

# **Voimalaitoksen ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen**

Juha Saarinen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2017  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma  
Kunnossapito

Tekijä(t) Saarinen, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2017
	Sivumäärä 51	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Voimalaitoksen ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen</b>		
Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Tuukkanen, Harri Peuranen, Harri		
Toimeksiantaja(t) Caverion Suomi Oy, teollisuuden ratkaisut		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö suoritettiin Metsä Fibren Vilppulan sahalle ja työn toimeksiantajana toimi Caverion Suomi Oy, teollisuuden ratkaisut. Työn tavoitteena oli laatia Vilppulan sahan voimalaitokselle ennakkohuoltosuunnitelma, joka huomioi myös käyttäjäkunnossapidon sekä kunnonvalvonnan. Työ oli osa toimeksiantajan laajempaa kokonaisuutta Vilppulan sahan ennakoivan kunnossapidon kehittämisessä. Opinnäytetyössä käytettiin tutkimustyyppinä toimintatutkimusta.</p> <p>Työ toteutettiin perehtymällä voimalaitoksen toimintaprosessiin aluksi, minkä pohjalta voimalaitoksesta luotiin laiteluettelo sekä määritettiin laitteiden toiminnot. Voimalaitokselle määritettiin yhteensä 92 laitetta ja suuren laitemäärän vuoksi oli välttämätöntä suorittaa laitteiden kriittisyysluokittelua, jossa pääarviointikriteerinä käytettiin tuotannon katkeamisen kriittisyyttä. Kriittisyystarkastelussa käytettiin apuna voimalaitoksen aiempaa olemassa olevaa vikahistoriaa. Lisäksi tietoa kerättiin myös haastatteleamalla voimalaitoksen asiantuntijoita.</p> <p>Lopputuloksena opinnäytetyössä saatiin aikaan tavoitteiden mukainen ennakkohuoltosuunnitelma. Huoltosuunnitelmassa voimalaitos jaettiin pienempiin kokonaisuuksiin, joille luotiin reitittarkastuksia, jotka keskittyivät lähinnä kunnonvalvontaan. Ennakkohuoltosuunnitelmaan laadittiin lisäksi laajempia huoltoja, jotka ajoittuvat vuosiseisokkien yhteyteen.</p> <p>Opinnäytetyö toimii hyvänä pohjana toimeksiantajan ennakkohuoltojen ja käyttäjäkunnossapidon kehittämiselle. Työn kautta voimalaitoksen kokemuseräistä tietoa saatiin siirrettyä myös kirjalliseen muotoon.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) kunnossapito, ennakkohuolto, huoltosuunnitelma, toimintatutkimus		
Muut tiedot		

