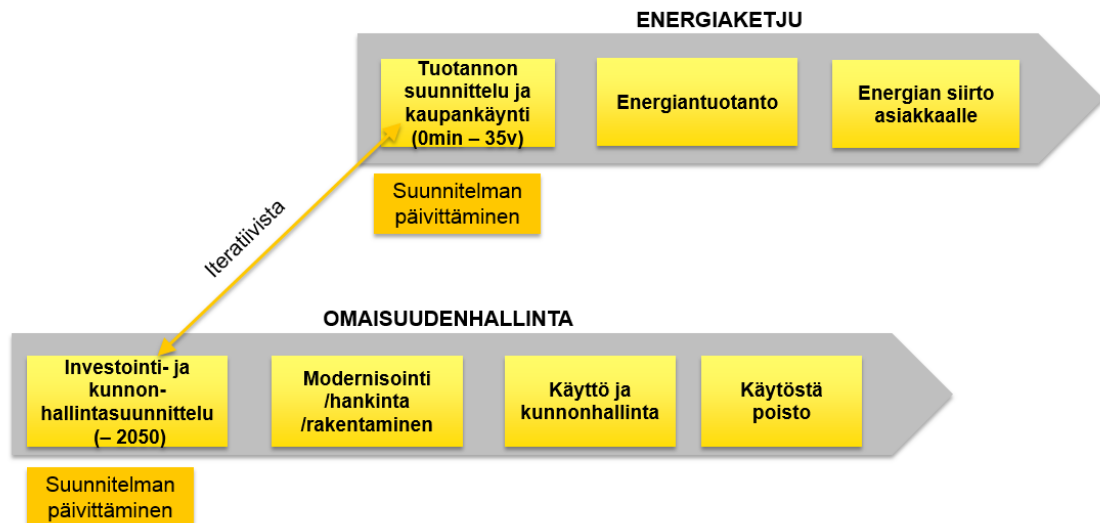
Omaisuudenhallintajärjestelmä on siis omaisuudenhallintaa ohjaava, koordinoiva sekä valvova osa. Omaisuudenhallintajärjestelmä luo pohjan omaisuudenhallinnan toiminnalle, ohjaa toimintaa sekä valvoo ja kehittää sitä tarvittaessa. Omaisuudenhallinta ja omaisuudenhallintajärjestelmä toimivat tiiviisti yhdessä, mutta omaisuudenhallinnan toiminta pohjautuu omaisuudenhallintajärjestelmän toimintaan.

## 5 OMAISUUDENHALLINTA KOHDEYRITYKSESSÄ

Tässä luvussa esitellään kohdeyrityksen omaisuudenhallinnan toimintaa. Toiminnan kuvauksen avulla pyritään esittelemään omaisuudenhallinnan roolia kohdeyrityksen toiminnassa sekä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman merkitystä omaisuudenhallinnalle.

### 5.1 Omaisuudenhallinta ja sen rooli kohdeyrityksessä

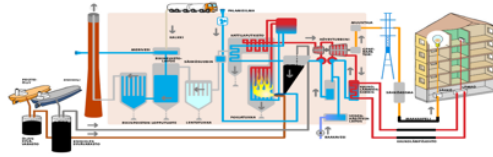
Omaisuudenhallinnan tavoitteet määritetään energiaketjun ja kohdeyrityksen strategian sekä tavoitteiden mukaisesti. Omaisuudenhallinnan toiminnot tukevat energiahallinnan visioita, joten omaisuudenhallinta ja energiaketju ovat tiiviisti linkitettyinä toisiinsa. Omaisuudenhallinnan tuottamat investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmat vaikuttavat energiaketjun energianhankinta- ja tuotantosuunnitelmiin, sekä toisinpäin. Suunnitelmat ovat siis yhteisiä ja ohjaavat kaikkia prosesseja. Energiaketjun ja omaisuudenhallinnan keskeinen suhde on esitetty kuvassa 4. (Intranet 2017.)



**Kuva 4.** Energiaketjun ja omaisuudenhallinnan keskeinen suhde (Intranet 2017).

Omaisuudenhallinta siis toteuttaa energiaketjulta saatavia strategisia tavoitteita, jotka taas on johdettu kohdeyrityksen strategiasta. Omaisuudenhallinnan toimintaympäristön rajausta on esitetty kuvassa 5. (Intranet 2017.)





	sisältyy	ei sisälly
Tontit ja maa-alueet sekä tunnelit [+tunneli infra]		X
Polttoaineet, maakaasun paineenvähennysasemat		X
Satamat		X
Voimaosuudet		X
Polttoainevarastotilat ja -laitteet	X	
Polttoaineen vastaanotto- ja siirtojärjestelmät, maakaasun jakelu- /käyttöputkisto paineenvähennysaseman linjasulusta eteenpäin	X	
Tuotantolaitokset (voimalaitokset, kl- ja kj-keskukset) prosessijärjestelmineen	X	
Tuotantorakennukset ja piha-alueiden varustukset	X	
Lämpö- ja jäähdytysakut laitteineen	X	
Tuotantotilojen LVIAS	X	
Automaatio- ja sähköjärjestelmät ja laitteet	X	
Turvallisuusjärjestelmät ja -laitteet	X	
Sähkösiirtolinjat sähköaseman kennoihin asti	X	
Sähköasemat ja siirtojärjestelmät		X
Kaukolämmön ja -jäähdytyksen siirtojärjestelmät (putket, pumppu- ja venttiili-asemat sekä lämmönsiirinasemat)	X	
Kaukolämmön ja jäähdytyksen talojhdot sopimusten toimitusrajalle asti sekä mittausjärjestelmät	X	
Kiinteistöjen lämmönsiirtimet ja siitä eteenpäin		X
Raakavesilinjat kiinteistösulusta alkaen	X	
Raakavesilinjat ennen kiinteistösulkua		X
Savupiippu	X	
Varaosat ja varastot	X	
Kunnossapitotietojärjestelmä, tekninen tieto (piirustukset, ohjeet, ...)	X	
ICT (toimistoverkot ym.)		X
Erikoistyövälineet (tuotantolaitosten)	X	
Kaukokäyttöjärjestelmä (Kaukolämpövalvomo)	X	
Tuotannonohjausjärjestelmät (Keskusvalvomo)		X
Tuotannonohjauksen tietoliikennejärjestelmät (Prolan)		X

**Kuva 5.** Omaisuusvalikoima kohdeyrityksessä. Voimalaitokset kuuluvat omaisuusvalikoimaan. (Intranet 2017.)

## 5.2 Omaisuudenhallinnan toimintaperiaatteet

Tässä luvussa on esitetty kohdeyrityksen omaisuudenhallinnan toimintaperiaatteet. Standardissa SFS-ISO 55000 omaisuudenhallinnan toimintaperiaatteista käytetään termiä omaisuudenhallintapolitiikka. Kohdeyrityksen omaisuudenhallinnan toimintaperiaatteisiin sisältyvät pääkohdat ovat ympäristö ja turvallisuus, riskienhallinta ja käytettävyys, omaisuuden arvon hallinta, osaamisen hallinta sekä toimintaympäristön muutokset. Toimintaperiaatteissa esitetään omaisuudenhallinnan pääkohtien sisältö ja tavoitteet. Omaisuudenhallinnan toimintaperiaatteet toimivat strategisen omaisuudenhallintasuunnitelman luomisen apuna. (Intranet 2017.)

### 5.2.1 Strateginen omaisuudenhallintasuunnitelma kohdeyrityksessä

Strategisessa omaisuudenhallintasuunnitelmassa (SAMP) esitetään kuinka organisaation ja yrityksen tavoitteet on muutettu omaisuudenhallinnan tavoitteiksi, periaatteet omaisuudenhallintasuunnitelmien laatimiselle sekä omaisuudenhallintajärjestelmän rooli tavoitteiden saavuttamisessa (SFS-ISO 55000 2013, s. 22). Omaisuudenhallinnan keskeiset tavoitteet on lueteltu kohdeyrityksen Intranetissä (2017):

- ”Varmistetaan energiantuotanto- ja siirtojärjestelmien toimitusvarmuus sekä käytettävyystavoitteiden täytyminen.
- Parannetaan kustannustehokkuutta, jotta varmistetaan koko energiaketjun kilpailukyky.
- Pitkän tähtäimen suunnitelmissa energiaketjua tarkastellaan kokonaisuutena ja projektit priorisoidaan.”

Kohdeyrityksen strateginen omaisuudenhallintasuunnitelman laatiminen on vielä kesken. Omaisuudenhallintapolitiikan kanssa strateginen omaisuudenhallintasuunnitelma luovat pohjan koko omaisuudenhallinnan toiminnalle. Omaisuudenhallinnan keskeisten tavoitteiden perusteella huomataan pitkän aikavälin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman tärkeys tavoitteiden saavuttamisessa. (Intranet 2017.)

### 5.2.2 Omaisuudenhallintasuunnitelmien toteuttaminen ja seuranta

Strategisen omaisuudenhallintasuunnitelman perusteella luodaan omaisuudenhallintasuunnitelmat ja niitä tukevat toiminnot. Kohdeyrityksessä omaisuuteen liittyvät kunnossapidolliset suunnitelmat on dokumentoitu investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. Kohdeyrityksessä omaisuudenhallintaa toteutetaan elinkaariajattelun avulla. Omaisuudenhallintaa suositellaan käytettäväksi muiden standardien ja käytäntöjen kanssa yhdessä (SFS-ISO 55000, 2014, s. 16). Omaisuuden elinkaariajatteluun (kuva 6) kohdeyrityksen omaisuudenhallintasuunnitelmassa sisältyvät:

- Omaisuuden pitkän tähtäimen suunnittelu
- modernisointi, hankinta ja rakentaminen
- käyttö ja kunnonhallinta
- käytöstä poisto.

(Intranet 2017.)



**Kuva 6.** Omaisuudenhallintaprosessi kohdeyrityksessä. Omaisuudenhallinta pohjautuu investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan, josta prosessi etenee aina laitteen käytöstä poistoon asti. (Intranet 2017.)

Kohdeyrityksen omaisuudenhallinnan ja sen toiminnan esittelyn perusteella huomataan, että investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmalla on tärkeä rooli kohdeyrityksessä. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman avulla omaisuudenhallinta pyrkii varmistamaan, että energianketjun asettamat tavoitteet sekä omaisuudenhallinnan tavoitteet voidaan saavuttaa pitkällä aikavälillä.

## 6 KUNNOSSAPIDON KESKEISET KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT

Tässä luvussa esitellään kunnossapidon käsitteitä ja määritelmiä, koska kohdeyrityksessä ei käytetä suoraan PSK tai SFS-standardien mukaisia termejä vaan vaikutteita on molemmista. Kunnossapidon käsitykset vaihtelevat suuresti, etenkin henkilötasolla. Jotta termistö ja ajatusmallit saadaan kohdeyrityksessä yhteneviksi, esitellään tutkimuksessa kunnossapidon yleiset termit ja määritelmät sekä perusajatukset. Tässä tutkimuksessa kunnossapidon termejä esitellään PSK sekä SFS-standardien avulla. Kunnossapidon standardit ovat yksi esimerkki standardeista, joita suositellaan käytettäväksi omaisuudenhallinnan kanssa. (Heinonen et al. 2009, s. 95; Intranet 2017.)

### 6.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapito on määritelty useassa eri lähteessä, mutta määrittelyissä perusajatus on samanlainen. Standardi PSK 6201 (2011, s. 2) kunnossapito määritellään seuraavasti: ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.” Kunnossapidon toiminta edellyttää, että laitoksen laitteille täytyy asettaa suorituskykyvaatimukset. Laitteiden suorituskykyvaatimusten perusteella voidaan määrittää vaadittava kunnossapidon taso ja tulokset, joiden perusteella taas määritetään kunnossapitostrategia sekä sitä tukevat toimenpiteet. Kunnossapitostrategia linkittyy vahvasti omaisuudenhallintaan, sillä se määrittelee osaltaan omaisuuden toiminnan tason tavoitteita (energiantuotantotavoitteet), jotka on huomioitava kunnossapitostrategiassa. (Heinonen et al. 2009, s. 25–26; PSK 6201 2011, s. 2.)

### 6.2 Kunnossapidon tavoitteet

Kunnossapidolle on määritelty kunnossapitostrategia, jonka avulla kunnossapidolle asetetut tavoitteet pyritään saavuttamaan. Kunnossapidolle voidaan asettaa tavoitteet tuotannon kokonaistehokkuudelle, käyttövarmuudelle, kunnossapidon kustannustehokkuudelle, ympäristövaikutuksille sekä laitos- ja henkilöturvallisuudelle. Tunnuslukujärjestelmät ovat kunnossapidon tavoitteiden mittaamisen luotu menetelmä. Kunnossapidon tavoitteiden

tunnusluvut on esitetty myöhemmin työssä standardin PSK 7501 avulla. (PSK 6201 2011, s. 1–4.)

### 6.2.1 Tuotannon kokonaistehokkuus

Tuotannon kokonaistehokkuus (*KNL*) on yksi keskeisistä kunnossapidon tavoitteista. Tuotannon kokonaistehokkuus on kolmen osatekijän tulo, joka koostuu käytettävyydestä (*K*), toiminta-asteesta (*N*) ja laatukertoimesta (*L*). (PSK 6201 2011, s. 4.)

Käytettävyydellä tarkoitetaan kohteen kykyä olla tilassa, jossa se kykenee täyttämään sille asetetut suorituskykyvaatimukset. Luotettavuustarkasteluissa käytettävyys on todennäköisyys sille, että kohde täyttää sille asetetut suorituskykyvaatimukset. Käytettävyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat toimintavarmuus, kunnossapidettävyys sekä kunnossapitovarmuus. Käytettävyyden tarkastelukohteita voivat olla yksittäiset koneet, laitekokonaisuudet, kokonaiset tuotantojärjestelmät tai yleisesti kunnossapidon kehittäminen. Tarkastelukohteen perusteella käytettävyyden määritelmä ja tunnusluvut vaihtelevat. (PSK 6201 2011, s. 4–6.)

Toiminta-asteen avulla voidaan mitata toteutuneen tuotantomäärän suhdetta maksimituotantomäärään. Laatukertoimen avulla määritetään kokonaistuotantomäärästä myynti- ja jatkojalostuskelpoisen tuotannon osuus. (PSK 6201 2011, s. 7.)

### 6.2.2 Käyttövarmuus

Käyttövarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä toimia suorituskykyvaatimusten mukaisesti tarvittaessa. Kohteen on siis oltava tilassa, jossa se voi toimia suorituskykyvaatimusten asettamalla tasolla siten, että ulkoiset resurssit eivät rajoita sen toimintaa. Käyttövarmuus voidaan jakaa pienempiin osatekijöihin, joita ovat: toimintavarmuus, kunnossapitovarmuus, kunnossapidettävyys sekä käyttövarmuuden mittarit. (PSK 6201 2011, s. 7–12.)

Toimintavarmuus on yksi käyttövarmuuden osatekijä, joka tarkoittaa kohteen kykyä täyttää suorituskykyvaatimusten mukaiset toiminnot määrätyllä aikavälillä ja määrättyissä olosuhteissa. Kunnossapitovarmuudella puolestaan tarkoitetaan kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa määritetyt kunnossapitotehtävät määrättyissä olosuhteissa.

Kunnossapitotehtäville määritetään suoritus ajankohta tai ajanjakso, jonka aikana ne täytyy suorittaa. (PSK 6201 2011, s. 7.)

Kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan kohteen kykyä olla pidettävissä suorituskykyvaatimusten mukaisessa tilassa tai sen kykyä olla palautettavissa suorituskykyvaatimusten mukaiseen tilaan. Kunnossapidettävyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat luoksepäästävyys, vaihdettavuus, testattavuus, huollettavuus, itsediagnostiikka, vian paikannettavuus sekä kunnossapidettävyyden todentaminen. (PSK 6201 2011, s. 8.)

Käyttövarmuuden tavoitteiden eli toimintavarmuuden, kunnossapitovarmuuden ja kunnossapidettävyyden arviointiin ja mittaamiseen on olemassa erilaisia mittareita. Standardin PSK 6201 määrittelee käyttövarmuuteen liittyvien mittareiden termit. Määriteltyjä termejä ovat käyntiaika, käyttöaika, seisokki sekä useat muut termit. (PSK 6201 2011, s. 8–12.)

### 6.2.3 Kunnossapidon kustannustehokkuus

Kunnossapidon kustannustehokkuutta voidaan arvioida elinjaksokustannusten, elinjaksotuottojen sekä elinajan käyttövarmuuskustannuksien perusteella. Elinjaksokustannuksiin sisältyvät suunnittelusta, hankinnasta, käyttöönotosta, käytöstä, kunnossapidosta, modernisoinneista (parannuksista), sekä käytöstä poistamisesta kohteelle aiheutuvista kustannuksista. Elinjaksotuotoilla taas välittömiä ja välillisiä tuloja, jotka saadaan kohteen käytön aikana tai sen käytöstä poiston johdosta. Elinjaksotulos voidaan määrittää kun elinjaksotuotoista vähennetään elinjaksokustannukset. (PSK 6201 2011, s. 12.)

Elinajan käyttövarmuuskustannukset ovat yksi kunnossapidon kustannustehokkuuteen vaikuttava tekijä, ja niillä tarkoitetaan kohteen elinajan aikana tehtäviä tuotannonkokonaistehokkuutta parantavia ja ylläpitäviä toimenpiteitä. Edellä mainittujen kustannuserien lisäksi elinajan käyttövarmuuskustannuksista huomioidaan epäkäytettävyyuskustannukset. (PSK 6201 2011, s. 12.)

Kunnossapidon kustannustehokkuuden sekä tuotannonkokonaistehokkuuden avulla voidaan arvioida kunnossapidon tehokkuutta. (PSK 6201 2011, s. 12–13.)

#### 6.2.4 Ympäristövaikutusten ja turvallisuuden hallinta kunnossapidossa

Ympäristövaikutusten hallinta on kunnossapidon vastuulla, sillä laitoksille asetetut ympäristövaatimusten ja lupaehtojen täytyminen varmistetaan teknisillä laitteilla ja niiden käyttövarmuuden ylläpitämisellä. Kunnossapidon avulla ehkäistään laitteiden rikkoutuminen ja omaisuuden- tai henkilövahinkojen syntyminen. (PSK 6201 2011, s. 13.)

#### 6.3 Prosessiteollisuuden tunnusluvut

Prosessiteollisuuden tunnuslukuja esitetään standardissa PSK 7501. Tunnuslukujen avulla voidaan seurata kunnossapidolle asetettujen tavoitteiden saavuttamista ja arvioida eri kunnossapidollisten tekijöiden vaikutusta talouteen, luotettavuuteen, tehokkuuteen tai muihin tekijöihin. Tutkimuksessa esitellään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman osalta käytössä olevat tärkeimmät tunnusluvut, jotka ovat käyttöaste, käytettävyys ja toiminta-aste. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman avulla pyritään saavuttamaan asetettu käytettävyystavoite pitkällä aikavälillä. Taulukossa 2 on esitetty käyttöasteen, käytettävyyden ja toiminta-asteiden laskentakaavat. (PSK 7501 2010, s. 7.)