Author(s) Saarinen, Juha	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 51	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Conducting preventive maintenance program for power plant</b>		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Supervisor(s) Tuukkanen, Harri Peuranen, Harri		
Assigned by Caverion Suomi Oy, teollisuuden ratkaisut		
Abstract  <p>The thesis was assigned by Caverion Suomi Oy, teollisuuden ratkaisut and was conducted at Metsä Fibre Vilppula sawmill. The purpose of the thesis was to create a preventive maintenance program for the power plant at Metsä Fibre Vilppula sawmill. One of the main points of the preventive maintenance program was to pay attention to operator maintenance and condition monitoring. The study was a part of a wider project concerning the development of the preventative maintenance at Vilppula sawmill. The research method used in the thesis was a case study.</p> <p>The study was actuated by researching the operational process of the power plant based on which a device list was created and the functions of the devices were determined. In total, 92 devices were defined and the number of devices further triggered a need for creating a criticality classification for the devices. The main criteria used in the classification was the criticality in causing production to stop. The existing fault history was used to support the criticality classification. More information was collected by interviewing the experts at the power plant.</p> <p>As a result of the thesis, a preventive maintenance program was constructed with one of the main focuses being on operator maintenance. In the preventive maintenance program, the power plant was divided into smaller ensembles. Different route rounds, which included mainly condition monitoring, were created for the smaller ensembles. The preventive maintenance program also retained more extensive maintenance tasks which take place in the annually shutdown.</p> <p>The thesis serves as a good basis for developing the preventive maintenance and operator maintenance at Vilppula sawmill. The study also supported the process of transferring experience-centered information of the power plant into a written format.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Maintenance, preventive maintenance, maintenance program, case study		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Työn lähtökohdat .....</b>	<b>4</b>
1.1	Työn kuvaus ja tavoitteet .....	4
1.2	Caverion Suomi Oy, teollisuuden ratkaisut .....	4
1.3	Metsä Fibre, Vilppulan saha .....	5
1.3.1	Vilppulan sahan voimalaitos .....	5
<b>2</b>	<b>Tutkimusmenetelmät.....</b>	<b>5</b>
2.1	Käytetyt tiedonkeruumenetelmät .....	6
2.1.1	Havainnointi.....	6
2.1.2	Haastattelut .....	7
2.1.3	Dokumentit.....	7
<b>3</b>	<b>Kunnossapito.....</b>	<b>8</b>
3.1	Kunnossapidon määritelmä ja kunnossapitolajit .....	8
3.2	Ehkäisevä kunnossapito .....	9
3.2.1	Ehkäisevän kunnossapidon lajit.....	9
3.3	Kunnossapidon tavoitteet .....	12
3.4	RCM – luotettavuuskeskeinen kunnossapito .....	14
3.5	ECM – kokemuskeskeinen kunnossapito .....	18
<b>4</b>	<b>Höyryvoimalaitos.....</b>	<b>20</b>
4.1	Höyryvoimalaitostyytit .....	20
4.1.1	Kaukolämpövoimalaitos .....	20
4.1.2	Teollisuuden vastapainevoimalaitos .....	21
4.1.3	Lauhdutusvoimalaitos .....	21
4.2	Vesi- ja höyrypiiri.....	22
4.2.1	Höyrykattilan toiminta ja komponentit.....	22
4.2.2	Höyrykattilatyytit .....	23
4.3	Polttotekniikat .....	25

	2
4.3.1 Arinapoltto.....	25
4.3.2 Öljyn poltinpoltto .....	26
<b>5 Työn toteutus .....</b>	<b>27</b>
5.1 Työn rajaaminen ja tavoitteiden määrittely .....	27
5.2 Prosessiin perehtyminen ja laitteiden määrittely.....	27
5.2.1 Polttoaineprosessi .....	28
5.2.2 Palamis- ja tuhkaprosessi .....	30
5.2.3 Vesi- ja höyryprosessi .....	32
5.2.4 Kaukolämpö .....	33
5.3 Laiteluettelo .....	36
5.4 Vikahistorian ja nykyisten huoltotoimenpiteiden kartoittaminen.....	37
5.5 Kriittisimpien laitteiden määrittely .....	37
5.6 Huoltotoimenpiteiden laatiminen.....	38
<b>6 Tulokset.....</b>	<b>39</b>
6.1 Käyttäjäkunnossapito .....	39
6.2 Kunnossapito-osaston ja ulkopuolisten yritysten huoltotoimet.....	41
<b>7 Pohdinta ja johtopäätökset .....</b>	<b>42</b>
7.1 Tavoitteiden saavuttaminen .....	42
7.2 Tulosten tarkastelu ja pohdinta .....	43
<b>Lähteet .....</b>	<b>45</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>47</b>
Liite 1. Voimalaitoksen laiteluettelo .....	47
Liite 2. Voimalaitoksen huoltohistoria .....	50
Liite 3. Voimalaitoksen ennakkohuoltosuunnitelma .....	51