*Taulukko 2. Tunnuslukujen laskentakaavat standardin PSK 7501 mukaan (PSK 7501 2010, s. 7).*

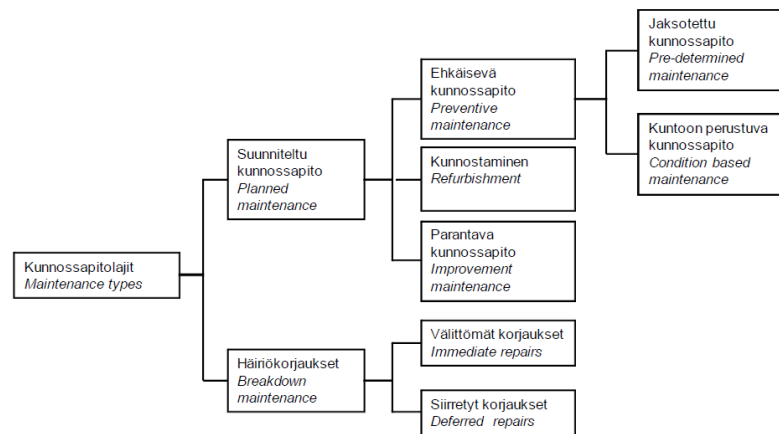
<b>NIMI</b>	<b>LASKENTAKAAVA</b>	<b>YKSIKKÖ</b>
Käyttöaste	$\frac{KÄYTTÖAIKA}{KALENTERIAIKA}$	%
Käytettävyys (K)	$\frac{KÄYNTIAIKA}{KÄYNTIAIKA + SEISOKKIAIKA}$	%
Toiminta-aste (N)	$\frac{TUOTANTO}{NIMELLISTUOTANTO * KÄYTTÖAIKA}$	%

#### 6.4 Kunnossapitolajit

Kunnossapitolajien ryhmittely sekä terminologia vaihtelevat kirjallisuuslähteestä riippuen. Kunnossapitolajeihin liittyvät käsitykset vaihtelevat myös yritysten sisällä laajasti. Tässä luvussa esitellään kunnossapitolajien ryhmittely PSK- ja SFS-standardien mukaisesti. Lisäksi esitellään kohdeyrityksellä käytössä oleva ryhmittely. Kohdeyrityksessä ei noudateta yksiselitteisesti kumpaakaan edellä mainituista standardeista. Kohdeyrityksessä on kunnossapitolajien käytön osalta epäselvyyksiä, joita pyritään esittelyn avulla poistamaan.

#### 6.4.1 PSK mukaiset kunnossapitolajit

Kansalliset standardit PSK 6201 sekä PSK 7501 ryhmittelevät kunnossapitolajit kahteen ryhmään: suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjaukseen. Molemmat ryhmät jaotellaan vielä alaryhmiin, jotka selviävät kuvasta 7. (PSK 6201 2011, s. 32.)



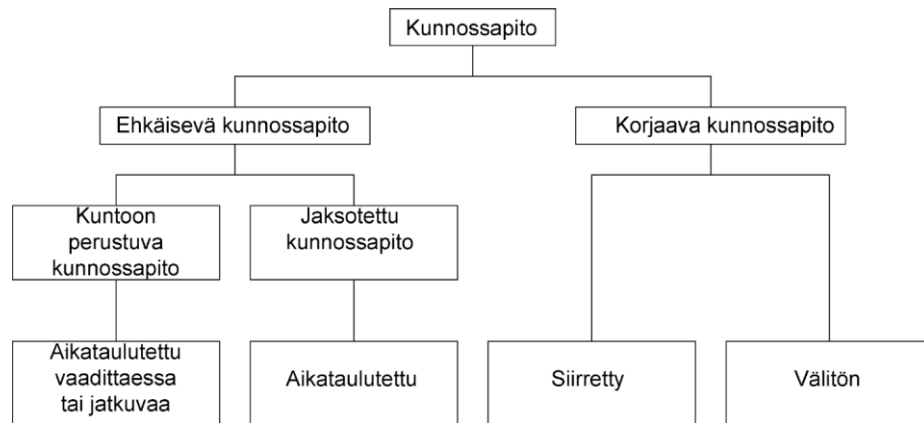
**Kuva 7.** PSK 6201 mukainen kunnossapitolajien ryhmittely (PSK 6201 2011, s. 32).

Suunniteltu kunnossapito jaetaan alaryhmiin, jotka ovat ehkäisevä kunnossapito, kunnostaminen ja parantava kunnossapito. Ehkäisevä kunnossapito voidaan vielä jaotella jaksotettuun kunnossapitoon sekä kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. (PSK 6201 2011, s. 32.) Standardin PSK 6201 (2011) mukaiset kunnossapitolajien määrittelyt on esitetty liitteessä II.

#### 6.4.2 SFS mukaiset kunnossapitolajit

Kansainvälisessä standardissa SFS-EN 13306 kunnossapitolajit jaetaan kahteen ryhmään, ehkäisevään kunnossapitoon sekä korjaavaan kunnossapitoon. Korjaava kunnossapito on jaettu alaryhmään: siirrettyyn ja välittömään korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito taas on jaettu kuntoon perustuvaan kunnossapitoon ja jaksotettuun kunnossapitoon. Kunnossapitolajien ryhmittely on esitetty kuvassa 8. (SFS-EN 13306 2010, s. 34.)





**Kuva 8.** SFS-EN 13306 mukainen kunnossapitolajien ryhmittely (SFS-EN 13306 2010, s. 34).

Standardin SFS-EN 13306 (2010) mukaiset kunnossapitolajien käsitteet on esitetty liitteessä III.

#### 6.4.3 Kunnossapitolajit kohdeyityksessä

Standardit PSK 6201 ja SFS-EN 13306 ryhmittelevät kunnossapitolajit samalla periaatteella, mutta käyttävät eri termejä ryhmittelyssä. Kohdeyityksessä on käytössä samoja termejä, mutta kunnossapitolajien ryhmittely on erilainen. Kohdeyityksen kunnossapitolajien ryhmittely on standardeja monijakoisempi ja termejä on käytetty molemmista esitetyistä standardeista. Kohdeyityksessä kunnossapitolajeihin on myös liitetty numerotunnus. Käytössä olevat kunnossapitolajit sekä niiden numerotunnukset on esitetty taulukossa 5. (Intranet 2017.)

*Taulukko 5. Kohdeyityksen kunnossapitolajien jaottelu (Intranet 2017).*

<b>Numerotunnus ja kunnossapitolaji</b>
1001 Ennakoiva kunnossapito
1002 Korjaava kunnossapito
1003 Parantava kunnossapito
1004 Vuosihuolto
1008 Modernisointi- ja parannusinvestointi

Tässä tutkimuksessa esitetään kohdeyrityksen kunnossapitolajien määritelmät ennakoivasta kunnossapidosta, korjaavasta kunnossapidosta, parantavasta kunnossapidosta, vuosihuolloista sekä modernisointi- ja parannusinvestoinneista, koska ne ovat investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmassa käytetyt kunnossapitolajit. (Intranet 2017.)

Kohdeyrityksessä kunnossapitolajeihin kuuluvat toiminnot ja kunnossapitotyöt on määritelty erillisessä ohjeessa (Intranet 2017). Ennakoivaan kunnossapitoon kuuluvat:

- käyttökauden aikaiset ehkäisevän kunnossapidon kustannukset
- käynninaikaiset huolto- ja tarkastuskustannukset, jotka johtuvat laitoksen olemassaolosta
- valmistetut, ostetut tai kunnostetut varaosat, jotka jäävät hyllyyn
- käyttö- tai varallaolokauden aikana kunnonvalvonnan havaitsemat korjaustarpeet.

(Intranet 2017.)

Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät:

- laitteiden viat ja viankorjaukset, joiden takia laite ei täytä sille asetettuja suorituskykyvaatimuksia
- käyttö- ja varallaolokauden aikana korjattavat viat
- varaosat, jotka ostetaan viankorjauksessa käytetyn tilalle tai viankorjausta varten varaosan puuttuessa
- kunnonvalvonnan havaitsemien vikojen korjaus käyttö- tai varallaolokaudella, jos laitoksen tuotantoa joudutaan rajoittamaan tai pysäyttämään tuotanto kokonaan
- siirretty korjaava kunnossapito lämpö- ja jäähdytysomaisuudessa.

(Intranet 2017.)

Parantavaan kunnossapitoon sisältyvät:

- parannus- ja muutostyöt (myös vuosihuoltojen aikana tehdyt), jotka tehdään kuluina
- kustannuksiltaan pienet, kuluina tehtävät prosessimuutostyöt
- parannustyöt eli kunnossapitotoimet joiden avulla parannetaan kohteen käyttövarmuutta muuttamatta alkuperäistä toimintaa.

(Intranet 2017.)

Vuosihuollot on kohdeyrityksessä eroteltu omaksi kunnossapitolajikseen. Voimalaitosympäristössä suuret kunnossapitotoimet suoritetaan yleensä vuosihuoltoaikana. Kohdeyrityksessä vuosihuoltoon sisältyvät:

- kaikki kunnossapitotyöt, jotka tehdään vuosihuollon aikana
- kunnonvalvonnan havaitsemat korjaustarpeet ja huolto- tai tarkastustöiden aikana löydetty viat, jotka on siirretty tehtäväksi vuosihuoltoon
- varaosat, jotka on ostettu vuosihuollossa tehtäviin kunnossapitotöihin
- varaosien kunnostus ja valmistus vuosihuollossa tehtäviin kunnossapitotöihin liittyen (vaikka kunnostus tai valmistus tehdään vuosihuolto ajan ulkopuolella)
- vuosihuoltotöihin liittyen tehtävät esivalmisteet ja muut esivalmistelutyöt, vaikka ne tehtäisiin vuosihuoltoajan ulkopuolella
- muutos-, parannus- ja investointiprojektit kohdistetaan omalle kunnossapitolajilleen, vaikka ne tehtäisiin vuosihuoltoaikana.

(Intranet 2017.)

Kohteen alkuperäistä toimintaa muuttaville toimenpiteille (muutostöille) on kohdeyrityksessä oma kunnossapitolaji. Modernisointi ja parannusinvestoinnit - kunnossapitolajiin sisältyvät:

- muutostyöt, jotka muuttavat kohteen alkuperäistä toimintaa ja käyttöomaisuuksia (putkisto- ja laitelisäykset ovat esimerkiksi muutostöitä).
- muutostöiden avulla pyritään parantamaan kohteen luotettavuutta ja käyttövarmuutta
- isot investointiprojektit ja pienet muutostyöprojektit (myös vuosihuoltoaikana tehtävät)
- lämpö- ja jäähdytysverkon perusparannukset kohdistetaan modernisointi ja parannusinvestointeihin.

(Intranet 2017.)

Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkityt kunnossapitotoimenpiteet ovat jaoteltu ennakoivaan kunnossapitoon sekä modernisointi ja parannusinvestointeihin. Vuosihuoltotyöt ja korjaava kunnossapito on merkitty suunnitelmaan, mutta ne on ryhmitelty ennakoivan kunnossapidon alaryhmäksi. Vuosihuoltotyöt ja korjaavan kunnossapidon toimet on merkitty suunnitelmaan yhtenä kustannuseränä eikä niiden

sisältämiä toimenpiteitä tarkenneta. Vuosihuoltotöistä tehdään erilliset suunnitelmat ja korjaavan kunnossapidon toimet taas eivät ole suunniteltuja töitä. (Intranet 2017.)

### 6.5 Kunnossapidon taloudellinen merkitys yritysten toiminnassa

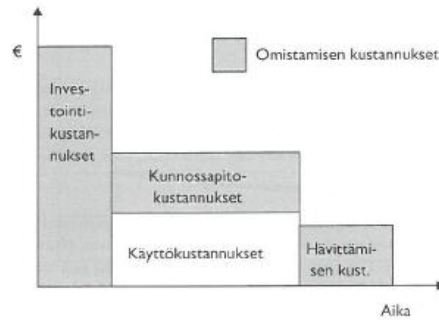
Kunnossapidon taloudellisen merkityksen huomioiminen ja arvioiminen yritysten toiminnassa on kasvussa. Kunnossapidon vaikutukset yrityksen talouteen ovat välilliset, jonka takia niiden merkitys talouden kokonaiskuvassa ei aina ole ollut selkeä. Kunnossapitokustannusten taloudellisen merkityksen arvioimista on vaikeuttanut, se että kunnossapitoa ei voida erotella omaksi toimialakseen vaan se on osana lähes kaikkia toimintoja. Kunnossapitokustannukset muodostavat yhden suurimmista kustannuseristä yrityksen toiminnassa. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma on yksi kohdeyrityksen tavoista hallita omaisuutta ja siitä aiheutuvia kustannuksia. Omaisuuden elinjaksohallinta ja -ajattelu on yksi oleellinen tekijä tehokkaan kustannusten optimoimisen ja arvioimisen kriteeri. (Heinonen et al. 2009, s. 38.)

#### 6.5.1 Elinjaksoajattelu osana investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaa

Elinjaksoajattelu on kunnossapitotoimintojen taloudellisten vaikutusten arvioimista yrityksen toimintaan ja etenkin kohteiden tai järjestelmien tuotantokyvyn ylläpitämiseen ja arvioimiseen käytetty työkalu. Elinjaksoajattelua sovelletaan yleensä ennen investointipäätöksen tekemistä. Sen avulla pyritään muodostamaan elinjaksokustannukset LCC (Life Cycle Costs), jossa huomioidaan investointikustannukset, elinaikaiset käyttökustannukset, elinaikaiset kunnossapitokustannukset ja hävittämisen kustannukset. Tässä tutkimuksessa elinjaksokustannusten laskentakaavoja ei esitellä, sillä tutkimuksen tavoitteena on määrittellä voimalaitoksen laitteiden elinjakson nykytila ja sen perusteella tulevaisuuden investointi- ja kunnonhallintatoimet kustannuksineen. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkitään kohdeyrityksessä ne toimenpiteet, joiden avulla varmistetaan voimalaitoksen käytettävyys. Suunnitelmaan merkittävät investointi- ja kunnossapitokustannukset ovat elinjaksokustannusten osatekijöitä. (Heinonen et al. 2009, s. 43–47.)

Kuvassa 9 on esitetty elinjaksokustannusten jakautuminen investointi-, käyttö-, kunnossapito- ja hävittämiskustannuksiin ajan ja kustannusten kuvaajana. Kuvasta on

helppo hahmottaa kustannustekijät, joista elinjaksokustannukset koostuvat. (Heinonen et al. 2009, s. 44.)



**Kuva 9.** Investointi-, kunnossapito-, käyttö- ja hävittämiskustannukset muodostavat elinjaksokustannukset (Heinonen et al. 2009, s. 44).

Liiketoimintaympäristö ja liiketoimintatilanteet vaikuttavat kunnossapitoon sekä elinjaksoajatteluun. Kuvassa 10 on kuvattu kuinka liiketoimintaympäristön tekijät, teknologia ja markkinat, vaikuttavat elinjaksoajatteluun ja sen näkemyksiin. (Heinonen et al. 2009, s. 91.)

Dynaamiset	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lyhyt taloudellinen elinjakso</li> <li>• elinjaksotuotot tärkeä näkökulma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lyhyt taloudellinen elinjakso</li> <li>• lyhyt takaisinmaksuaika vaade</li> <li>• elinjaksotuotot tärkeä näkökulma</li> </ul>
Markkinat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pitkä taloudellinen elinjakso</li> <li>• elinjakson jatkaminen tärkeää</li> <li>• elinjaksokustannukset tärkeä näkökulma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lyhyt taloudellinen elinjakso</li> <li>• elinjaksokustannukset tärkeä näkökulma</li> </ul>
Stabiilit		
	Stabiili Pitkä elinjakso	Dynaaminen Lyhyt elinjakso
		Teknologia

**Kuva 10.** Liiketoimintaympäristön vaikutus elinjaksoajatteluun (Heinonen et al. 2009, s. 91).

Kuvassa 11 taas on kuvattu liiketoimintatilanteen, käyttöasteen ja kannattavuuden, vaikutus kunnossapitoon ja siten kunnossapitostrategian valintaan (Heinonen et al. 2009, s. 92).

Matala			<ul style="list-style-type: none"> <li>• korkea KNL ja käytettävyys</li> <li>• paljon suunniteltua kunnossapitoa</li> <li>• paljon ehkäisevää kunnossapitoa</li> <li>• paljon kunnonvalvontaa</li> </ul>
Kannattavuus (%)			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keskitasoinen KNL ja käytettävyys</li> <li>• paljon häiriökorjauksia</li> <li>• paljon suunnittelematonta kunnossapitoa</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• korkea KNL ja käytettävyys</li> <li>• paljon parantavaa kunnossapitoa</li> <li>• paljon suunniteltua kunnossapitoa</li> <li>• paljon ehkäisevää kunnossapitoa</li> <li>• paljon kuntoon perustuvaa kunnossapitoa</li> </ul>
Korkea			
	Matala		Korkea
	Käyttöaste		

**Kuva 11.** Liiketoimintatilanteen vaikutus kunnossapitotoimiin (Heinonen et al. 2009, s. 92).

Elinjaksoajattelun esittelyn perusteella huomataan, että kunnossapito ja elinjaksoajattelun linkittyvät tiivisti toisiinsa. Molemmat tekijät ovat omaisuudenhallinnan osatekijöitä, joiden avulla voidaan varmistaa, että omaisuudenhallinta saavuttaa tavoitteensa ja, että saavutetaan yrityksen tavoitteet.

Kohdeyrityksessä kunnossapitolajit on jaoteltu eri tavalla kuin standardeissa, mutta jaottelu on selkeä. Tutkimuksessa ei huomattu välttämätöntä perustetta käyttää standardien mukaista jaottelua, mutta kohdeyrityksen on määriteltävä selkeästi käyttämänsä kunnossapitolajit. Kunnossapidon vaikutus yrityksen toimintaa on kohdeyrityksessä huomioitu, josta yksi esimerkki on investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma. Sen avulla kunnossapidon kustannuksia kohdeyrityksen toiminnassa valvotaan ja kontrolloidaan. Seuraavissa kappaleissa pyritään löytämään kohdeyrityksen voimallitokselta kuntokartoituksen avulla pitkän tähtäimen kunnossapidolliset toimenpiteet.

## 7 HIILIVOIMALAITOKSEN KUNTOKARTOITUKSEN SUORITUS

Tässä luvussa esitellään kuntokartoituksen periaate, käyttötarkoitus, tavoitteet ja kuntokartoituksen suoritustavat sekä sen tulokset ja niiden raportoinnin. Kuntokartoituksen ohjeistuksena käytetään standardia PSK 6202, jota sovelletaan kohdeyrityksen toimintamallien kanssa voimalaitoksen kuntokartoituksessa. Kuntokartoituksen onnistumisen kannalta on tärkeä ymmärtää termien kuntokartoitus ja kuntotutkimus väliset erot. (PSK 6202 2003, s. 2.)

PSK 6202 (2003, s. 3) määrittelee kuntokartoituksen seuraavasti: ”Kuntokartoituksen tuloksena saadaan kokonaiskuva kohteesta. Kuntokartoituksella selvitetään merkittävimmät korjaustarpeet sekä esimerkiksi muiden tarkempien tutkimusten tarve.”

Kuntotutkimus taas määritellään PSK 6202 (2003, s. 3) mukaan: ”Kuntotutkimuksessa selvitetään tarkemmin kuin kuntokartoituksessa kohteen tai sen osan kunto, toimivuus ja korjaustarpeet.”

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tehdä kohdeyrityksen voimalaitoksen rajatuille laitteille kuntokartoitus, jonka tulokset taltioidaan tutkimukseen sekä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. Standardi PSK 6202 on varsinaisesti kuntokartoituksen tilaukseen kirjoitettu ohje, mutta sitä sovelletaan tässä tutkimuksessa kuntokartoituksen apuna. (PSK 6202 2003, s. 2.)

### 7.1 Kuntokartoituksen tavoitteet

Kuntokartoituksen tavoitteena on tuottaa tietoa voimalaitoksen laitteiden kunnosta. Nykytilan perusteella tulevaisuuden investointi- ja kunnonhallintatoimenpiteet voidaan määrittää ja aikatauluttaa. Kuntokartoituksen perusteella voidaan ehdottaa jatkotutkimuksia tai esiselvityksiä. Kuntokartoituksen tavoitteena on toimia kunnossapidon aputyökaluna, jonka avulla kustannuksia ja toimintaa voidaan seurata ja koordinoita. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma toimii kohdeyrityksessä kuntokartoitusten ja muilla menetelmillä havaittujen kunnossapitotoimenpiteiden dokumentointivälineenä. (PSK 6202 2003, s. 4.)

## 7.2 Voimalaitoksen laitteiden kuntokartoituksen taso ja laajuus

Kuntokartoituksen avulla voidaan tavoitella eri lopputuloksia. Vaadittu lopputulos määrittelee kuntokartoituksen tason. Kuntokartoituksen tasoja ovat kuntokartoitus, kuntotutkimus ja energiakatselmus, joista valintaan taso siis tavoitteiden mukaisesti. Kuntokartoituksia voidaan käyttää pitkän tähtäimen suunnitelmien laatimiseen, investointipäätösten tukemiseen, tuotannon muutosten aputyökaluna tai käytettävyyden arviointiin. Pitkän tähtäimen suunnitelmaan pyritään kuntokartoituksen avulla tuottamaan tietoa prosessin tilasta ja tulevista korjaustarpeista määrätyn ajanjakson päähän tarkasteltuna. Kuntokartoituksen laajuus tulee määrittää selkeästi vaaditun lopputuloksen varmistamiseksi. Kuntokartoituksen laajuus voi koskea vain yhtä laitetta, osaprosessia tai vaikka koko tuotantolaitosta. (PSK 6202 2003, s. 4–6.)

## 7.3 Kuntokartoituksen toteutus

Kuntokartoituksen toteutusta varten määritellään kartoitukseen sisältyvät asiat. Standardissa PSK 6202 on listattua asiat, jotka kuntokartoitukseen voidaan sisällyttää. Tämän tutkimuksen osalta kuntokartoituksen sisältöön rajattiin kuuluvaksi:

- laitteiden kuvaus
- tutkittavien laitteiden kunnossapitohistorian tärkeimmät toimenpiteet
- haastattelut, jotka sisältävät käyttäjäkyselyt tuotantolaitoksen laitteiden toiminnasta
- korjaustoimenpiteet lyhyellä ja pitkällä aikavälillä
- uusinta- ja parannustarpeet

(PSK 6202 2003, s. 7–8.)

Kuntokartoituksen sisältöön kuuluvat asiat ovat suurimmaksi osaksi luottamuksellisia. Sen takia kaikkia yllämainittuja sisältöä ei julkaistavassa tutkimuksessa kerrota lukijalle. Kohdeyrityksellä on käytössään kirjoitettu sisältö. Uusinta- ja parannustoimenpiteet, tehdyt kunnossapitotyöt ja korjaustoimenpiteet ovat luottamuksellisia tietoa, jotka on tutkimuksessa selvitetty mutta niitä ei julkaista. Tutkimuksessa laitteiden nykytilaa ja elinikää on arvioitu kohdeyrityksen kunnossapitoreferenssien, haastattelujen, hankintojen ja muiden kohdeyrityksestä saatavilla olevien aineistojen perusteella. Niiden avulla investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan on aikataulutettu tarkasteluvälille löytyneet toimenpiteet kustannusarvioineen.



#### 7.4 Kuntokartoituksen tulosten raportointi

Standardi PSK 6202 määrittelee kuntokartoituksen raportointiin liittyvät vaatimukset. Kuntokartoituksen raportissa esitetään arvio määrättyjen omaisuuserien prosessien kunnosta ja tulevista kunnossapitotoimista. Yhteenvedo, tekstiosuus ja niihin liittyvät liitteet muodostavat kuntokartoituksen raportin. Standardi esittelee muita raportointiin liittyviä menetelmiä, kuten kuntoluokitusten määrittelyn. (PSK 6202 2003, s. 12–13.)

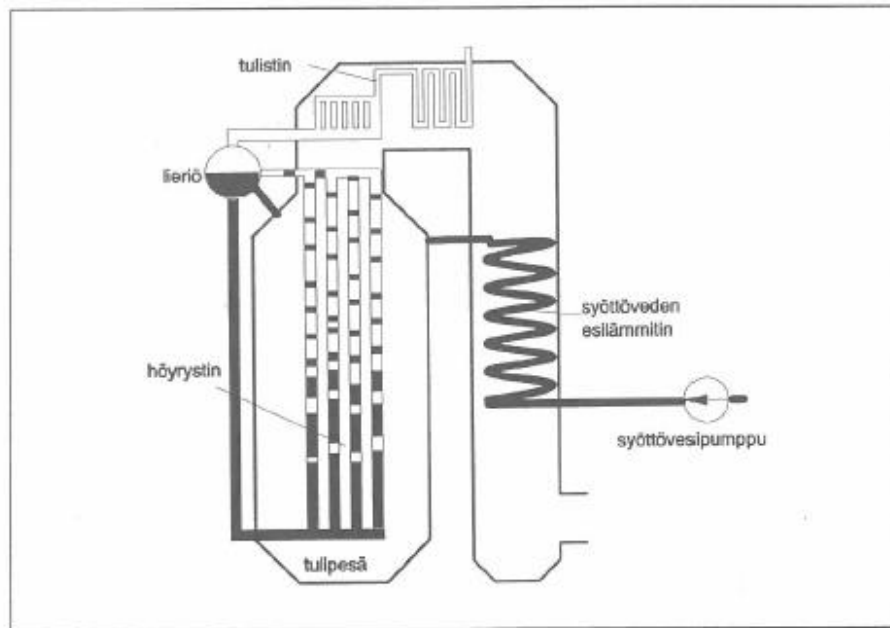
Kohdeyrityksen voimalaitoksen kuntokartoituksen raportoinnin osalta kuvataan järjestelmän tai laitteen perustiedot, nykytilanne, tehdyt merkittävät kunnossapitoimet ja toimenpide-ehdotukset. Kuntokartoituksen perusteella tehdyt havainnot lisätään kohdeyrityksen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan.

## 8 KOHDEYRITYKSEN VOIMALAITOKSEN KUNTOKARTOITUS

Tutkittava voimalaitos on yksi kohdeyrityksen yhteistuotantolaitoksista. Voimalaitos on otettu käyttöön vuonna 1984. Voimalaitoksen sähköteho on 170 MW ja kaukolämpöteho 300 MW. Voimalaitos käyttää pääpolttoaineena kivihiiltä ja varapolttoaineena toimii polttoöljy. Voimalaitoksessa käytetään polttoaineena pellettiä kivihiilen seassa. Voimalaitoskokonaisuuteen kuuluvat kattila, höyryturbiini, hiilensiirtolaitteisto, rikinpoistolaitos, katalysaattori sekä näiden oheislaitteet. Tässä luvussa on esitelty voimalaitoksen laitteet tutkimukseen rajatulta osuudelta. Laitteiden ja niiden toimintojen kuvauksen lisäksi tutkimuksessa esitetään kuntokartoituksen perusteella löydettyjen toimenpiteiden lukumäärä. Kuntokartoituksessa ilmenevät investointi- ja kunnossapitotoimenpiteet kirjataan kohdeyrityksen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman. Sen avulla omaisuudenhallintajärjestelmä pystyy arvioimaan omaisuuden toimintaan liittyviä riskejä ja suunnittelemaan toimintaa pitkällä tähtäimellä. (Intranet 2017.)

### 8.1 Kattilan kuntokartoitus

Kohdeyrityksen hiilipölykattila on luonnonkiertokattila (kuva 12), joka kuuluu vesiputkikattiloiden ryhmään. Luonnonkiertokattiloiden toiminta perustuu kattilaputkistossa virtaavaan veteen ja sen höyrystämiseen. Luonnonkiertokattilan keskeisimpiä komponentteja ovat veden esilämmitin, lieriö, höyrystin ja tulistin. Veden syöttäminen kattilaan tapahtuu syöttövesipumppujen avulla. Syöttövesipumput pumppaavat syöttövesisäiliöstä syöttövettä esilämmittimen kautta lieriöön. Syöttöveden esilämmitin on savukaasulämmitteinen. Sen tehtävänä on lämmittää syöttövesi lähelle kylläistä lämpötilaa, ja samalla laskea savukaasujen lämpötilaa kattilan hyötysuhteen parantamiseksi. Lieriöstä lämmitetty syöttövesi johdetaan laskuputkien avulla kattilan tulipesää ympäröivien höyrystinputkiin, joissa osa vedestä höyrystyy. Kylläinen vesi ja höyrystynyt vesi palaavat lieriöön höyrystimen alaosaan nousuputkia pitkin. Lieriössä kylläinen vesi ja kylläinen höyry erotellaan toisistaan. Kylläinen höyry johdetaan lieriön yläosaan tulistimiin ja kylläinen vesi sekoittuu lieriön alaosaan syöttöveden ja palaa lieriön laskuputkia pitkin takaisin höyrystimeen. (Huhtinen et al. 2000, s. 111–113; Huhtinen et al. 2008, s. 38.)



**Kuva 12.** Luonnonkiertokattilan pääkomponentit. Kohdeyrityksen tutkittava kattila on luonnonkiertokattila. (Huhtinen et al. 2000, s. 113.)

Luonnonkiertokattiloiden toiminta perustuu veden ja höyryn tiheuseroon. Lieriö, höyrystin sekä lasku- ja nousuputket ovat yhtenäinen putkisto. Höyrystimessä olevan kylläisen veden ja höyryn seos on tiheydeltään pienempi kuin laskuputkissa olevan kylläisen veden tiheys. Tiheuserosta johtuen vesi-höyry-seos palaa nousuputkia pitkin lieriöön ja höyrystimeen virtaa lieriöstä tiheämpää kylläistä vettä. (Huhtinen et al. 2000, s. 111; Huhtinen et al. 2008, s. 38.)

### 8.1.1 Lieriö

Lieriö on kriittinen laite voimalaitoksen höyryn valmistusprosessissa. Lieriö on osana kattilan höyrystintä (keittoputkistoa), jossa syöttövedestä tuotetaan höyryä sähkön ja lämmöntuotantoon. Lieriössä on korkea paine ja vuodot lieriössä aiheuttavat turvallisuusriskin. Lieriön vikaantuminen aiheuttaa höyryn valmistusprosessin keskeytyksen, ja siten tuotannon keskeytyksen. (Huhtinen et al. 2000, s. 117; Huhtinen et al. 2008, s. 40; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella lieriöstä löydettiin yksi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävä toimenpide. (Ijäs et al. 2017; Intranet 2017; Viuhko 2017a.)

### 8.1.2 Tulipesä ja höyrystin

Kattilan tulipesässä tapahtuu polttoaineen palaminen sekä syöttöveden höyrystyminen. Tulipesässä on hiilipolttimia neljässä tasossa ja öljypolttimia kolmessa tasossa. Polttimet on sijoitettu tulipesän nurkkiin. Tulipesän seinät on rakennettu putkipaneeleista, jotka on hitsattu toisiinsa. Hitsatut putkipaneeliseinät muodostavat kaasutiiviin tilan. Tulipesän seinät eli putkipaneelit muodostavat säteilykeittopinnan, jossa tulipesän ulkopuolelta laskuputkia pitkin johdettu syöttövesi höyrystyy osittain ja kulkeutuu takaisin lieriöön. Tulipesän alaosan kaltevaa osuutta kutsutaan nieluksi, jonka kaltevat seinät ovat myös putkipaneeliseiniä. Kattilan seinille muodostuu kuonaa, joka voi tippuessaan aiheuttaa nielun putkien rikkoutumisen. (Huhtinen et al. 2000, s. 186–188; Huhtinen et al. 2008, s. 38–40; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Höyrystinputkien rikkoutuminen aiheuttaa kattilan alasajon korjausta varten, aiheuttaen kunnossapitokustannuksia, tuotannonkeskeytyksen ja energiahankinnan lisäkustannuksia. Energiahankinnan lisäkustannuksilta tarkoitetaan kustannuksia, jotka syntyvät kun tuotannonkeskeytyksen aiheuttama energiatuotantovaje täytyy korvata muulla tuotannolla. (Huhtinen et al. 2000, s. 186–188; Huhtinen et al. 2008, s. 38–40; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Pelletin osuuden kasvamista polttoaineseoksessa ei tutkimuksessa huomioida tarkemmin, mutta pelletin osuuden kasvaminen polttoaineseoksessa lisää palamattoman hiilen määrää tuhkassa, joka lisää palamattoman hiilen kertymistä kattilan lämmönsiirtopintoihin (Intranet 2017). Kertymät voivat pudotessaan aiheuttaa höyrystinputkien, etenkin tulipesän nielun rikkoutumisen. Lämmönsiirtopintojen likaantuminen lyhentää kattilan putkistojen elinikää, kun palamattomat partikkelit törmäävät ja tarttuvat lämmönsiirtopintoihin aiheuttaen eroosiota ja ylikuumentumista. (Huhtinen et al. 2000, s. 209.)

Tutkimuksen perusteella tulipesästä ja höyrystimestä löydettiin kolme toimenpidettä, jotka on suoritettava tarkasteluajanjakson aikana kohdeyrityksen voimalaitoksen tuotantotason ylläpitämiseksi. (Ijäs et al. 2017; Intranet 2017; Hankintajärjestelmä 2017; Viuhko 2017a.)

### 8.1.3 Veden esilämmitin (ekonomaisier)

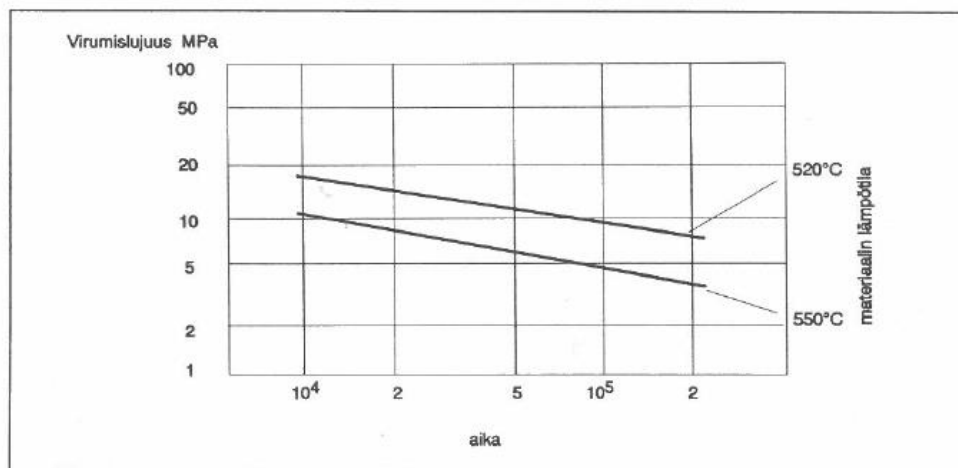
Veden esilämmittimessä syöttövesi lämmitetään kattilan savukaasujen avulla lähelle kylläistä lämpötilaa. Samalla savukaasujen lämpötila laskee ja kattilan hyötysuhde paranee. Syöttövesipumput pumppaavat syöttövettä esilämmittimen kautta lieriöön. Veden esilämmitin on sijoitettu kattilan takavetoon, ja se muodostuu kahdesta ripustetusta teräspuutkipaketista. Veden esilämmittimen putkipaketin rikkoutuminen aiheuttaa syöttöveden vuotamisen savukaasukanavaan. Syöttöveden vuotaminen savukaasukanavaan aiheuttaa lämmönsiirtopintojen likaantumisen, kun savukaasut ovat kosketuksessa syöttöveden kanssa. Pienetkin vuodot syöttöveden esilämmittimessä aiheuttavat paikallista likaantumista ja kertymiä, jotka aiheuttavat virtausvastusta ja ylikuumentumista. Vuotojen korjaus vaatii laitoksen alasajon. Vuodon sijainnista riippuen korjaaminen voi olla todella haastava. Jos vuoto on putkipaketin keskellä, vaatii korjaus pitkän aikajakson. (Huhtinen et al. 2000, s. 194–196; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella veden esilämmittimestä löydettiin yksi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävä toimenpide. (Hankintajärjestelmä 2017; Intranet 2017; Viuhko 2017c; Åkerfelt 2017.)

### 8.1.4 Tulistimet

Kattilan tulistin on kolmiosainen ja sen on sijoitettu kattilan yläosaan. Savukaasujen virtaussuunnassa tulistimet ovat järjestyksessä II-tulistin, III-tulistin ja I-tulistin. Ensimmäisenä oleva II-tulistin on säteilytulistin ja III- sekä I tulistin ovat konvektiotulistimia. Säteilytulistimessa lämpö siirtyy lämmönsiirtimessä säteilemällä ja konvektiotulistimessa konvektion eli kosketuksen avulla. Tulistimissa kuumennettu höyry johdetaan höyryturbiiniin. Tulistusprosessissa höyryn lämpötilan tulee olla stabiili, sillä jos höyryn lämpötila laskee, niin laitoksen sähköntuotanto pienenee. Toisaalta tulistetun höyryn lämpötila ei saa olla liian suuri materiaalitekniisten lämpötilarajoitusten takia. Jos höyryn lämpötila nousee liikaa, niin tulistinputket voivat ylikuumeta ja tulistinputkien käyttöikä lyhenee. Tulistetun höyryn lämpötilaa täytyy edellä mainittujen vaatimusten takia säätää. Tulistetun höyryn lämpötilaa säädetään ruiskuttamalla syöttövettä höyryn joukkoon I ja II-tulistimien jälkeen kokooja- sekä jakokammioiden yhdysputkissa. Tulistimesta otetaan höyryä myös laitoksen omakäyttöhöyryksi öljypoltinten hajoitushöyryksi sekä nuohoushöyryksi. (Huhtinen et al. 2000, s. 188–189; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tulistinputkien eliniän mitoitus perustuu materiaalin myötölujuuteen. Lämpötilan kasvaessa materiaalin myötölujuus pienenee. Kun lämpötila nousee materiaalikohtaisesti määrätyn lämpötilan yläpuolelle, alkaa materiaalin muoto muuttua. Jatkuvassa rasituksessa, riittävän pitkän ajan kuluttua muodonmuutokset aiheuttavat materiaalin murtumisen. Tätä ilmiötä kutsutaan virumiseksi. Viruminen aiheuttaa kappaleissa jännityksiä, jota taas kutsutaan virumislujuudeksi. Kuvassa 13 on esitetty kuumalujan putkimateriaalin 13CrMo44 virumislujuus materiaalin lämpötilan ja käyttöiän funktiona. Kuvasta nähdään materiaalin lämpötilan vaikutus virumislujuuteen. Tulistimien putkimateriaalien elinikään vaikuttaa myös polttoseos, eli hiilen ja pelletin seossuhteiden vaihtelu. Hiilen ja pelletin seospolito vaikuttaa tulistinputkien likaantumiseen ja siten tulistinputkien ylikuumentumiseen sekä niiden eliniän lyhenemiseen. (Ahonen 1980, s. 64–65; Huhtinen et al. 2000, s. 192–193; Intranet 2017.)