## Kuviot

Kuvio 1. Kunnossapitolajit PSK 6201-standardin mukaan (PSK 6201:2011, 22) .....	8
Kuvio 2. Käytettävyys PSK 6201-standardin mukaan (PSK 6201:2011, 4) .....	13
Kuvio 3. Tuotannon kokonaistehokkuus (PSK:2011, 7).....	13
Kuvio 4. Päätöslogiikkapuu vikojen seurausten kriittisyyden määrittämiseen (Smith & Hinchcliffe 2004, 110) .....	17
Kuvio 5. Kaukolämpövoimalaitoksen toimintaperiaate (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2000, 10) .....	21
Kuvio 6. Luonnonkiertokattilan toimintaperiaate (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2000, 113) .....	24
Kuvio 7. KPA Unicon Biograte kekoarina (KPA Unicon Biograte N.d.) .....	26
Kuvio 8. Voimalaitoksen polttoaineen kulku (Voimalaitoksen DCS).....	29
Kuvio 9. Polttoaineen varasyötön tankopurkaimet .....	30
Kuvio 10. BP5-kattilan toimintaprosessi (Voimalaitoksen DCS).....	31
Kuvio 11. BE9-kattilan toimintaprosessi (Voimalaitoksen DCS).....	32
Kuvio 12. Vesi- ja höyryprosessi (Voimalaitoksen DCS) .....	33
Kuvio 13. Kaukolämpöprosessi (Voimalaitoksen DCS).....	34
Kuvio 14. Öljykattilat (Voimalaitoksen DCS) .....	35
Kuvio 15. Turbiini (Voimalaitoksen DCS).....	36

## Taulukot

Taulukko 1. Voimalaitoksen viat ja häiriöt vuonna 2016 .....	38
--	----

# 1 Työn lähtökohdat

## 1.1 Työn kuvaus ja tavoitteet

Kunnossapidon rooli on muuttunut teollisuudessa vuosikymmenten saatossa korjaavasta kunnossapidosta enemmän kohti ennaltaehkäisevää suunniteltua kunnossapitoa. Yritykset ovat huomanneet, että ennakoivan kunnossapidon kautta pystytään saavuttamaan laitteille parempi käytettävyys sekä toimimaan kustannustehokkaammin. Tämän myötä tietoisuus kunnossapidon myötä saavutettavista hyödyistä on lisääntynyt. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ennakkohuoltosuunnitelma Caverion Suomi Oy:lle Vilppulan sahan voimalaitokselle. Ennen opinnäytetyötä voimalaitokselle ei ollut olemassa huoltosuunnitelmaa, vaikka voimalaitoksella tehtiinkin erilaisia huoltotoimenpiteitä. Tavoitteena oli saada siirrettyä tietoa tietojärjestelmiin, jotta kaikki tärkeä tieto ei olisi pelkästään kunnossapitoasentajien varassa. Työ oli myös osa laajempaa kokonaisuutta, jossa Caverionin tarkoituksena on tehostaa ja järjestelmällistää ennakoivaa kunnossapitoa Vilppulan sahalla. Opinnäytetyössä oli tarkoituksena huomioida myös käyttäjäkunnossapito osana voimalaitoksen kunnossapitoa. Lopputuloksena työssä oli tarkoitus saada aikaan ennakkohuoltosuunnitelma, joka keskittyisi voimalaitosprosessin kriittisimpiin kohteisiin. Opinnäytetyöntekijän näkökulmasta merkittävä osa työtä oli voimalaitoksen toimintaan perehtyminen työn alussa, sillä voimalaitoksen toimintaprosessi oli aihealueena tekijälle täysin uusi. Työssä oli tarkoitus kehittää voimalaitoksen toimintaa kunnossapidon näkökulmasta ja ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan toimintatutkimukselle tyypillisillä periaatteilla.

## 1.2 Caverion Suomi Oy, teollisuuden ratkaisut

Caverion on 12:sta eri Euroopan maassa toimiva teollisuus- ja kiinteistöratkaisuja tarjoava yritys. Caverion työllistää noin 17 000 ihmistä ja sen liikevaihto oli vuonna 2016 2,4 miljardia euroa. Teollisuudessa Caverion toimii monilla eri aloilla, kuten metsä-, metalli-, energia- ja elintarviketeollisuudessa. Caverion tarjoaa teollisuudelle monipuolisia kunnossapitopalveluita. Näistä esimerkkinä prosessien kehittäminen,

asiantuntijapalvelut, laiteasennukset, varaosapalvelut sekä kunnossapidon ulkoistukset. (Caverion teollisuus, N.d.)