**Kuva 13.** Materiaalin 13CrMo44 lämpötilan vaikutus virumislujuuteen ajan funktiona. Kuvasta huomataan lämpötilan heikentävä vaikutus virumislujuuteen. Tulistinputket mitoitetaan yleensä 200 000 käyttötunnille. (Huhtinen et al. 2000, s. 193.)

Tutkimuksessa löydettiin tulistimien osalta kolme investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävää toimenpidettä. (Intranet 2017; Viuhko 2017a.)

### 8.1.5 Hiilipölyjärjestelmä

Hiilipölyjärjestelmän laitteiksi rajataan käyttösiilojen sulkupellit, hiilenjakajat, hiilimyllyt, hiilipolttimet sekä hiilipölyputkisto sulkupeltien ja hiilipolttimien välillä. Käyttösiilosta hiili

syötetään hiilimylyihin hiilenjakajien avulla. Hiilenjakajat ovat lamellikuljettimia. Hiilenjakajan vetopään alla on sekoitusruuvi, jonka avulla hiilen syöttö hiilimylyille pidetään tasaisena. Hiilenjakajia on neljä eli jokaiselle hiilimylylle on oma jakaja. Käyttösiilojen pohjissa on kaksi aukkoa, joista hiili putoaa jakajille. Molemmat aukot on varustettu neljällä sulkupellillä, joita ohjaamalla voidaan ehkäistä holvaantumista siilossa. Sulkuluukuut toimivat myös palopelteinä, jos käyttösiiloissa tai myllyissä syttyy tulipalo. Sulkupeltien toimintavarmuus on turvallisuuden kannalta erittäin tärkeä tekijä. Hiilenjakajat syöttävät hiilen hiilimylyihin, jossa se jauhetaan hiilipölyksi. (Huhtinen et al. 2000, s. 62–63; Huhtinen et al. 2008, s. 93; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Hiilimylyt ovat kuulamylyjä, jossa jauhinkuulat ovat ylä- ja alajauhinrenkaiden välissä. Jauhinkulho ja alajauhinrenkas pyörivät hammaspyörävaihteen avulla. Ylä- ja alajauhinrenkaiden välinen jauhatuspaine saadaan aikaan puristusjousilla ja hydraulisen kiristyslaitteen avulla. Yläjauhinrenkas on kiinni painerenkaassa, ja niiden välissä ovat puristusjouset, joita säädetään hydraulisella kiristimellä. Yläjauhinrenkas siis liikkuu vain vertikaalisuunnassa. Hiili syötetään hiilimylyyn raaka-ainetorven kautta jauhinkuulien alle, josta jauhettu hiili siirtyy alajauhinrenkaan suuttimista tulevan myllyilman avulla keskipakoiserottimeen. Sieltä valmis hiilipöly siirtyy myllyilman avulla prosessissa eteenpäin hiilipolttimille ja liian karkea hiilipöly kiertää uudestaan jauhimeen. (Huhtinen et al. 2000, s. 63–65; Huhtinen et al. 2008, s. 93; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Kattilan 100 % höyryteho saavutetaan kolmen hiilimylyn avulla. Yksi hiilimyly on silloin varalla ja sille voidaan suorittaa kunnossapitotoimenpiteitä. Hiilimylyjen ja muiden hiilipölyputkiston laitteiden toiminta on edellytys voimalaitoksen sähkön- ja lämmöntuotannolle. Jos hiilipölylaitteisto ei toimi, joudutaan käyttämään polttoaineena raskasta polttoöljyä, joka aiheuttaa merkittäviä energianhankinnan lisäkustannuksia. (Ijäs et al. 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella hiilipölyjärjestelmästä löydettiin neljä toimenpidettä, jotka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Hankintajärjestelmä 2017; Ijäs et al. 2017; Intranet 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

### 8.1.6 Polttoöljyjärjestelmä

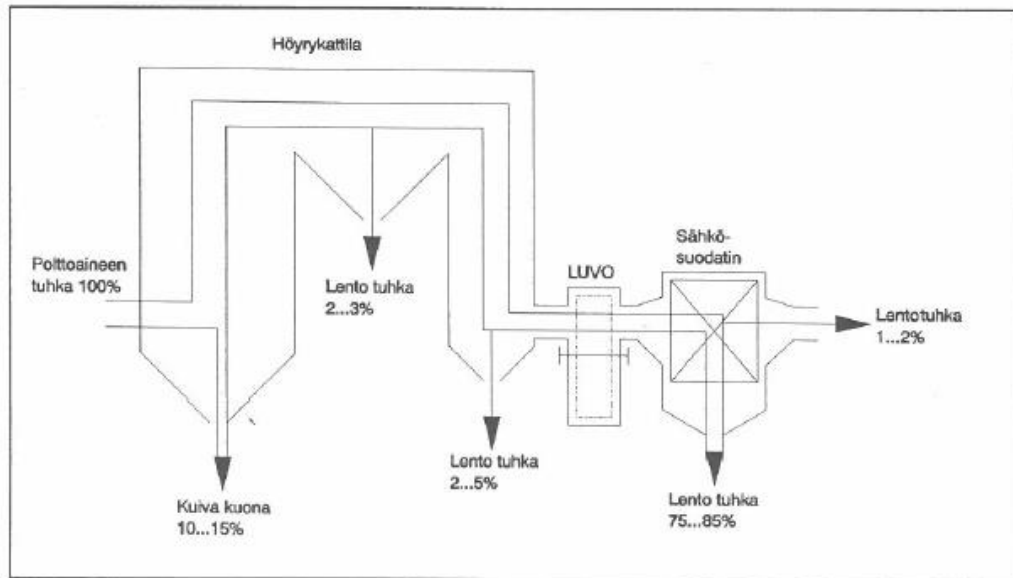
Polttoöljyjärjestelmän avulla pumpataan raskasta polttoöljyä varastosäiliöstä kattilan öljypolttimille. Polttoöljyjärjestelmään kuuluvat varastosäiliö, polttoainepumput, esilämmittimet sekä öljypolttimet. Kattilassa on öljypolttimia kolmessa eri tasossa eli yhteensä 12 kpl. Raskasta polttoöljyä käytetään kattilan käynnistämiseen, lämmittämiseen, koeajoissa sekä varapolttoaineena. Polttoöljy hajotetaan riittävän pieniksi pisaroiksi höyryn avulla. Sumutettu polttoöljy palaa tulipesässä riittävän nopeasti. Hajotushöyry öljypolttimille saadaan kattilan tulistimilta. Polttoöljyjärjestelmän toiminta on edellytys kattilan käynnistämiseen ja siten käytölle. Polttoöljy toimii kattilan varapolttoaineena, jonka takia järjestelmän on oltava käytettävissä. Polttoöljyjärjestelmän vikaantuminen aiheuttaa suuria tuotannollisia menetyksiä, jos kattilaa ei saada käynnistettyä. (Huhtinen et al. 2000, s. 129; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Polttoöljyjärjestelmän tutkimuksessa löydettiin yksi toimenpide, joka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. Järjestelmästä löydettiin myös toinen toimenpide, jota ei merkitä suunnitelmaan vaan se ilmoitetaan kohdeyritykselle toisella tavalla. (Hankintajärjestelmä 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

### 8.1.7 Tuhka- ja kuonajärjestelmät

Tuhka- ja kuonajärjestelmien avulla puhdistetaan kattilan polttotapahtumassa syntyvä lentotuhka sekä pohjakuona. Noin 80-90 % osuus koko polttoaineen tuhkan määrästä on lentotuhkaa, joka poistetaan savukaasuista erilaisilla puhdistuslaitteistoilla. Kuvassa 14 on esitetty tuhkavirrat kuivapesäkattilassa. Kohdeyrityksen voimalaitoksella lentotuhka poistetaan savukaasuista sähkösuodattimen ja letkusuodattimen avulla. Letkusuodatin sijaitsee rikinpoistolaitoksessa, ja se käsitellään myöhemmin tutkimuksessa. Kuivakuona poistetaan kattilan tulipesän alaosa omalla järjestelmällään. (Huhtinen et al. 2000, s. 141; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)





**Kuva 14.** Polttoaineen tuhkan jakautuminen kattilassa (Huhtinen et al. 2000, s. 141).

Tuhkajärjestelmään voimalaitoksella kuuluvat lentotuhkan siirto- ja purkulaitteistot, välisäiliö, 2 lentotuhkasiiloa sekä sähkösuodatin. Syöttöveden esilämmittimessä sekä ilman esilämmittimessä on purkaussuppilot, joista savukaasujen mukana tullut lentotuhka voidaan siirtää välisäiliöön. Suurin osa savukaasujen lentotuhkasta poistetaan kuitenkin sähkösuodattimessa, josta lentotuhka kuljetaan paineilman avulla välisäiliöön. Välisäiliöstä tuhka kuljetetaan tuhkapumppujen avulla lopputuotesiiloihin, joista lentotuhka voidaan purkaa kuivana. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Voimalaitoksen laitteisiin kuuluu sähkösuodatin, jonka avulla savukaasuista erotetaan suurin osa lentotuhkasta. Sähkösuodatin kuuluu kattilan tuhkajärjestelmään, ja sen toiminta on hiukaspäästöjen kannalta oleellinen. Kohdeyrityksen sähkösuodattimessa on 8 elektrodijärjestelmää (kenttää). Sähkösuodattimen kenttien rakenne koostuu emissio- ja erotuselektrodeista, joiden välillä on jännite. Hiukkaset kulkeutuvat savukaasujen mukana sähkösuodattimeen, jossa ne varataan sähkösuodattimen ionisoituneessa vyöhykkeessä negatiivisesti. Varautuneet hiukkaset erotetaan emissio- ja erotuselektrodien avulla voimakkaassa sähkökentässä. Negatiivisesti varautuneet pölyhiukkaset kulkeutuvat kohti erotuselektrodia, joka on positiivisesti varautunut. Sähkösuodattimen emissioelektrodit ovat spiraalilankaelektrodeja ja erotuselektrodit ovat levyelektrodeja. Kiinnittyneet pölyhiukkaset poistetaan erotuselektrodeista ravistuslaitteiston avulla. Pölyhiukkaset irrotetaan erotuselektrodeista ravistuslaitteiston avulla, ja ne tippuvat sähkösuodattimen

pohjalla oleviin pohjasuppiloihin, joista pölyhiukkaset siirretään pneumaattisella laitteistolla pölysiiloon. Sähkösuodattimen yksi etu on sen pitkä käyttöikä. (Huhtinen et al. 2000, s. 252–253; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tuhkajärjestelmän toiminta vaikuttaa voimalaitoksen tuotantovarmuuteen. Häiriöraporttien perusteella tuhkajärjestelmän laitteistojen vikaantumisen kohdeyrityksen voimalaitoksella merkittäviä lisäkustannukset, jotka koostuvat energianhankinnan lisäkustannuksista sekä korjauskustannuksista. Kustannusten perusteella voidaan todeta, että tuhkajärjestelmän toiminta vaikuttaa merkittävästi voimalaitoksen käytettävyyteen ja kustannuksiin. (Intranet 2017.)

Tutkimuksessa tuhkajärjestelmästä löydettiin yksi toimenpide, jonka avulla tarkennetaan investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmassa valmiiksi olevaa toimenpidettä. (Hankintajärjestelmä 2017; Intranet 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

Hiilipölykattilan polttotapahtumassa syntyy lentotuhkan lisäksi tulipesän alaosaan putoavaa pohjatuhkaa (kuonaa). Kivihiilessä tuhkan osuus on noin 10 % ja siitä noin 10-15 % on pohjatuhkaa ja loppuosuus on lentotuhkaa. Lentotuhka kulkeutuu savukaasujen mukana sähkösuodattimeen, joka esitettiin aikaisemmin tutkimuksessa. Pohjatuhka poistetaan tulipesän pohjasuppilon kautta sammutusaltaaseen. Pohjakuonajärjestelmän avulla pohjakuona sammutetaan meriveden avulla ja kuljetetaan kuonakuljettimella kuonasiiloon, josta kuona puretaan kuonanpurkaimella. Kattilan pohjatuhkajärjestelmään kuuluvat kuonansammutin, kuonankuljetin, kuonasiilo, siilon purkulaitteisto sekä merivesilaitteistoa. (Huhtinen et al. 2000, s. 144–145; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella kattilan pohjatuhkajärjestelmästä löydettiin yksi toimenpide, joka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Hankintajärjestelmä 2017; Ijäs et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

#### 8.1.8 Palamisilman esilämmittimet

Kattilan palamisilman lämmittämiseen on käytössä ilman esilämmitin (LUVO) sekä höyryesilämmitin. Molempia esilämmittimiä käytetään palamisilman esilämmitykseen erilaisissa voimalaitoksen tuotantotilanteissa. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Ilman esilämmitin on lämmönvaihdin, jonka avulla kattilan palamisilma esilämmitetään. Esilämmitetyn palamisilman avulla poistetaan polttoaineesta kosteutta ja siten polttoaineen syttyminen tehostuu. Esilämmitys nopeuttaa palamisreaktiota ja se on hiilipölykattilalle välttämätön laite hiilen kosteusprosentin sekä epähomogeenisuuden takia. Ilman esilämmittimen avulla palaminen kattilassa pidetään stabiilina hiilen ominaisuuksien vaihtelusta huolimatta. Ilman esilämmitin sijoitetaan kattilakokoonpanossa viimeiseksi, syöttöveden esilämmittimen jälkeen. Palamisilman esilämmitysprosessi voidaan varustaa höyryn esilämmittimillä happokastepisteen alittumisvaaran perusteella. Happokastepisteellä tarkoitetaan savukaasussa veden (vesihöyryn) tiivistymistä seosaineiden, kuten rikkiatrioksidin vaikutuksesta. Happokastepisteen alittuminen aiheuttaa vesihöyryn tiivistymisen ilman esilämmittimeen syövyttäen lämmönsiirtopintoja, ja lyhentäen esilämmittimen elinikää. (Ahonen 1980, s. 69; Huhtinen et al. 2000, s. 101–102, 196–197; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Kohdeyrityksen voimalaitoksen ilman esilämmitin on regeneratiivinen esilämmitin. Regeneratiivisessa lämmönvaihtimessa savukaasujen lämpö siirretään palamisilmaan lämpöä varaavien massojen avulla, jotka ovat vuorotellen kosketuksessa kylmän ja lämpimän massavirran kanssa. Lämpöä varaavat massat ovat levykennoja (elementtejä). Ilman esilämmittimen levykennostoa pyöritetään horisontaalin akselin avulla, jonka moottorivaihderyksiköt on sijoitettu esilämmittimen ulkokehälle. Massavirrat kulkevat esilämmittimessä siten, että savukaasut virtaavat alaspäin ja palamisilma ylöspäin. Levykennosto muodostuu kolmesta eri osasta: kylmäosa, väliosa ja kuumaosa, joista kylmä osa alimpana. Happokastepiste vaikuttaa juuri esilämmittimen kylmässä osassa lämpötila-alueen takia. (Huhtinen et al. 2000, s. 199–200; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Ilman esilämmitin on varustettu kahdella höyrynuohimella, jotka on sijoitettu savukaasukanavan tulo- ja lähtöpuolelle. Höyrynuohointen lisäksi esilämmittimessä on ääninuohimet. Ilman esilämmittimen paine-eron kasvaessa lämpöpinnat puhdistetaan nuohimien avulla. Höyrynuohimet on varustettu vesipesulaitteistolla, jota käytetään kun esilämmittimen paine-eroa ei saada pienemmään höyry- tai ääninuohouksen avulla. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Rikkoutumiset tai vikaantumiset ilman esilämmittimessä vaativat kattilan alasajon korjauksia varten. Levykennojen likaantuminen havaitaan paine-eron kasvuna ja se voidaan yleensä korjata höyry- tai ääninuohointen avulla käytön aikana. Esilämmittimen nuohous aiheuttaa lisäkustannuksia, jos joudutaan käyttämään vesinuohousta, koska tällöin kattila täytyy ajaa alas. (Huhtinen et al. 2000, s. 199–200; Intranet 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella ilman esilämmittimestä (LUVO) löydettiin kolme toimenpidettä, jotka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Ijäs 2017; Ijäs et al. 2017; Intranet 2017; Kallio 2017a; Kallio 2017b.)

Palamisilman lämmitysprosessi on varustettu kahdella höyryesilämmittimellä, joka on kaksiosainen ripaputkilämmönvaihdin, johon kuuluvat lauhdutinosa ja lauhteen jäähdytin. Höyryesilämmittimet sijaitsevat palamisilmakanavassa ennen savukaasuesilämmitintä (LUVO). Höyryesilämmittimien tehtävä on nostaa palamisilman lämpötilaa, jotta savukaasujen lämpötila LUVO:n jälkeen pysyy happokastepisteen yläpuolella. Täydellä kattilakuormalla höyryesilämmitin ei ole käytössä. (Huhtinen et al. 2000, s. 201; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Höyryesilämmittimistä ei tutkimuksen perusteella löydetty investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimia. (Ijäs et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

#### 8.1.9 Puhaltimet

Tässä tutkimuksessa puhaltimien osalta käsitellään savukaasupuhaltimet, pääilmapuhaltimet ja myllyilmapuhaltimet. Tutkittavalla voimalaitoksella savukaasupuhaltimia on kaksi, pääilmailmapuhaltimia on myös kaksi ja myllyilmapuhaltimia on neljä. Savukaasu- tai pääilmapuhaltimien rikkoutuminen aiheuttaa voimalaitokselle tuotantorajoituksen tai tuotannonkeskeytyksen kunnossapitotöiden ajaksi. Savukaasu- ja pääilmapuhaltimet on mitoitettu siten, että kattilan täydellä höyryteholla molemmat savukaasu- ja pääilmapuhaltimet ovat käytössä. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Savukaasupuhaltimia käytetään savukaasujen poistoon (Huhtinen et al. 2000, s. 241). Kattilassa on kaksi rinnan kytkettyä savukaasupuhallinta, joista yhden mitoitus riittää noin 60 % kattilan nimellisestä savukaasumäärästä. Molempien savukaasupuhaltimien toiminta on välttämätöntä kattilan täyden tehon saavuttamiseksi. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Savukaasupuhaltimissa ei tutkimuksen perusteella löydetty investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä, uusia toimenpiteitä. Suunnitelmaan on merkitty valmiiksi yksi toimenpide, joka tutkimuksen perusteella pidetään merkittynä suunnitelmaan. (Ijäs et al. 2017; Intranet 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017; Malkki 2017.)