### 1.3 Metsä Fibre, Vilppulan saha

Vilppulan saha on vuonna 1980 perustettu, nykyisin Metsä Fibreen kuuluva sahalaite, joka työllistää noin 100 henkilöä. Sahatavarana toimii pääasiassa kuusi, mutta myös mäntyä sahataan pieniä määriä. Vilppulan sahalle tehtiin modernisointi vuonna 2013, joka piti sisällään uuden sahan syötön, sahalinjan sekä tuorelajittelun. Parannuksien myötä Vilppulan saha on yksi maailman moderneimmista sahoista. (Pöysä 2015.)

#### 1.3.1 Vilppulan sahan voimalaitos

Vilppulan sahan voimalaitos on tyypiltään kaukolämpövoimalaitos. Voimalaitos koostuu neljästä kattilasta. Pääkattila on höyrykattila (BP5) 25 MW, joka käyttää turbiinia. Muut kattilat ovat kuumavesikattila (BE9) 14 MW, varakattila POR 12 MW ja varakattila POR 4,7 MW. Polttoaineena BP5:ssä ja BE9:ssä käytetään sahalta saatavaa puun kuorta ja haketta, joiden seassa on myös sahan purua. BP5 ja BE9 kattiloissa käytetään arinapolttua. Varakattiloissa polttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä. Voimalaitoksen höyryn paine on noin 50 baria ja höyryn lämpötila 450 °C.

## 2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä käytettiin tutkimustyyppinä kvalitatiivista eli laadullista tutkimusta. Tarkemmin kyseessä oli toimintatutkimus. Kanasen (2008, 30-32) mukaan kvalitatiivinen tutkimus sopii käytettäväksi tilanteissa, joissa tutkittavasta kohteesta ei etukäteen ole saatavilla tietoa, mutta siitä on tarkoitus saada aikaan kattava ja tarkka kuvaus. Kvalitatiivinen tutkimus sopi käytettäväksi opinnäytetyössä, sillä voimalaitokselle ei aiemmin ollut laadittu olemassa olevaa ennakkohuoltosuunnitelmaa. Voimalaitoksen toiminta ei ollut opinnäytetyön tekijälle entuudestaan tuttua, joten työn suorittaminen vaati yksityiskohtaista perehtymistä prosessin toimintaan.



Toimintatutkimuksessa tyypillistä on keskittyä kehitystä vaativaan ennalta määriteltyyn käytännön ongelmaan. Ongelma rajataan aluksi, jonka jälkeen siihen perehdytään ja asetetaan tavoite. Toimintatutkimuksessa pyritään saamaan aikaan muutos, jonka onnistumista seurataan. Tutkijan rooli on olla tiiviisti läsnä tutkimuksen toteutuksessa esimerkiksi haastattelujen ja havainnoinnin myötä. Tutkijan vastuulla on yhteisön jäsenten osallistaminen muutoksen toteutukseen. (Kananen 2008, 83.) Opinnäytetyössä ei seurattu muutoksen toteutumista joka tavallisesti kuuluu toimintatutkimukseen, sillä työn aihe oli rajattu ennakkohuoltosuunnitelman laatimiseen eikä se pitänyt enää sisällään huoltosuunnitelman toimeenpanon jälkeistä muutoksen seuranta.

## 2.1 Käytetyt tiedonkeruumenetelmät

Kananen (2008, 57) on jaotellut kvalitatiivisen tutkimuksen eri tiedonkeruumenetelmät kategorioihin jotka ovat havainnointi, dokumentit, haastattelut, toimintatutkimus ja tapaustutkimus. Näistä menetelmistä työssä hyödynnettiin toimintatutkimusta, haastatteluja, havainnointia ja dokumentteja.