Pääilmapuhaltimien avulla tuotetaan palamisilma kattilan hiilen tai öljyn polttamiseen. Tutkittavassa voimalaitoksessa on savukaasupuhaltimien tapaan kaksi rinnan kytkettyä pääilmapuhallinta, jotka ovat aksiaalipuhaltimia. Yksi puhallin on mitoitettu tuottamaan 60 % palamisilmamäärästä kun kattila on täydellä teholla. Molempien pääilmapuhaltimien on oltava toiminnassa, jos kattilaa halutaan ajaa täydellä teholla. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella löydettiin yksi toimenpide, joka pääilmapuhaltimien osalta merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Ijäs et al. 2017, Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

Myllyilmapuhaltimet ovat keskipakopuhaltimia, joiden avulla hiilipöly siirretään hiilimylystä polttimille. Jokaisella hiilimylyllä on oma myllyilmapuhallin, joten kattilan täyden tehon saavuttaminen vaatii kolmen myllyilmapuhaltimen toiminnan samanaikaisesti. Myllyilmapuhaltimille ilma otetaan palamisilmakanavan kahdesta eri kohdasta, ennen ilman esilämmitintä (LUVO) ja sen jälkeen. Myllyilmapuhaltimien toiminta on tuotannon kannalta tärkeää, mutta yksi hiilimyly ja myllyilmapuhallin ovat täydellä kattilan teholla varalla. Myllyilmapuhaltimen vikaantuminen käytön aikana aiheuttaa kyseisen myllyilmapuhaltimen ja hiilimylyn laitteiston toiminnan keskeytyksen, mutta kattilan jatkaa tuotantoa osateholla. Vikaantuneen myllyilmapuhaltimen ja hiilimylyn tilalle voidaan käyttöönottaa varalla oleva laitteisto, jonka käyttöönotto aiheuttaa kuitenkin pieniä lisäkustannuksia. Käyttöönotto tehdään raskaan polttoöljyn avulla, joka aiheuttaa lisäkustannuksia. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Myllyilmapuhaltimien osalta ei merkitä toimenpiteitä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Hankintajärjestelmä 2017; Ijäs et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

#### 8.1.10 Kattilan päähöyryputkisto

Kattilan päähöyryputkistolla tarkoitetaan tuorehöyrylinjoja, jotka alkavat tulistimien jälkeen. Tulistettu höyry johdetaan tulistimilta tuorehöyrylinjaan, josta höyry ohjataan höyryturbiinille tai kaukolämmönvaihtimeen 3 (KLV3). Tuorehöyry pyörittää höyryturbiinin roottoria ja siten siihen kytkettyä generaattoria, joka tuottaa sähköä. Tuorehöyry voidaan johtaa tuorehöyryputkistoa pitkin myös KLV3:een, jolloin höyryn lämpöenergia siirretään kaukolämpövedeen, niin ettei voimalaitoksella tuoteta sähköä. Käyttöpaine tuorehöyrylinjoissa on 150 bar ja käyttölämpötila on 535 °C eli putkisto on prosessiarvojen takia alttiina virumiselle. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tuorehöyrylinjoja tarkastetaan säännöllisesti, koska putkistossa on korkea paine ja lämpötila (Intranet 2017; Viuhko 2017a). Putkiston rikkoutuminen aiheuttaa suuren turvallisuusriskin sekä tuotannonkeskeytyksen korjausten ajaksi. Tuorehöyrylinjojen rikkoutumisen seurauksena höyryn valmistusprosessi keskeytyy ja sähkön- sekä lämmöntuotanto keskeytyvät.

Tuorehöyrylinjoissa ei tutkimuksen perusteella löydetty investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä. (Intranet 2017; Viuhko 2017a.)

#### 8.1.11 Omakäyttöhöyryjärjestelmä

Omakäyttöhöyryä käytetään voimalaitoksen apuprosesseissa, kuten nuohointen käyttöhöyrynä tai polttoaineen esilämmityksen lämmityshöyrynä. Omakäyttöhöyry aputoimintoihin saadaan voimalaitoksen apukattilasta tai höyryturbiinin väliotosta kun varsinainen kattila on toiminnassa. Voimalaitoksen kattilan höyryprosessista otetaan omakäyttöhöyryä höyryturbiinin välioton lisäksi tulistimen kokooja- ja jakokammioista. Tulistimilta otettu omakäyttöhöyry käytetään muun muassa nuohoushöyrynä sekä kattilan öljypoltinten hajoitushöyrynä. (Huhtinen et al. 2008, s. 43–44; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Omakäyttöhöyryjärjestelmään sisältyy voimalaitoksen apulaitteita, kuten polttoöljyn esilämmittimet, joissa käytetään omakäyttöhöyryä. Kaikki omakäyttöhöyryprosessin laitteet käsitellään kuitenkin tutkimuksen muissa kappaleissa.

Tutkittavan voimalaitoksen omakäyttöhöyryputkistoja seurataan kattilan päähöyryputkistojen tapaan säännöllisillä tarkastuksilla. Tarkastuskohteet omakäyttöhöyryputkistolle on määritetty prosessin arvojen mukaan. Tarkastuskohteisiin kuuluvat kohteet, jotka ovat prosessiarvoiltaan alttiina virumiselle. Omakäyttöhöyrylinjoista ei tutkimuksen perusteella lisätä toimenpiteitä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Intranet 2017; Viuhko 2017a; Viuhko 2017b.)

#### 8.1.12 Paineilmajärjestelmä

Voimalaitoksen paineilmajärjestelmä rakentuu kahdesta paineilmakeskuksesta, jotka on liitetty toisiinsa yhdeksi paineilmaverkoksi. Rikinpoistolaitoksen paineilmakeskuksen kolme kompressoria ja apukattilahallin paineilmakeskuksen neljä kompressoria muodostavat voimalaitoksen paineilmaverkon. Paineilmaa käytetään voimalaitoksissa instrumentti- ja työilmana. Paineilmaa käytetään esimerkiksi rikinpoistolaitoksen letkusuodattimien elvytyksessä, jossa letkusuodattimet puhdistetaan paineilman avulla. Paineilmaverkoston toiminta on välttämätöntä, mutta kaikki kompressorit ovat nykyään samassa verkossa, joten kaikkien yhtäaikainen toiminta ei ole välttämätöntä. (Lappalainen & Pesonen 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Paineilmajärjestelmästä löydettiin tutkimuksen perusteella yksi toimenpide, joka lisätään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Hankintajärjestelmä 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

#### 8.1.13 Nuohoimet

Nuohoimien avulla puhdistetaan kattilan lämmönsiirripintoja kuten tulistinpaketteja. Nuohouksen avulla parannetaan kattilan hyötysuhdetta ja lämmönsiirtymistä savukaasuista muihin energiavirtoihin. Erilaisia nuohoimia voimalaitoksen kattilan laitteissa ovat ääni-, höyry- ja vesinuohoimet. Tutkittavalla voimalaitoksella on edellä mainittujen nuohointen lisäksi mekaanisia ravistuslaitteita (sähkösuodatimessa), jotka luokitellaan nuohointen ryhmään. Höyrynuohointen etuna on käyttökustannusten edullisuus, koska höyry otetaan

prosessista. Höyrynuohointen haittana on se, että laitteisto vaatii paljon huoltoa ja kunnossapitokustannuksia. Ääninuohointen etuina ovat halvat käyttökustannukset sekä kunnossapitokustannukset, mutta haittapuolena on niiden soveltuvuus vain helposti irtoavalle pölylle. (Huhtinen et al. 2000, s. 214–220; Huhtinen et al. 2008, s. 171; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Kohdeyrityksen voimalaitoksen kattilassa nuohoimia on tulipesässä, tulistimilla, veden esilämmittimessä, ilman esilämmittimessä (LUVO) ja katalysaattorissa. Nuohoimia on myös rikinpoistolaitoksen laitteistossa, mutta ne tutkitaan omassa kappaleessa. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Nuohointen toiminta vaikuttaa kattilan lämmönsiirtimien elinikään ja kattilan hyötysuhteeseen. Nuohointen rikkoutuminen aiheuttaa lämmönsiirripintojen likaantumisen ja materiaalin ylikuumentumisen sekä pitkällä aikavälillä eliniän lyhenemisen. Kattilan hyötysuhde huononee, koska savukaasujen lämpöä ei saada siirrettyä prosessiin. Lämmönsiirripintojen likaantuminen kasvattaa myös savukaasun virtausvastusta. Kattilan nuohouslaitteiden yksittäinen vikaantuminen ei aiheuta välitöntä tuotanto-riskiä. Kriittisimmät nuohouslaitteet ovat ilman esilämmittimessä (LUVO). Ilman esilämmittimen levykennot ovat huomattavasti muita lämmönsiirripintoja herkempiä pölylle ja likaantumiselle lyhyellä aikavälillä. (Huhtinen et al. 2000, s. 214; Intranet 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Nuohointen osalta tutkimuksessa löydettiin yksi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävä toimenpide. (Hankintajärjestelmä 2017; Ijäs et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

#### 8.1.14 Kattilan oheislaitteet

Tutkimuksessa löydettiin kaksi toimenpidettä, jotka merkitään kattilan muiden laitteiden osalta suunnitelmaan. (Ijäs et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

## 8.2 Höyryturbiinin kuntokartoitus

Tässä luvussa käsitellään höyryturbiinin ja sen laitteiston pitkän tähtäimen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaa. Voimalaitoksella kattilassa tuotettu tulistettu höyry johdetaan



höyryturbiiniin, jossa höyryn potentiaalienergia muutetaan höyryturbiinin liike-energiaksi. Höyryturbiiniin kytketty generaattori taas muuttaa liike-energian sähköenergiaksi. Höyryturbiinilta höyry johdetaan kaukolämmönvaihtimiin 1 ja 2, joissa höyryn lämpöenergia siirretään kaukolämpöveden. Kaukolämmönvaihtimissa höyry lauhtuu ja pumpataan matalapaine-esilämmittimien kautta syöttövesisäiliöön, ja sieltä taas kattilaan höyryn valmistusprosessiin. Kohdeyrityksen höyryturbiini on kaksipesäinen: Se koostuu korkeapaineturbiinista ja matalapaineturbiinista. Tulistettu höyry virtaa korkeapainepesän kautta matalapainepesään ja sieltä kaukolämmönvaihtimiin. (Huhtinen et al. 2008, s. 109; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Höyryturbiinin käytettävyyden ylläpitäminen on yksi edellytys tuotantolaitoksen tehokkaalle toiminnalle. Höyryturbiinin häiriö- tai vikaantumistilanteissa voimalaitoksen sähköntuotanto keskeytyy. Höyryturbiinin vikaantumistilanteissa voidaan voimalaitoksessa tuottaa kaukolämpöä johtamalla tulistettu höyry kaukolämmönvaihdin 3:een, mutta yhteistuotanto (sähkön ja lämmön yhteistuotanto) keskeytyy.

Tutkimuksen perusteella löydettiin kaksi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävää toimenpidettä, jotka liittyvät koko höyryturbiiniin ja sen oheislaitteisiin. (Intranet 2017; Ivaska 2017.)

### 8.2.1 Roottorit

Matalapaineroottori on kaksijuoksuinen, jossa toisessa juoksussa on 4 jaksoa ja toisessa 5 jaksoa. Matalapaineroottorissa on integroituna 9 siipikiekkoa, joihin juoksusiivet kiinnitetään. Näin siivet voidaan tarvittaessa irrottaa ja vaihtaa. Korkeapaineroottori on yksijuoksuinen ja siinä on yhteensä 18 siipijaksoa. (Intranet 2017.)

Höyryturbiinin roottoreiden osalta ei tehdä merkintöjä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Heljander et al. 2017; Intranet 2017; Ivaska 2017.)

### 8.2.2 Johto- ja juoksusiivet

Juoksu- ja johtosiipien osalta ei tutkimuksen perusteella merkitä toimenpiteitä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Ijäs et al. 2017; Intranet 2017; Ivaska 2017.)

### 8.2.3 Matalapainepesät

Matalapaineturbiiniin kuuluvat ulko- ja sisäpesä. Matalapainepesästä on yhdysputket kaukolämmönvaihtimiin, jossa höyryn lämpö siirretään kaukolämpöveeten ja höyry lauhtuu. (Intranet 2017; Ivaska 2017.)

Matalapainepesistä löydettiin tutkimuksen perusteella yksi toimenpide, joka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Heljander et al. 2017; Intranet 2017; Ivaska 2017.)

### 8.2.4 Korkeapainepesät

Tutkimuksen perusteella höyryturbiinin korkeapainepesistä löydettiin yksi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävä toimenpide. (Heljander et al. 2017; Intranet 2017; Ivaska 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

### 8.2.5 Höyryturbiinin venttiilit

Turbiinin venttiileillä tarkoitetaan höyryturbiinin säätö- ja pikasulkuventtiileitä, jotka ovat kattilalta höyryturbiinille tulevassa päähöyrylinjassa. Säätöventtiileitä höyryturbiinissa on neljä ja pikasulkuventtiileitä on kaksi. Säätö- ja pikasulkuventtiileiden osalta ei investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkitä toimenpiteitä. (Heljander et al. 2017; Intranet 2017; Ivaska 2017.)

### 8.2.6 Höyryturbiinin voiteluöljyjärjestelmä

Höyryturbiinin voiteluöljyjärjestelmän laitteita ovat käynnistysöljypumppu, hätäöljypumppu, laakeriöljypumppu, 2 kevennysöljypumppua, öljysäiliö, 2 öljynsuodatinta, 2 öljynjäähdytintä sekä öljyputkisto. Voiteluöljyjärjestelmän pumput pumppaavat voiteluöljyä höyryturbiinin laakerien voiteluun ja jäähdytykseen. Voiteluöljy kulkee öljyn jäähdyttimien ja suodattimen läpi laakereille mennessään, ja palaa laakereilta paluuputkistoa pitkin takaisin öljysäiliöön. Voiteluöljyjärjestelmän pumput on kahdennettu eli jokaiselle pumpulle on vikaantumistilanteessa varapumppu, jonka automatiikka käynnistää. Varapumppujen avulla ei kuitenkaan voida jatkaa tuotantoa, vaan niiden avulla höyryturbiini voidaan ajaa turvallisesti alas tuotannosta. (Intranet 2017; Ivaska 2017.)

Höyryturbiinin voiteluöljyjärjestelmästä löydettiin tutkimuksessa yksi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävä toimenpide. (Heljander et al. 2017; Intranet 2017; Ivaska 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

### 8.2.7 Sääto-öljyjärjestelmä

Höyryturbiinin sääto-öljyjärjestelmässä ei tutkimuksen perusteella löydetty investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimia. (Heljander et al. 2017; Ivaska 2017.)

### 8.2.8 Höyryturbiinin generaattori

Höyryturbiinin generaattorin osalta ei investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmassa ole tehty merkintöjä. (Ivaska 2017; Intranet 2017.)

## 8.3 Syöttövesijärjestelmän kuntokartoitus

Syöttövesijärjestelmään rajattiin tässä tutkimuksessa syöttövesipumput, syöttövesisäiliö ja kaasunpoistin, syöttövesiputkisto sekä syöttöveden korkeapaine-esilämmittimet. Syöttövesijärjestelmän tehtävänä on syöttää kattilaan syöttövedtä höyryprosessiin, toimia syöttöveden esilämmittimenä, vesikierron tasaajana sekä kaasunpoistajana. Syöttövesisäiliöstä syöttövesi pumpataan korkeapaine-esilämmittimien sekä ekonomaiserin kautta lieriöön, josta höyrystysprosessi alkaa. Korkeapaine-esilämmittimet ovat putkilämmönvaihtimia, joissa syöttövesi esilämmitetään höyryturbiinin välilotosta saatavan höyryn avulla. Voimalaitoksella on kaksi korkeapaine-esilämmitintä, jotka on kytketty sarjaan. Syöttövesipumppuja järjestelmässä on kolme. Syöttövesijärjestelmän toiminta on voimalaitokselle välttämätöntä, sillä liian vähäinen syöttöveden pääkierto prosessissa aiheuttaa välittömästi tuotannonkeskeytyksen. Sen takia esimerkiksi syöttövesipumpuista kaksi on käytössä täydellä tuotantoteholla ja yksi syöttövesipumppu on varalla. (Huhtinen et al. 2008, s. 23; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

### 8.3.1 Syöttövesisäiliö, kaasunpoistin ja syöttövesiputkisto

Syöttövesisäiliöstä pumpataan syöttövesi kattilan höyryn valmistusprosessiin, mutta syöttövesisäiliön tehtävä on lisäksi varastoida vettä kattilan vesikiertoa varten. Syöttövesisäiliössä on kaasunpoistin, jonka avulla syöttövedestä poistetaan prosessissa korroosiota aiheuttavat kaasut (esimerkiksi happi). (Huhtinen et al. 2008, s. 23; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksessa syöttövesisäiliössä, kaasunpoistimessa tai syöttövesiputkistossa ei löydetty investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä. (Heljander et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

### 8.3.2 Syöttövesipumput

Syöttövesipumpuista löydettiin yksi toimenpide, joka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Heljander et al. 2017; Intranet 2017.)

### 8.3.3 Syöttöveden korkeapaine-esilämmittimet

Syöttöveden korkeapaine-esilämmittimien osalta löydettiin tutkimuksessa yksi toimenpide, joka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Hankintajärjestelmä 2017; Heljander et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

## 8.4 Lauhdejärjestelmän kuntokartoitus

Lauhdejärjestelmään sisältyvät päälauhdepumput, lauhteen esilämmittimet sekä apulauhdesäiliö. Lauhdejärjestelmä toimii siten, että lauhde (lauhtunut höyry) pumpataan päälauhdepumpuilla syöttövesisäiliöön. Suurin osa lauhteesta syntyy kaukolämmönvaihtimissa (KLV), ja se siirretään ennen syöttövesisäiliötä lauhteenkäsittelylaitoksen sekä lauhteen esilämmittimien läpi. Lauhdejärjestelmässä on kaksi päälauhdepumppua ja lauhteen esilämmittimiä on kolme. Molemmat päälauhdepumput on mitoitettu käsittelemään koko voimalaitoksen päälauhdemäärä. (Huhtinen et al. 2008, s. 23; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

### 8.4.1 Päälahdepumput

Päälahdepumppujen avulla lauhdevesi palautetaan kattilan vesikiertoon. Päälahdepumput pumpaavat lauhteen syöttövesisäiliöön. (Huhtinen et al. 2008, s. 22.) Tutkimuksessa löydettiin päälauhdepumpuista yksi toimenpide, joka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan (Heljander et al. 2017; Intranet 2017).

### 8.4.2 Lauhteen esilämmittimet

Lauhteen esilämmittimien tehtävä on höyryturbiinin välitoista saatavan höyryn avulla lämmittää lauhdevesi ennen kuin se siirretään syöttövesisäiliöön. Lauhteen esilämmittimiä

on kolme ja ne on sarjaan kytketty. (Prosessikaaviot 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Lauhteen esilämmittimistä löydettiin tutkimuksen perusteella kaksi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävää toimenpidettä. (Hankintajärjestelmä 2017; Heljander et al. 2017; Intranet 2017.)