### 2.1.1 Havainnointi

Havainnoinnissa on tarkoitus tutkia aistein tutkimuksen kohteena olevaa ilmiötä, jolloin pystytään saamaan laajasti tietoa tutkittavasta kohteesta aidossa toimintaympäristössä. Havainnointia ajatellaan yleisesti olevan neljää eri tyyppiä; osallistuva havainnointi, osallistava havainnointi, suora havainnointi ja piilohavainnointi. Piilohavainnoinnissa havainnoitsija toimii niin, että tutkittava kohde ei tiedä tutkijan olemassaolosta. Suorassa havainnoinnissa tutkittavan kohteen osalliset taas tietävät tutkijan olemassaolon, mutta tutkija ei kuulu tutkittavaan yhteisöön jäsenenä. Suorassa havainnoinnissa tutkimustulokset saattavat vääristyä, johtuen tutkijan vaikutuksesta tutkittavien toimintaan. Osallistuvassa havainnoinnissa tutkija on osa tutkittavaa yhteisöä. Havainnointiprosessi etenee vaiheittain, jossa aluksi tutkijan tavoitteena on saada yleiskuva tutkittavasta toiminnasta. Tarkoituksena on alun laajan yleiskuvan jälkeen saada kohdistettua havainnointi tutkimuksen kannalta keskeisiin asioihin, jossa pohjana toimii alkuun kerätty tieto koko prosessin toiminnasta. Osallistava

havainnointi eroaa osallistuvasta havainnoinnista siltä osin, että osallistava etenee muuten osallistuvan tavoin mutta tarkoitus on saada aikaan ilmiön oppimisen jälkeen muutos toiminnassa. (Kananen 2008, 69-71.) Opinnäytetyössä havainnointi toteutettiin suorana havainnointina, sillä opinnäytetyön tekijän rooli oli perehtyä voimalaitoksen toiminnan kehittämiseen siten että yhteisön jäsenet tiedostivat havainnoijan olemassaolon, mutta havainnoitsija ei kuulunut yhteisöön jäsenenä.

### 2.1.2 Haastattelut

Haastattelun ideana on perehtyä tutkittavaan kohteeseen esittämällä kysymyksiä aiheeseen liittyen henkilöiltä, jotka liittyvät asiaan ja joilla on siitä kokemusta. Tavoitteena on saada tietoa, joka toimii apuna tutkimusongelman ratkaisussa. Haastatteluluokkia on olemassa neljää erilaista; strukturoitu haastattelu, puolistrukturoitu haastattelu, teemahaastattelu ja avoin haastattelu. Eri haastattelutyypit eroavat toisistaan niiden kysymysten tarkkuuden perusteella. Strukturoidussa haastattelussa kysymykset on laadittu jo valmiiksi lomakkeelle sekä niihin eri vastausvaihtoehdot. Puolistrukturoitu haastattelu sisältää pelkästään lomakkeella olevat kysymykset ilman vastauksia. Teemahaastattelussa tarkoitus on ennakkoon määrittää eri aihealueita, mistä esitetään kysymyksiä haastattelussa. Avoin haastattelu on tyypiltään todella vähän ennakkoon rajattu, ja se on yleensä vain keskustelua aiheesta ilman etukäteen rajattuja alueita. (Kananen 2008, 73.) Työssä käytettiin avointa haastattelua tiedonkeruumenetelmänä voimalasta. Haastateltavia henkilöitä olivat voimalanhoitaja, asiantuntijaroolissa toimiva entinen käytönvalvoja sekä Caverionin toimihenkilöt ja asentajat. Haastattelujen avulla selvitettiin voimalaitoksen toimintaprosessia, laitteita sekä nykyisiä ennakkohuoltoja. Tarkoituksena oli myös saada haastattelujen myötä kokonaiskuva voimalaitoksen kunnossapidollisista tavoitteista tulevaisuudessa ennakkohuolto-ohjelmaa ajatellen.

### 2.1.3 Dokumentit

Kirjallisista aineistoista työssä hyödynnettiin voimalaitoksesta saatavilla olevia kuvia, laitemanuaaleja ja olemassa olevia asiakirjoja liittyen voimalaitokseen ja sen teknisiin tietoihin. Rajoitetusti saatavilla ollutta vikaistoriaa sekä vanhoja huoltosuunnitelmia

pyrittiin myös hyödyntämään apuna. Yleisesti opinnäytetyössä hyödynnettiin teoriapohjassa aihealueeseen liittyvää kirjallisuutta ja julkaisuja.