## 8.5 Kaukolämpöjärjestelmä

Kaukolämpöjärjestelmän avulla tuotetaan kaukolämpöä. Tutkittavalla voimalaitoksella voidaan tuottaa samanaikaisesti sähköä ja kaukolämpöä, pelkästään kaukolämpöä tai sähköä. Sähköntuotannon kanssa kaukolämpö tuotetaan johtamalla höyry höyryturbiinin jälkeen kaukolämmönvaihtimiin 1 ja 2. Jos voimalaitoksella tuotetaan pelkästään kaukolämpöä, johdetaan tulistettu höyry kaukolämmönvaihdin 3 höyryturbiinin sijasta. Kohdeyrityksen voimalaitoksella voidaan tuottaa myös pelkästään sähköä, tällöin voimalaitoksella tuotettu kaukolämpö jäädytetään priimauslämmönvaihtimien avulla. Priimauslämmönvaihtimien avulla kaukolämmön menovesi jäädytetään meriveden avulla. Priimauslämmönvaihtimia on voimalaitoksella 3. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

### 8.5.1 Kaukolämpöpumput

Kaukolämpöjärjestelmässä kaukolämpöpumppujen avulla pumpataan kaukolämpöverkosta palavaa kaukolämpövesi voimalaitoksen kaukolämmönvaihtimien läpi takaisin kaukolämpöverkkoon, kaukolämpöakkuun tai priimaukseen. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella löydettiin yksi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävä toimenpide. (Heljander et al. 2017; Intranet 2017.)

### 8.5.2 Kaukolämmönvaihtimet 1 ja 2

Voimalaitoksen kaukolämmönvaihtimet ovat putkilämmönvaihtimia, jotka on sijoitettu höyryturbiinin alle. Ne on liitetty suoraan höyryturbiinin poistohöyrykanaviin, joiden avulla höyry johdetaan kaukolämmönvaihtimiin ja höyryn lämpöenergia siirretään kaukolämpöveeten. Kaukolämmönvaihtimien putkipaketin sisällä virtaa kaukolämpöverkosta palannut kaukolämpövesi, ja höyry virtaa putkipaketin ja

kaukolämmönvaihtimen vaipan välissä. Kaukolämmönvaihtimet 1 ja 2 on kytketty sarjaan, joten putkipaketin vuodon takia vaihtimia ei voida erottaa toisistaan. Kaukolämmönvaihtimen vuoto aiheuttaa kaukolämpöveden joutumisen lauhdekierron mukaan. Vuodon seurauksena lauhteenkäsittelylaitos ei pysty käsittelee koko lauhdemäärää ja lauhteessa sekä kaukolämpövedessä olevat epäpuhtaudet pääsevät prosessiin. Vuodon suuruudesta riippuen tuotanto joudutaan keskeyttämään vuodon etsinnän ja korjauksen ajaksi. Puhdistamattoman lauhteen mukana kulkeutuu prosessiin epäpuhtauksia, jotka aiheuttavat korroosiota sekä kerrostumia, ja lyhentävät muun muassa kattilaputkistojen elinikää. (Huhtinen et al. 2008, s. 26–27; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella löydettiin kaksi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävää toimenpidettä. (Heljander et al. 2017; Intranet 2017; Hankintajärjestelmä 2017.)

### 8.5.3 Priimauslämmönvaihtimet

Priimauslämmönvaihtimia käytetään tuotannossa silloin, kun voimalaitos tuottaa sähköä ja kaukolämpöä, mutta kaukolämpöteholla ei ole tarvetta. Priimauslämmönvaihtimien avulla tuotettu kaukolämpöteho jäähdytetään meriveden avulla. Priimauslämmönvaihtimia käytetään lyhyitä yksittäisiä jaksoja, yleensä kesällä, kun kaukolämpöteholle ei ole tarvetta kaukolämpöverkossa tai sitä ei saada kaukolämpöakkuihin varastoitua. Kohdeyrityksen voimalaitoksella on 3 priimauslämmönvaihdinta, joiden lämpöteho on yhteensä 270 MW. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella priimauslämmönvaihtimista löydettiin yksi toimenpide, joka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan (Heljander et al. 2017; Intranet 2017).

### 8.6 Reduktiojärjestelmä

Kohdeyrityksen voimalaitoksella voidaan käyttää reduktioajoa tilanteissa, joissa höyryturbiini vikaantumistilanteissa. Reduktioajossa tulistettu höyry johdetaan höyryturbiinin sijaan kaukolämmönvaihdin 3:een. Tällöin voimalaitos tuottaa ainoastaan kaukolämpöä. Kaukolämmönvaihdin 3:ssä kiertää kaukolämpövesi, joka lämmitetään höyryn avulla. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

### 8.6.1 Kaukolämmönvaihdin 3

Kaukolämmönvaihdin 3 (KLV3) on putkilämmönvaihdin, jonne voimalaitoksen höyryturbiinin vikaantumistilanteissa johdetaan tulistettu höyry. KLV3:sen avulla voimalaitoksella voidaan tuottaa kaukolämpöä ilman sähkön tuotantoa. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella kaukolämmönvaihtimesta 3 löydettiin yksi toimenpide, joka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Hankintajärjestelmä 2017; Heljander et al. 2017; Intranet 2017.)

## 8.7 Jäähdytysjärjestelmän kuntokartoitus

Jäähdytysvesijärjestelmän avulla poistetaan voimalaitoksen eri prosesseissa ja laitteissa syntynyt lämpö. Jäähdytysjärjestelmässä prosesseissa syntynyt yllämpö siirretään meriveteen, ja pumpputaan meriveden poistoaltaan kautta takaisin mereen. Meriveden tulosaltaassa on useita eri jäähdytysjärjestelmän pumppuja, joiden avulla merivesi kiertää pääosin lämmönvaihtimien kautta poistoaltaaseen. Esimerkiksi suljetussa jäähdytysvesijärjestelmässä meriveden avulla jäähdytetään suolapoistettu vesi, joka jäähdyttää muun muassa syöttövesipumppuja. Poistoaltaasta mereen pumpattavaa merivettä ja sen ominaisuuksia ohjataan ympäristöluvalla. (Huhtinen et al. 2008, s. 45–46; Intranet 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

### 8.7.1 Jäähdytysvesijärjestelmän pumput

Jäähdytysvesijärjestelmässä on pumppuja eri prosessikohteita varten. Priimauslämmönvaihtimille on kaksi priimauksen jäähdytyspumppua, suljetulle jäähdytysjärjestelmälle on kaksi jäähdytyspumppua ja lauhteen lisäjäähdytykseen yksi jäähdytyspumppu, jonka avulla voidaan jäähdyttää myös suljetun jäähdytysjärjestelmän lisäjäähdytintä. Järjestelmässä on myös kolme ejektoripumppua, joiden avulla tehdään tyhjiö kaukolämmönvaihtimiin 1, 2 ja 3 sekä lauhteen esilämmittimiin ja syöttöveden korkeapaine-esilämmittimiin. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella jäähdytysvesijärjestelmän pumpuille ei merkitä toimenpiteitä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. (Hankintajärjestelmä 2017; Heljander et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

### 8.7.2 Jäähdytysvesijärjestelmän lämmönvaihtimet

Jäähdytysvesijärjestelmässä on kymmeniä lämmönvaihtimia, jotka siirtävät prosessilaitteissa syntyneen yllälämmön jäähdytysveteen. Jäähdytysjärjestelmän avulla jäähdytetään myös öljyjärjestelmiä. Esimerkiksi höyryturbiinin voiteluöljy jäähdytetään jäähdytysveden avulla. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella ei löydetty jäähdytysvesijärjestelmän lämmönvaihtimissa toimenpiteitä. Sen perusteella ei tehdä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkintöjä. (Heljander et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

### 8.8 Lauhteen- ja vedenkäsittelylaitoksen kuntokartoitus

Lauhteen- ja vedenkäsittelylaitoksen avulla varmistetaan höyrykattilassa käytettävien vesien laatu sopivaksi prosessilaitteisiin. Voimalaitoksilla käytettävän veden käsittelyn avulla estetään saostumien muodostuminen kattilan laitteisiin ja ehkäistään korroosiota. Höyrykattilan ominaisuudet, kuten käyttöpaine ja rakenne, asettavat käytettävälle vedelle laatuvaatimukset. (Huhtinen et al. 2008, s. 27; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Vedenkäsittelylaitoksen avulla valmistetaan vesijohtovedestä kattilan prosessille laadulta oikeanlaista vettä. Vedenkäsittelylaitos koostuu humussuodattimista sekä suolanpoistolaitoksesta. Humussuodattimien avulla vesijohtovedestä poistetaan orgaanisia aineita, jotka ovat haitallisia suolanpoistolaitoksen laitteille. Humussuodattimen jälkeen vesi pumpataan suolanpoistosarjoihin, joissa valmistetaan prosessille sopiva suolavapaa vesi. Tutkittavalla voimalaitoksella on kaksi suolanpoistosarjaa, jotka koostuvat yhdestä kationivaihtimesta, heikosta ja vahvasta anionivaihtimesta sekä sekasuodattimesta. Vesijohtovesi varastoidaan ennen humussuodattimia raakavesisäiliöön, josta se pumpataan humussuodattimille ja edelleen suolanpoistosarjoihin. Sen jälkeen vesi säilötään välisäiliöön, josta se pumpataan sekavaihtimien kautta eteenpäin prosessiin. (Huhtinen et al. 2008, s. 30–31; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Lauhteenkäsittelylaitos koostuu kolmesta patruunasuodattimesta sekä lauhteenkäsittelysarjoista, joissa on kationivaihtimet sekä sekavaihtimet. Patruunasuodattimien avulla lauhteesta poistetaan mekaaniset epäpuhtaudet,



kationivaihtimien avulla poistetaan lauhteesta muun muassa liuennut rauta ja lauhteessa oleva ammoniakki. Sekavaihtimien avulla poistetaan lauhteesta vielä neutraalisuoloja, jonka jälkeen lauhde palautetaan lauhdeprosessiin. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Lauhteenkäsittelylaitoksesta ei tutkimuksen perusteella löydetty investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä. Vedenkäsittelylaitoksen osalta suunnitelmaan tehdään yksi toimenpidemerkintä. (Heljander et al. 2017; Intranet 2017.)

## 8.9 Rikinpoistolaitoksen kuntokartoitus

Kohdeyrityksen tuotantolaitoksella rikkipäästöjen vähentämistä varten rikinpoistolaitos, joka toimii puolikuivalla menetelmällä. Rikinpoistolaitoksen avulla savukaasujen rikkipäästöt vähennetään rikkipäästönormien vaatimalle tasolle. Puolikuivalla menetelmällä toimivaan rikinpoistolaitoksen tärkeimmät laitteet ovat yleisesti esisuodatin, SO<sub>2</sub>-reaktori (SO<sub>2</sub> = rikkidioksidi) sekä jälkisuodatin. Kohdeyrityksen rikinpoistolaitoksella ei ole esisuodatinta vaan savukaasut johdetaan ensin SO<sub>2</sub>-reaktoriin ja sen jälkeen letkusuodattimeen (jälkisuodatin). Kattilasta tulevat savukaasut johdetaan rikinpoistolaitoksessa SO<sub>2</sub>-reaktoriin, jossa savukaasujen joukkoon ruiskutetaan kalsiumhydroksidilietettä (Ca(OH)<sub>2</sub>). Savukaasujen rikkidioksidit reagoivat kalsiumhydroksidilietteen kanssa, ja reaktiossa syntynyt kuiva kalkkiliete putoaa reaktorin pohjalle. Reaktorin jälkeen savukaasut johdetaan letkusuodattimeen, jossa savukaasuista poistetaan lentotuhka. Lentotuhkasuodattimen jälkeen savukaasut johdetaan savupiippuun. Puolikuivan menetelmän erotusaste on noin 85 %. (Huhtinen et al. 2000, s. 257–258; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

### 8.9.1 Kalkinkäsittelylaitteisto

Poltettu (sammuttamaton) kalkki sammutetaan kohdeyrityksessä kalkinsammutuslaitteiston avulla. Sammuttamattomasta kalkista valmistetaan rikinpoistolaitoksen SO<sub>2</sub>-reaktorin käyttämä kalsiumhydroksidiliete. Sammuttamaton kalkki tuodaan laitokselle ja puretaan kalkkisiiloon, josta se johdetaan lokeroannostelijoiden ja kuljetusruuviavulla sammuttimeen. Lokeroannostelijoiden avulla kalkki annostellaan sammuttimeen, ja se sammutetaan veden avulla. Sammuttimesta kalkkitahna johdetaan varastosäiliöön, josta sammutettu kalkki pumpataan lietteen valmistusprosessiin. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella kalkinkäsittelylaitteiston osalta merkitään yksi toimenpide investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan (Kunnossapitojärjestelmä 2017; Laitala et al. 2017; Lappalainen & Pesonen 2017).

#### 8.9.2 Lietteenvalmistuslaitteisto

Kalsiumhydroksidiliete valmistetaan lietteenkäsittelylaitteiston avulla. Varastosäiliöstä sammutettu kalkki pumpataan annostelusäiliöön tai tarvittaessa suoraan suutinpumppuille. Normaalisissa käyttötilanteissa sammutettu kalkki pumpataan annostelusäiliöön, jossa kalsiumhydroksidiliete valmistetaan ja pumpataan suutinpumppujen 1 ja 2 avulla SO<sub>2</sub>-reaktoreihin. Kalsiumhydroksidiliete suihkutetaan savukaasujen joukkoon reaktorin katosta suutinten avulla. (Lappalainen & Pesonen 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella löydettiin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä lietteenvalmistuslaitteiston osalta. Suunnitelmaan tehdään kaksi toimenpidemerkintää. (Hankintajärjestelmä 2017; Laitala et al. 2017; Lappalainen & Pesonen 2017.)

#### 8.9.3 Pölynkäsittelylaitteisto

Pölynkäsittelylaitteiston avulla siirretään letkusuodattimessa savukaasuista erotettu lentotuhka tuotesiihloon tai kiertöpölysiiloon. Letkusuodattimessa savukaasuissa oleva pöly jää suodatinkasettien ulkopuolelle ja puhdistettu savukaasu virtaa poistokammioista ulos letkusuodattimesta. Letkusuodattimessa erotettu lentotuhka siirretään pneumaattisten pöyläheittimien avulla. Kiertöpölysiiloon siirretään tarvittaessa lentotuhka, joka käytetään kalsiumhydroksidilietteen valmistukseen. Pölynkäsittelylaitteistoon kuuluvat letkusuodatin, pneumaattiset pöyläheittimet, kiertöpölysiilo lastaus- ja purkulaitteineen. (Lappalainen & Pesonen 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan tehdään tutkimuksen perusteella kaksi merkintää, joka koskee rikinpoistolaitoksen pölynkäsittelylaitteistoa. (Laitala et al. 2017; Lappalainen & Pesonen 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017.)

#### 8.9.4 Rikinpoistolaitoksen nuohoimet

Kohdeyrityksellä on rikinpoistolaitoksella käytössä ääninuohoimia. Tutkimuksen perusteella nuohoinlaitteissa ei havaittu investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä. (Laitala et al. 2017; Lappalainen & Pesonen 2017.)

#### 8.10 Hiilensiirtolaitteiston kuntokartoitus

Hiilensiirtolaitteiston avulla polttoaine kuljetetaan vastaanottopaikalta kattilan polttimille asti. Kohdeyrityksen hiilensiirtolaitteiston avulla polttoaine tuodaan purkauspaikalta kuljettimien avulla hiilisiiloihin, joissa polttoaine varastoidaan. Ennen hiilisiiloihin varastoimista polttoaine kulkee murskaimen läpi. Hiilisiiloja kohdeyrityksellä on käytössä neljä kappaletta. Hiilisiiloista tarvittava polttoaine kuljetetaan pystynostimen ja kuljettimien avulla käyttösiiloihin. Käyttösiiloista polttoaine annostellaan hiilenjakajien avulla hiilimyllyihin ja lopulta polttimille. (Huhtinen et al. 2000, s. 58–59; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

##### 8.10.1 Hiilen vastaanottolaitteisto

Hiilen vastaanottolaitteistoon kuuluvat syöttösuppilot, pudotusputki, näytteenottolaitteisto, rullaseulamurskain. Syöttösuppiloiden avulla polttoainekuljetuksessa tuleva hiili syötetään kuljettimelle, josta hiili kuljetetaan pudotusputkea pitkin rullaseulamurskaimelle. Pudotusputken yhteydessä on polttoaineen näytteenottolaitteisto, jonka avulla saapuneen polttoaineen laatua tarkkaillaan. Rullaseulamurskaimen jälkeen polttoaine varastoidaan hiilisiiloihin hiilenkuljettimen avulla. (Björk et al. 2017; Huhtinen et al. 2000, s. 58–59; Käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella hiilen vastaanottolaitteistossa ei havaittu investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä (Björk et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017).

##### 8.10.2 Hiilisiilot

Hiilen varastointilaitteistoon kuuluvat hiilisiilot ja niiden lastaus- sekä purkauslaitteisto. Hiilisiilot täytetään ylhäältä, jossa hiilenkuljettimelta hiili pudotaan hiilen lastauslaitteiston avulla valittuun siiloon. Hiilisiilojen pohjassa on purkauslaitteiston, jonka avulla hiili

pudotetaan kuljettimelle tarpeen mukaan ja kuljetetaan käyttösiiloihin. (Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Tutkimuksen perusteella hiilen varastointilaitteistossa yksi löydettiin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävä toimenpide (Björk et al. 2017; Kunnossapitojärjestelmä 2017).

### 8.10.3 Pystynostin

Kohdeyrityksen voimalaitoksen hiilisiilot on sijoitettu maan alle, joten hiilen kuljettamiseksi voimalaitokselle on prosessissa hiilisiilojen jälkeen pystynostin, jonka avulla hiili nostetaan maan päälle. Pystynostimessa on hiilitaskuja, joiden avulla hiili nostetaan pystynostimen yläpäähän ja pudotetaan hihnakuljettimelle, joka kuljettaa hiilen eteenpäin aina käyttösiiloille asti. Pystynostimen toiminta on voimalaitoksen polttoaineen saannin kannalta erittäin kriittinen tekijä. Pystynostimen rikkoutumisen seurauksena hiilisiiloihin varastoitua hiiltä ei saada kuljetettua voimalaitokselle. Kohdeyrityksen voimalaitoksen historiassa pystynostimen rikkoutumiset ovat aiheuttaneet voimalaitoksen tuotantokatkoja. (Björk et al. 2017; Intranet 2017.)

Pystynostimen osalta ei tutkimuksessa löydetty investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä (Björk et al. 2017; Intranet 2017).

### 8.10.4 Ripekuljetin

Ripekuljetin on sijoitettu pystynostimen alapuolelle. Ripekuljettimen tehtävä on kerätä ja siirtää pystynostimelta tippunut hiili takaisin hihnakuljettimelle ja edelleen pystynostimelle. Ripekuljettimen toiminta on pystynostimen tavoin erittäin tärkeä voimalaitoksen tuotannon kannalta. Ripekuljettimen rikkoutuminen aiheuttaa hiilen kertymisen pystynostimen pohjalle, joka aiheuttaa pystynostimen käyttökeskeytyksen. Tällöin hiiltä ei saada siirrettyä käyttösiiloihin ja tuotantoprosessiin. (Björk et al. 2017; Intranet 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Ripekuljettimen tutkimuksen aikana löydettiin kaksi toimenpidettä, jotka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan (Björk et al. 2017; Intranet 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017).