### 3 Kunnossapito

#### 3.1 Kunnossapidon määritelmä ja kunnossapitolajit

PSK 6201-standardi (PSK 6201:2011, 2) määrittelee kunnossapidon seuraavalla tavalla:

*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.*



Kuvio 1. Kunnossapitolajit PSK 6201-standardin mukaan (PSK 6201:2011, 22)

Kunnossapitolajit jaotellaan kuvion 1 mukaisesti PSK 6201-standardissa suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjaukseen. Suunnitellun kunnossapidon osa-alueita ovat parantava kunnossapito, kunnostaminen ja ehkäisevä kunnossapito.

Ehkäisevä kunnossapito jaetaan vielä jaksotettuun kunnossapitoon sekä kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Häiriökorjaukset on jaoteltu kahteen eri lajiin: välittömiin ja siirrettyihin häiriökorjauksiin. (PSK 6201:2011, 22.) Opinnäytetyö keskittyi kunnossapitolajeista ehkäisevään kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito ja sen lajit on esitelty tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

## 3.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan etukäteen suunniteltuja tarkastus- tai huoltotoimenpiteitä, joiden avulla pyritään ylläpitämään laitteilta ja koneilta vaadittua suorituskykyä. Korjaava kunnossapito puolestaan määritetään ennakolta suunnittelemattomien kunnossapitotehtävien suorittamiseksi, joita tehdään vikaantuneen kohteen toimintakyvyn palauttamiseksi. Ehkäisevää kunnossapitoa pidetään yleisesti kustannuksiltaan korjaavaa kunnossapitoa halvempana strategiana. Ennakoivien kunnossapitotoimien myötä pystytään myös nostamaan tuotantolaitoksen käytettävyyttä, sillä korjaava kunnossapito johtaa yleensä ennalta odottamattomiin tuotantokatkoksiin. Ehkäisevä kunnossapito pitää sisällään myös tarkastustoimenpiteitä, joiden avulla alkava vikaantuminen voidaan havaita etukäteen ja korjaus suorittaa esimerkiksi seuraavassa mahdollisessa suunnittelussa seisokissa. Ehkäisevässä kunnossapidossa ei pyritä pelkästään estämään yksittäisiä vikaantumisia, sillä se on lähestulkoon mahdoton tehtävä. Sen sijaan erilaisilla tarkastuksilla pystytään etsimään mahdollisia alkavia vikaantumisia, joiden kehittymistä ja vaikutuksia voidaan seurata. Tarkoituksena on myös pyrkiä löytämään mahdollisia piileviä vikaantumisia, joita ei normaalin käytön aikana huomata. (Smith & Hinchcliffe 2004, 20-22.)

### 3.2.1 Ehkäisevän kunnossapidon lajit

Kuviossa 1 esitettyssä PSK 6201-standardissa (2011, 22-23) ehkäisevä kunnossapito jaetaan jaksotettuun- ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Anthony Smith (2004, 22-23) puolestaan määrittelee ehkäisevän kunnossapidon neljään eri kategoriaan: aikaan perustuvaan kunnossapitoon, kuntoon perustuvaan kunnossapitoon, vian etsintään sekä vian sallimiseen. Toisin kuin Anthony Smithin mukaisessa jaottelussa, PSK 6201-standardin ehkäisevän kunnossapidon lajeihin ei kuulu vian salliminen. Vian

etsintä on puolestaan sisällytetty kuuluvan kuntoon perustuvaan kunnossapitoon PSK 6201-standardissa. Smithin määrittelemä aikaan perustuva kunnossapito sekä PSK 6201-standardin mukainen jaksettu kunnossapito vastaavat toisiaan sisällöltään ja määrittelyltään.