### 8.10.5 Käyttösiilot

Käyttösiiloista hiili syötetään hiilenjakajilla hiilimyllyihin. Käyttösiiloihin voidaan varastoida hiiltä noin vuorokauden tuotantotarpeeseen, jotta tuotanto ei keskeydy jos esimerkiksi pystynostin rikkoutuu. Tutkimuksessa ei havaittu investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä. (Björk et al. 2017; Intranet 2017.)

### 8.10.6 Hihnakuuljettimet

Hiilensiirtolaitteistoon kuuluu useita pitkiä hihnakuuljettimia. Kuuljettimilla hiili kuljetaan syöttösuppiloilta hiilisiiloihin, ja sieltä käyttösiiloille. Tutkimuksen perusteella ei löydetty investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä. Kuuljettimien hinnat ja muut kuluvat osat vaihdetaan niiden rikkoutuessa, ja niille ei voida määritellä riittävän tarkkaa uusintaväliä. Kohdeyrityksen historiassa hiilenkuuljettimien hihnoja on vaihdettu rikkoutumisien takia. Tutkimuksen perusteella käynninaikaisen kunnossapidon merkitystä täytyy korostaa, sillä sen avulla voidaan havaita mahdolliset rikkoutumiset tai vikaantumiset. (Björk et al. 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

### 8.11 Pellettijärjestelmän kuntokartoitus

Kohdeyrityksen voimalaitokseen kuuluu pellettijärjestelmä, jonka avulla tuotantolaitoksessa voidaan polttaa hiilen seassa pellettiä. Pellettijärjestelmään kuuluvat pelletin vastaanottolaitteisto, elevaattorit (pystynostimet), kaksi siiloa, siilojen purkauslaitteisto. Pelletti kuljetetaan tuotantolaitokselle kuorma-autoilla, joista se puretaan vastaanottolaitteiston avulla. Pelletti kuljetetaan elevaattorilla siiloihin. Osa pelletistä viedään kuuljettimella pelletin näytteenottoon. Siiloista pelletti puretaan purkuruuvien, purkukuuljettimien ja elevaattorin avulla tuotantolaitokselle, josta pellettiä syötetään hiilen seassa hiilimyllyyn ja polttotapahtumaan. Pellettijärjestelmän rikkoutuminen ei aiheuta tuotantoriskiä tutkimuksessa rajatulle voimalaitosalueelle, sillä sen pääpolttoaineena on hiili. Hiilijärjestelmä on erillään pellettijärjestelmästä. (Laitala et al. 2017; Voimalaitoksen käyttöohjeet 2017.)

Pellettijärjestelmästä ei tutkimuksen perusteella löydetty investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä (Laitala et al. 2017).

## 8.12 Typenpoistojärjestelmän kuntokartoitus

Kohdeyrityksen tuotantolaitokselle on asennettu SCR (Selective catalytic reduction) typenpoistojärjestelmä, jonka avulla vähennetään kattilan savukaasujen NO<sub>x</sub> -päästöjä (typen oksidipäästöjä). Katalysaattorin kuuluvat urea vastaanottorakennus, urean varastosäiliön, hydrolysaattori sekä katalyyttireaktorin. Varastosäiliöstä urea pumpataan hydrolysaattoriin. Urean hydrolysaattorin eli hajotuslaitteiston avulla urea hajotetaan voimalaitoksen prosessista saatavalla höyryllä tuotekaasuksi (vesihöyryksi, jossa on pieni osa ammoniakia). Syntynyt tuotekaasu suihkutetaan kattilan savukaasukanavaan veden esilämmittimen jälkeen, josta savukaasut virtaavat katalyyttireaktoriin. Savukaasujen ja tuotekaasun seoksessa tapahtuu kemiallinen reaktio katalyyttireaktorin moduuleissa, joka muuttaa osan typenoksideista typpikaasuksi ja vedeksi. SCR-järjestelmän avulla voidaan pelkistää noin 90-95 % typen oksideista. SCR-järjestelmän vikaantuminen ei aiheuta tuotannon keskeytystä, mutta vikaantumistilanteissa NO<sub>x</sub>-päästöt kasvavat. (Intranet 2017; SCR-tekniikka 2017.)

### 8.12.1 Vastaanottorakennus ja varastosäiliö

Vastaanottorakennuksessa, varastosäiliössä ja niiden laitteistossa ei tutkimuksen perusteella havaittu investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä (Laitala et al. 2017).

### 8.12.2 Hydrolysaattorilaitteisto

Hydrolysaattorilaitteistossa ei tutkimuksen perusteella havaittu investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä (Laitala et al. 2017).

### 8.12.3 Katalyyttireaktori

Katalyyttireaktorissa on 108 katalyyttimoduulia, joiden sisällä katalyyttielementit ovat. Katalyyttielementtien pinta toimii typenpoistojärjestelmässä reaktiopintana. Katalyyttien elinikään (katalyytin aktiivisuuteen) vaikuttavat monet tekijät. Hiilivoimalaitoksissa katalyyttien elinikään vaikuttavat esimerkiksi tuhkan kertyminen katalyyttien pinnalla ja eroosio. Katalyyttien elinikä loppuu kun niiden aktiivisuus on heikentynyt niin, ettei pelkistämisreaktiossa kyetä hajottamaan typen oksideja riittävästi ja NO<sub>x</sub>-päästöt nousevat yli sallitun rajan. (Huovilainen 2017; Kallio 2017c; Laitala et al. 2017.)

Katalyyttireaktorin tutkimuksessa löydettiin yksi toimenpide, joka merkitään investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan (Intranet 2017; Kallio 2017c).

### 8.13 Tutkimuksessa löydetty toimenpiteet

Tutkimuksessa voimalaitoksesta löydettiin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittävät toimenpiteet, joita oli yhteensä 48. Taulukossa 6 on koottuna löydettyjen toimenpiteiden lukumäärä kohteittain.

*Taulukko 6. Tutkimuksessa löydetty toimenpiteet taulukoituna kohteittain.*

KOHDE	LÖYDETYT TOIMENPITEET [kpl]
Lieriö	1
Tulipesä	3
Veden esilämmitin	1
Tulistimet	3
Hiilipölyjärjestelmä	4
Polttoöljyjärjestelmä	1
Tuhkajärjestelmä	1
Pohjatuhkajärjestelmä	1
Luvo	3
Palamisilma	1
Paineilmajärjestelmä	1
Nuohoimet	1
Kattilan oheislaitteet	2
Höyryturbiini	2
Matalapainepesä	1
Korkeapainepesä	1
Höyryturbiini voiteluöljy	1
Syöttövesipumput	1
KP-esilämmittimet	1

*Taulukko 6 jatkuu. Tutkimuksessa löydetyt toimenpiteet taulukoituna kohteittain.*

KOHDE	LÖYDETYT TOIMENPITEET [kpl]
Päälahdepumppu	1
Lauhteen esilämmitin	2
Kaukolämpöpumppu	1
Kaukolämmönvaihtimet	4
Vedenkäsittely	1
Kalkinkäsittely	1
Lietteenvalmistus	2
Pölynkäsittely	2
Hiilen varastointi	1
Ripekuljetin	2
Katalyyttireaktori	1
<b>Yhteensä</b>	<b>48</b>

Tutkimuksessa löydetyt toimenpiteet esitetään seuraavassa kappaleessa vika-vaikutusanalyysin avulla. Jokaiselle löydetylle toimenpiteelle muodostetaan riskiluku, jonka avulla toimenpiteet vaikuttavuutta voidaan arvioida.



## 9 TULOKSET

Tutkimuksen alussa esitettiin tutkimuskysymykset:

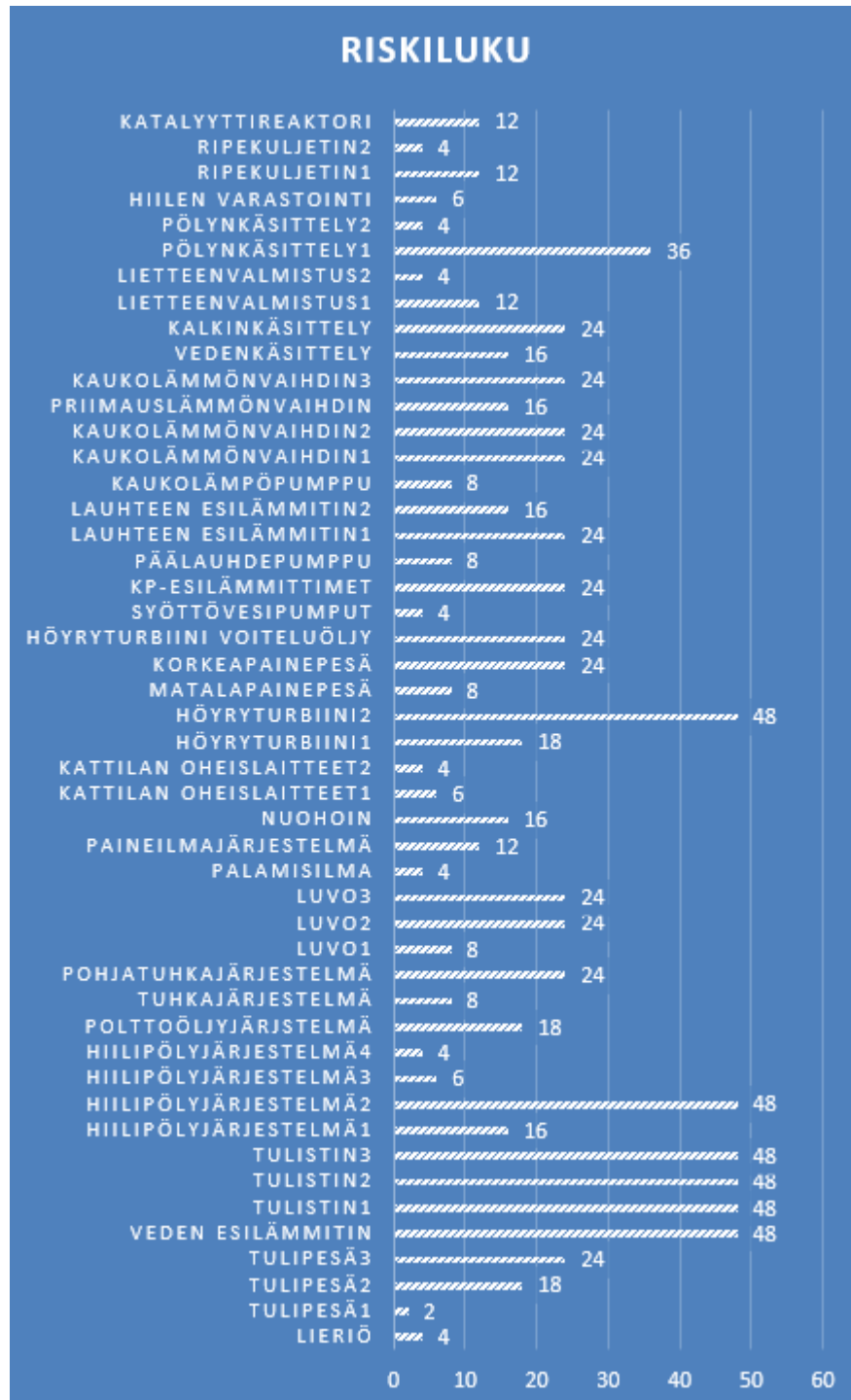
- Mikä on voimalaitoksen laitteiden nykytila teknisen eliniän näkökulmasta?
- Millä investointi- ja kunnonhallintatoimenpiteillä voimalaitoksen energiatuotanto varmistetaan 20 vuoden aikajaksolle?

Tutkimuksen avulla tuotettiin kohdeyrityksen omaisuudenhallintajärjestelmälle tietoa voimalaitoksen laitteiden eliniästä pitkän tähtäimen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaa varten. Suunnitelmaan määritettiin voimalaitoksen laitteille toimenpiteitä, joiden avulla voimalaitosomaisuuden elinikää hallitaan siten, että energiantuotantovaatimukset pitkällä tähtäimellä voidaan saavuttaa. Omaisuudenhallinnan ja omaisuudenhallintajärjestelmän kirjallisuuskatsauksessa huomattiin niiden olevan tärkeä osa kohdeyrityksen toimintaa. Omaisuudenhallintajärjestelmä ohjaa omalla toiminnallaan koko yritystason tavoitteita haluttuun suuntaan.

Kohdeyrityksellä on käytössään tiedonhallintajärjestelmä, johon investointi- ja kunnonhallintatoimenpiteet seuraavan 20 vuoden liukuvalla aikavälillä dokumentoidaan. Tutkimuksen aloitusvaiheessa tiedonhallintajärjestelmään oli dokumentoitu 63 erilaista toimenpidettä, joiden avulla omaisuudenhallintajärjestelmä pyrkii hallitsemaan ja koordinoimaan voimalaitoksen omaisuuden käytettävyyttä pitkällä tähtäimellä. Tutkimuksessa löydettiin 48 uutta toimenpidettä, jotka dokumentoitiin tiedonhallintajärjestelmään. Osa tutkimuksessa löydetyistä toimenpiteistä oli jo tunnistettu ja merkitty kohdeyrityksen tiedonhallintajärjestelmään, mutta niitä jouduttiin tutkimuksen perusteella tarkentamaan.

Kuvassa 15 on esitetty tutkimuksessa löydettyjen toimenpiteiden vika-vaikuttavuusanalyysi riskiluvun (RPN) avulla. Kuvasta nähdään riskiluku, joka on muodostettu löydettyjen toimenpiteiden toistuvuuden, kustannusten ja tuotantoriskin perusteella. Toimenpiteet luokiteltiin määriteltyjen kriteerien perusteella ja niistä muodostettiin riskiluku, jonka avulla voidaan vertailla yksittäisten toimenpiteiden vaikuttavuutta keskenään. Tuloksista

huomataan, että tutkimuksen perusteella löydettiin toimenpiteitä, joiden vaikuttavuus on todella pieni, mutta myös vaikuttavuudelta todella suuria toimenpiteitä.



**Kuva 15.** Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittyjen toimenpiteiden riskitulo.

Liitteessä IV on esitetty jokaisen toimenpiteen luokittelu ryhmissä (toistuvuus, kustannus ja tuotantoriski), joiden perusteella riskitulo on muodostettu. Liitteen avulla kohdeyritys voi arvioida jokaisen riskitulon osatekijän yksittäistä vaikutusta voimalaitoksen käytettävyyteen ja tuotantotavoitteisiin. Taulukon avulla kohdeyritys voi havainnollistaa myös ulkoisten tai sisäisten muutosten vaikutuksia riskilukuun.

Tutkimuksen perusteella löydettiin kohdeyrityksen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittäviä toimenpiteitä, joiden vaikuttavuus vaihtelee riskiluvun arvojen 2-48 välillä. Toimenpiteen vaikuttavuus kasvaa riskintulon kasvaessa. Riskiluvun maksimiarvo on tutkimuksessa 48. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittyjen toimenpiteiden riskiluvun keskiarvo oli 18,5.

## 10 POHDINTA

Tutkimuksessa tehtyjen haastattelujen, käytettyjen aineistojen ja kirjallisuuden avulla muodostetaan tutkimuskysymyksiin vastaava objektiivinen aineistotriangulaatio. Haastattelut tutkimuksessa on toteutettu ryhmissä, jotta yksittäiset mielipiteet eivät vaikuta tutkimuksen lopputuloksiin. Haastatteluissa löydettyjen toimenpiteiden oikeellisuutta on varmistettu kohdeyrityksestä saatavilla olevan aineiston tai muiden kirjallisuuslähteiden avulla. Kohdeyrityksestä saatavilla olevaa aineistoa käytettiin tutkimuksessa laajasti. Tutkimuksen aikana käytettiin kymmeniä tuhansia dokumentteja, jotta löydettiin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan ne toimenpiteet, joilla tuotantotavoitteet varmistetaan pitkälle aikavälille.

Tutkimuksessa löydetyt toimenpiteet on merkitty investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan nykyhetken mukaan. Toimenpiteiden toistuvuus, kustannukset ja tuotantoriskit voivat kuitenkin muuttua pitkällä tähtäimellä. Tuotantolaitosympäristössä on useita ulkoisia ja sisäisiä muuttuvia, jotka voivat vaikuttaa investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. Tulosten pitkän aikavälin luotettavuuden kannalta on tärkeää, että kohdeyritys päivittää suunnitelman kaksi kertaa vuodessa, sillä esimerkiksi sähkön markkinahinta, kansalliset energiapolitiikan suuntaukset tai kohdeyrityksen tuotantosuunnitelmien muutokset voivat vaikuttaa merkittävästi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman toteuttamiseen. Tutkimuksen tulosten sekä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman säännöllisellä päivittämisellä varmistetaan omaisuudenhallinnan tasapaino, jonka avulla kohdeyrityksen voimallituksen tuotantotavoitteet saavutetaan.

Tutkimuksen avaintuloksena löydettiin toimenpiteet, jotka merkittiin kohdeyrityksen voimallituksen pitkän ajan investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. Tulosten perusteella voidaan todeta, että voimallituksen tuotantovarmuuden ylläpito pitkällä aikavälillä vaatii useita erilaisia toimenpiteitä. Toimenpiteet ovat riippuvaisia tuotantolaitoksen tyypistä ja monista muista tekijöistä, kuten tuotantoajasta. Tulosten perusteella kohdeyrityksen omaisuudenhallinta kykenee suunnittelemaan voimallituksen energiantuotannon jatkuvuutta tehokkaammin ja hallitummin. Tutkimuksessa tuotetun tiedon ja tulosten avulla

kohdeyritys voi tarkentaa muidenkin tuotantolaitostensa investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan pitkällä tähtäimellä. Löydettyjen toimenpiteiden avulla voidaan arvioida muiden tuotantolaitosten investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman tasoa, sekä kehittää sitä tutkimuksessa havaittujen tulosten perusteella. Riskitulo-analyysin avulla kohdeyritys voi arvioida investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmassa olevien toimenpiteiden vaikuttavuutta. Riskianalyysin avulla omaisuudenhallintajärjestelmä voi priorisoida kaikkia investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman toimenpiteitä. Riskianalyysimalli soveltuu siis hyödynnettäväksi kohdeyrityksen muissa kohteissa.

Tutkimuksen aikana löydettiin useita jatkotutkimusaiheita. Osa jatkotutkimusaiheista on kohdeyrityksessä havaittu jo ennen tutkimusta. Jatkotutkimusaiheet liittyvät omaisuudenhallintaan, omaisuudenhallintajärjestelmään sekä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. Seuraavassa on listattuna tutkimuksen aikana löydettyjä jatkotutkimusaiheita:

- Strategisen omaisuudenhallintasuunnitelman (SAMP) kirjaaminen ja dokumentoiminen
- Omaisuudenhallinnan ja omaisuudenhallintajärjestelmän toimintakuvauksen laatiminen ja esittely
- Omaisuudenhallinnan intranet -sivujen parantaminen
- Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman toimintakuvauksen laatiminen ja esittely
- Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman toimenpiteiden merkintöjen kirjaamisen kehittäminen
- Muiden tuotantolaitosten investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmien tarkastaminen ja päivittäminen riittävälle tasolle

Omaisuudenhallinnan kirjallisuustutkimuksessa huomattiin, että kohdeyrityksestä ei löydy dokumentoituna strategista omaisuudenhallintasuunnitelmaa. Se on syytä kirjata ja dokumentoida, sillä strateginen omaisuudenhallintasuunnitelma toimii tärkeänä ohjaavana dokumenttina. Omaisuudenhallinnan intranet -sivustojen havaittiin olevan vaikeasti tulkittavat ja puutteelliset, joten niitä suositellaan parannettavan.

Tutkimuksessa tehtyjen haastattelujen perusteella investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman sekä omaisuudenhallinnan rooli voimalaitoksen toiminnassa

osoittautui puutteelliseksi. Sen ehkäisemiseksi suositellaan niiden toimintakuvauksien laatimista ja esittelemistä kohdeyrityksen henkilöstölle. Toimintakuvauksien esittelyn avulla saadaan henkilöstö sitoutumaan omaisuudenhallinnan toimintaan, ja esimerkiksi investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman laatu paranee.

Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan merkittyjen toimenpiteiden todettiin olevan riittämättömät. Jatkokehityksiä suositellaan investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmien merkintöjen tarkentamista. Nykyisellään toimenpiteiden kuvaukset eivät kuvaa riittävän tarkasti toimenpiteen sisältöä. Lisäksi suositellaan jo kehitteillä olevan tukidokumentin laatimista loppuun. Tukidokumenttiin tarkennetaan kaikki suunnitelmassa olevat toimenpiteet. Tutkimuksessa löydettyjen toimenpiteiden osalta kuvaukset tarkennettiin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. Tutkimus oli rajattu käsittelemään osaa kohdeyrityksen yhdestä tuotantolaitoksesta. Tutkimuksen perusteella suositellaan muiden tuotantolaitosten suunnitelmien tarkastamista ja tarkentamista tarvittaessa.

## 11 YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena on kohdeyrityksen voimalaitoksen pitkän aikavälin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman laatiminen. Tutkimus tuottaa kohdeyrityksen omaisuudenhallintajärjestelmälle tietoa voimalaitoksen laitteiden eliniästä, ja sen perusteella päivitetään voimalaitoksen investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma. Suunnitelma on kohdeyrityksessä omaisuudenhallinnan työkalu, johon dokumentoidaan voimalaitoksen laitteisiin liittyviä toimenpiteitä pitkän tähtäimellä. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma on yksi kohdeyrityksen tavoista varmistaa, että tuotantolaitos saavuttaa sille asetetut tuotantotavoitteet.

Tutkimuksessa esiteltiin omaisuudenhallinnan ja omaisuudenhallintajärjestelmän sekä kunnossapidon määritelmiä ja käsitteitä. Niiden kirjallisuustutkimuksen avulla pyrittiin esittelemään omaisuudenhallinnan sekä investointi- ja kunnonhallintasuunnitelman roolia ja merkitystä omaisuuden hallinnassa. Omaisuudenhallinta on toimintamalli, jota käyttämällä voidaan kehittää yrityksen toimintaa. Omaisuudenhallintajärjestelmä taas on omaisuudenhallinnan toimintaa ohjaava osa. Kunnossapitokustannusten osuus yrityksen kaikista kustannuksista on yleensä merkittävä. Investointi- ja kunnonhallintasuunnitelma on työkalu, jolla omaisuudenhallinta pyrkii hallitsemaan ja suunnittelemaan kunnossapidon kustannuksia. Yrityksen tavoitteiden pohjalta omaisuudenhallinta pyrkii löytämään kustannusten, mahdollisuuksien ja uhkien tasapainon.

Tutkittavan voimalaitoksen laitteille suoritettiin kuntokartoitus, jonka perusteella tehtiin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan toimenpidemerkintöjä. Voimalaitoksen laitteiden kohdalta tutkimuksessa on esitelty niiden tehtävä voimalaitoksen prosesseissa. Kuntokartoituksessa tutkittiin voimalaitoksen laitteiden nykytilaa, tehtyjä kunnossapitotoimenpiteitä, korjaus- ja uusimatarpeita lyhyellä ja pitkällä aikavälillä.

Tutkimuksen tuloksena löydettiin 48 voimalaitoksen laitteisiin liittyvää toimenpidettä, jotka merkittiin investointi- ja kunnonhallintasuunnitelmaan. Toimenpiteistä muodostettiin vika-vaikutusanalyysin, jolla kohdeyritys voi vertailla yksittäisten toimenpiteiden kustannuksia,

toistuvuutta sekä tuotantoriskejä. Kuvassa 16 on esitetty kattilan tulistimista löydetyt toimenpiteet riskilukujaottelun avulla.

Toimenpide	Tuotantoriski ( <i>R</i> )	Kustannus ( <i>P</i> )	Toimenpiteen toistuvuus ( <i>N<sub>1</sub></i> )	Riskiluku ( <i>RPN</i> )
Tulipesä1	1	1	2	2
Tulipesä2	3	2	3	18
Tulipesä3	3	2	4	24

**Kuva 16.** Tulistimilta löydetyt toimenpiteet esitettynä riskiluvun avulla.



## LÄHTEET

Ahonen, V. 1980. Höyrytekniikka II. Espoo: Otapaino. 176 s.

Björk, V., Laitala, A., Luukko, K., Mäki, J., Peltonen, J., Stolt, J. & Viuhko, J. 2017. Kohdeyrityksen henkilöstö. Helsinki. Ryhmähaastattelu. 16.3.2017. Haastattelijana Antti Leskinen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Hankintajärjestelmä. 2017. Kohdeyrityksen sisäinen ohjelmisto.

Heinonen, K., Jantunen, E., Kautto, J., Kokko, V., Komonen, K., Lakka, S., Leinonen, P., Lumme, E., Miettinen, J., Mikkonen, H., Mäkeläinen, R., Riutta, E. & Sulo, P. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kunnossapitoyhdistys Promaint. Kerava: Savion Kirjapaino Oy. 606 s.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. Helsinki: Oy Edita Ab. 379 s.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy. 342 s.

Heljander, J., Luukko, K., Mäkelä, R., Stolt, J. & Viuhko, J. 2017. Kohdeyrityksen henkilöstö. Helsinki. Ryhmähaastattelu. 14.2.2017. Haastattelijana Antti Leskinen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Ijäs, J. 2017. [Yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Antti Leskinen. Lähetetty 31.3.2017 klo 09.54 (GMT+0200).

Ijäs, J., Koskinen, E., Luukko, K., Malkki, T. & Stolt, J. 2017. Kohdeyrityksen henkilöstö. Helsinki. Ryhmähaastattelu 2.2.2017. Haastattelijana Antti Leskinen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Intranet. 2017. Kohdeyrityksen sisäinen intranet.

Ivaska, J. 2017. Kohdeyrityksen henkilöstö. Helsinki. Henkilökohtainen haastattelu 26.4.2017. Haastattelijana Antti Leskinen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Kallio, A. 2017a. [Yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Antti Leskinen. Lähetetty 29.3.2017 klo 14.35 (GMT+0200).

Kallio, A. 2017b. [Yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Nieminen Teemu, Luukko Kaj, Koskinen Esa ja Leskinen Antti. Lähetetty 13.4.2017 klo 13.34 (GMT+0200).

Kallio, A. 2017c. [Yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Antti Leskinen. Lähetetty 28.3.2017 klo 10.04 (GMT+0200).

Laitala, A., Lappalainen, R., Luukko, K. & Pesonen, S. 2017. Kohdeyrityksen henkilöstö. Helsinki. Ryhmähaastattelu 16.2.2017. Haastattelijana Antti Leskinen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Lappalainen, R. & Pesonen, S. 2017. Kohdeyrityksen henkilöstö. Helsinki. Ryhmähaastattelu 29.3.2017. Haastattelijana Antti Leskinen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Voimalaitoksen käyttöohjeet. 2017. Kohdeyrityksen sisäinen verkkotietokanta.

Kunnossapitojärjestelmä. 2017. Kohdeyrityksen sisäinen ohjelmisto.

Malkki, T. 2017. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Antti Leskinen ja Esa Koskinen. Lähetetty 3.4.2017 klo 12.20 (GMT+0200).

Ningcong, X., Hong-Zhong, H., Yanfeng, L., Liping, H. & Tongdan, J. 2011. Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA. Engineering Failure Analysis 2011, 18: 4. s. 1162–1170.

Prosessikaaviot. 2017. Kohdeyrityksen sisäinen ohjelmisto.

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3.painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. 30 s. Vahvistettu ja julkaistu suomenkielisenä.

PSK 6202. 2003. Prosessiteollisuuden kuntokartoitus. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. 16 s. Vahvistettu ja julkaistu suomenkielisenä.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2.painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. 32 s. Vahvistettu ja julkaistu suomenkielisenä.

SCR-tekniikka. 2017. [Yaran www-sivuilla]. [Viitattu 21.5.2017]. Saatavissa: <http://www.yara.fi/nox-paastojen-vahentaminen/nox-paastojen-hallinta-teollisuuden-toimipisteissa/scr-sncr-tai-hybridijarjestelmat/scr-tekniikka/>

SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 2.painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 53 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.

SFS-ISO 55000. 2014. Omaisuudenhallinta. Yleiskuvaus, periaatteet ja termit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 45 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.

SFS-ISO 55001. 2014. Omaisuudenhallinta. Hallintajärjestelmät. Vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 33 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.

SFS-ISO 55002. 2014. Omaisuudenhallinta. Hallintajärjestelmät. Ohjeita standardin SFS-ISO 55001:2014 soveltamisesta. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 71 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.

Viuhko, J. 2017a. [Yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Antti Leskinen. Lähetetty 01.2.2017 klo 18.47 (GMT+0200).

Viuhko, J. 2017b. [Yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Antti Leskinen ja Kari Honka. Lähetetty 5.4.2017 klo 12.27 (GMT+0200)

Viuhko, J. 2017c. [Yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Antti Leskinen ja Ekholm Katri. Lähetetty 21.4.2017 klo 12.04 (GMT+0200)

Åkerfelt, H. 2017. [Yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Antti Leskinen, Juha Viuhko. Lähetetty 11.4.2017 klo 13.09 (GMT+0200).

OmaisuuDENhallintaan liittyvien termien kuvaukset (SFS-ISO 55000 2014, s. 26–38).

<b>TERMI</b>	<b>KUVAUS</b>
Jatkuva parantaminen	Suorituskykyä parantava, toistuva toiminta.
Dokumentoitu tieto	Organisaation toimintaan liittyvä oleellinen tieto, jota voidaan tarvittaessa ylläpitää. Tieto on dokumentoitu tietovälineelle.
Vaikuttavuus	Vaikuttavuus tarkoittaa suunniteltujen toimenpiteiden ja tulosten toteutus- ja saavuttamisastetta.
Seuranta	Jonkun asian, esimerkiksi järjestelmän tilan selvittämistä. OmaisuuDENhallinnassa sanalla seuranta voidaan tarkoittaa määrittämistä.
Tavoite	Tulos, joka organisaatiolle on asetettu, ja jonka organisaatio pyrkii saavuttamaan.
Organisaatio	Ryhmä tai henkilö, joka pyrkii toimintojensa avulla saavuttamaan tavoitteet. Ryhmällä tai henkilöllä on vastuita, valtuuksia ja vuorovaikutussuhteita.
Organisaation tavoitteet	Organisaation toiminnoille viitekehyksen luovat tavoitteet. Organisaation tavoitteet antavat suunnan koko toiminnalle.
Organisaatiosuunnitelma	Organisaation toiminnot, joilla saavutetaan tavoitteet. Organisaatiosuunnitelma on dokumentoitava tieto.

<b>TERMI</b>	<b>KUVAUS</b>
Suorituskyky	Suorituskyvyllä voidaan tarkoittaa toiminnan tasoa. Suorituskyky on mitattavissa oleva tulos.
Prosessi	Toiminto jonka aikana panokset muuttuvat tuotoksiksi.
Riski	Kielteinen poikkeama, joka vaikuttaa tavoitteeseen, tai tavoitteen saavuttamiseen.
Ylin johto	Organisaatiota ohjaa henkilö tai ryhmä. Suuntaavat organisaation toimintaa ylimmällä tasolla.
Omaisuus	Omaisuuella tai omaisuuserällä voidaan tarkoittaa jotain kohdetta, esimerkiksi höyryturbiinia, jolla on organisaatiolle arvoa tai jolla voisi olla arvoa.
Omaisuu den elinikä	Elinikä on aika jonkin omaisuuserän luomisesta sen poistamiseen asti. Esimerkiksi venttiilin suunnittelusta sen käytöstä poistoon.
Elinjakso	Vaiheet joiden aikana omaisuutta voidaan hallinta. Vaiheiden nimeämisen organisaatio voi päättää itse.
Omaisuu svalikoima	Omaisuu svalikoima koostuu laitteista, joita omaisuu denhallintajärjestelmä hallitsee ja ohjaa.
Omaisuu denhallinta	Omaisuu denhallinta on organisaation kustannusten, riskien ja mahdollisuuksien tasapainottavaa koordinoitua toimintaa.
Omaisuu denhallintajärjestelmä	Omaisuu denhallinnan osatekijä, joka luo omaisuu denhallinta politiikan ja tavoitteet.

PSK 6201 mukaiset kunnossapitolajien kuvaukset (PSK 6201 2011, s. 21–22).

<b>Kunnossapitolaji</b>	<b>Määritelmä</b>
Ehkäisevä kunnossapito	Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.
Kunnostaminen	Kuluneen tai vaurioituneen käytöstä pois otetun kohteen palauttaminen käyttökuntoon korjaamalla.
Parantava kunnossapito	Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamalla kohteen toimintoa.
Jaksotettu kunnossapito	Ehkäisevän kunnossapidon toimenpide, joka tehdään suunnitelluin jaksotuksin esimerkiksi käyttötuntien, kalenteriajan, tuotantomäärän tai energian käytön mukaisesti ilman edeltävää toimintakunnon tutkimusta.
Kuntoon perustuva kunnossapito	Kunnonvalvonnalla tai tarkastustoiminnalla havaittujen kohteiden suunniteltu korjaus. Kunnonvalvonnan toimenpiteitä ovat astein ja mittalaittein tapahtuvat tarkastukset ja valvonta sekä mittaustulosten analysointi. Kunnonvalvonnalla määritetään kohteen toimintakunnon nykytila ja arvioidaan sen kehittyminen mahdollisen vikaantumisen, huolto- ja korjausajankohdan määrittämiseksi.

<b>Kunnossapitolaji</b>	<b>Määritelmä</b>
Häiriökorjaus	Häiriökorjauksella palautetaan vikaantunut kohde toimintakuntoon ja käyttöturvallisuudeltaan alkuperäiseen tilaansa.
Välittömät korjaukset	Välitön korjaus suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen, jotta voidaan palauttaa toimintakyky tai rajoittaa vian aiheuttamat seuraukset hyväksyttävälle tasolle.
Siirretyt korjaukset	Korjaus, jota ei suoriteta välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, vaan se on siirretty tehtäväksi kohteen, tuotannon tai organisaation tilan salliessa.



SFS-EN 13306 mukaiset kunnossapitolajien kuvaukset (SFS-EN 13306 2010, s. 20–24).

<b>Kunnossapitolaji</b>	<b>Määritelmä</b>
Ehkäisevä kunnossapito	määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä suoritettu kunnossapito jolla pienennetään vikaantumisen todennäköisyyttä tai kohteen toiminnan heikkenemistä
Jaksotettu kunnossapito	ehkäisevää kunnossapitoa, joka tehdään ennalta määritettyjen aikajaksojen tai käytön määrän mukaan, mutta ilman edeltävää toimintakunnan tutkimusta
Kuntoon perustuva kunnossapito	ehkäisevä kunnossapito, johon sisältyy kunnanvalvontaa ja/tai tarkastamista ja/tai testausta, tulosten analysointi sekä näiden ohjaama kunnossapito
Ennakoiva kunnossapito	kuntoon perustuvaa kunnossapitoa, jonka tehtävät perustuvat toistuviin analyyseihin tai tiedettyjen ilmiöiden pohjalta tehtyihin ennusteisiin, ja merkittäviin kohteen toimintakunnan heikkenemistä kuvaaviin muuttujiin
Korjaava kunnossapito	kunnossapitoa, jota tehdään vain vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena saattaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon
Siirretty korjaava kunnossapito	korjaavaa kunnossapitoa, jota ei suoriteta välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, vaan sitä viivästytetään annettujen ohjeiden mukaisesti
Välitön korjaava kunnossapito	korjaavaa kunnossapitoa, joka suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen, jotta välttäisiin kohtuuttomilta seurauksilta

<b>Kunnossapitolaji</b>	<b>Määritelmä</b>
Aikataulutettu kunnossapito	Kunnossapitoa, joka tehdään määritetyn aikataulun tai käytön mukaan

Tutkimuksessa löydettyjen toimenpiteiden riskiluku -luokittelu.

Toimenpide	Tuotantoriski (R)	Kustannus (P)	Toimenpiteen toistuvuus ( $N_1$ )	Riskiluku (RPN)
Lieriö	1	1	4	4
Tulipesä1	1	1	2	2
Tulipesä2	3	2	3	18
Tulipesä3	3	2	4	24
Veden esilämmitin	3	4	4	48
Tulistin1	3	4	4	48
Tulistin2	3	4	4	48
Tulistin3	3	4	4	48
Hiilipölyjärjestelmä1	2	2	4	16
Hiilipölyjärjestelmä2	3	4	4	48
Hiilipölyjärjestelmä3	2	1	3	6
Hiilipölyjärjestelmä4	1	1	4	4
Polttoöljyjärjestelmä	3	2	3	18
Tuhkajärjestelmä	2	1	4	8
Pohjatuuhkajärjestelmä	3	2	4	24
LUVO1	2	1	4	8
LUVO2	3	2	4	24
LUVO3	3	2	4	24
Palamisilma	1	1	4	4
Paineilmajärjestelmä	2	2	3	12
Nuohoin	2	2	4	16
Kattilan oheislaitteet1	2	1	3	6
Kattilan oheislaitteet2	1	1	4	4
Höyryturbiini1	3	3	2	18
Höyryturbiini2	3	4	4	48

## Liite IV, 2

Matalapainepesä	2	2	2	8
Korkeapainepesä	3	2	4	24
Höyryturbiini voiteluöljy	3	2	4	24
Syöttövesipumput	1	1	4	4
KP-esilämmittimet	2	3	4	24
Päälauhdepumppu	1	2	4	8
Lauhteen esilämmitin1	2	3	4	24
Lauhteen esilämmitin2	2	2	4	16
Kaukolämpöpumppu	1	2	4	8
Kaukolämmönvaihdin1	2	3	4	24
Kaukolämmönvaihdin2	2	3	4	24
Priimauslämmönvaihdin	2	2	4	16
Kaukolämmönvaihdin3	2	3	4	24
Vedenkäsittely	2	2	4	16
Kalkinkäsittely	3	2	4	24
Lietteenvalmistus1	3	1	4	12
Lietteenvalmistus2	2	1	2	4
Pölynkäsittely1	3	3	4	36
Pölynkäsittely2	1	1	4	4
Hiilen varastointi	2	1	3	6
Ripekuljetin1	3	2	2	12
Ripekuljetin2	1	1	4	4
Katalyyttireaktori	3	4	1	12