Aikaan perustuvalla (Time-directed) kunnossapidolla tarkoitetaan laitteiden tai komponenttien kunnostusta tai osien vaihtamista uusiin ennalta määritellyin aikaväleihin vikaantumisen estämiseksi tai vaaditun suorituskyvyn palauttamiseksi. Ennalta määritellyt aikavälit voidaan sijoittaa esimerkiksi kalenteriaikaan tai laitteiden käyttötunteihin. Kyseessä voi olla esimerkiksi öljynsuodattimen vaihto perustuen käyttötunteihin. Aikaan perustuva kunnossapito voi olla myös pelkästään laitteen puhdistamiseen, voiteluun tai visuaaliseen tarkastamiseen liittyvä tehtävä. Aikaan sidotut kunnossapitotoimet eivät ota kantaa laitteen toimintakuntoon sillä hetkellä, vaan perustuvat puhtaasti ennalta määritettyihin aikaväleihin, jotka määritellään kokemuksen tai esimerkiksi laitevalmistajien suositusten mukaisesti. Aikaan sidotut toimet sopivat hyvin käytettäväksi tilanteissa, joissa olosuhteet pysyvät samanlaisina ja toiminta on tasaista. Näin aikavälejä pystytään hyvin määrittämään ennakolta, koska laitteen käyttäytyminen tunnetaan. Koska aikaan perustuvat toimet eivät ota kantaa laitteen toimintakuntoon sen tarkemmin kyseisellä hetkellä, on varmistettava, että huoltotoimenpiteistä ei aiheudu enempää haittaa laitteelle kuin siitä saatava hyöty. Aikaan perustuvan kunnossapidon hyöty kuitenkin menetetään, jos laitetta joudutaan purkamaan huollon toteuttamiseksi. (Smith & Hinchcliffe 2004, 23-24.)

Kuntoon perustuvaa (Condition-directed) kunnossapitoa käytetään tilanteissa, joissa vikaantumista ei pystytä etukäteen ennakoimaan esimerkiksi aikaan sidotusti. Sen sijaan kohteen kuntoa ja toimintaa seurataan ja mitataan pyrkien sitä kautta tunnistamaan alkava vikaantuminen. Näin ennakoiva kunnossapito voidaan suorittaa ennen varsinaista vikaantumista. Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa on tunnettava mitattavan parametrin vaikutus vikaantumiseen ja sen kehittymiseen. Kohteen kunnonseuranta suoritetaan kuntoon perustuvassa kunnossapidossa ilman, että laitetta altistetaan vikaantumiseen mittauksesta johtuen esimerkiksi purkamalla laitetta. Kuntoon perustuvan kunnossapidon kautta on ajan saatossa mahdollista saada tietty kunnossapitotehtävä suoritettavaksi aikaan perustuen, mikäli

vikaantumisprosessi opitaan tuntemaan ja se pystytään sitomaan aikaan. (Mts. 24-25.)

Kunnonvalvonnassa tarkkaillaan erilaisilla mittauksilla ja muilla seurantatoimenpiteillä laitteiden ja prosessin toimintaa ja pyritään havaitsemaan alkavia vikaantumisia ja estämään niiden syntyminen. Kunnonvalvontaa pystytään suorittamaan joko mittauksilla tai ihmisaistein, ja sitä pystytään tekemään käynnin aikana ilman, että tuotantoa tarvitsee pysäyttää. Ihmisaistein suoritettavalla kunnonvalvonnalla tarkoitetaan esimerkiksi näön, hajun tai kuulon avulla suoritettavaa havainnointia. Aisteilla tapahtuvassa kunnonvalvonnassa tulee varmistua, että käytössä on esimerkiksi kokemukseen perustuva vertailuarvo, jotta kohteen kuntoa pystytään vertaamaan haluttuun arvoon ja saadut tulokset ovat sitä kautta luotettavia. Haittapuolena on usein se, että vikaantuminen on jo edennyt melko pitkälle ennen kuin se pystytään havaitsemaan aisteilla. Mittausten avulla tehtävä kunnonvalvonta on aisteja tarkempi tapa havainnoida alkavia vikaantumisia. Mittaamalla voidaan tutkia esimerkiksi laakerin kuntoa värähtely- ja lämpötilamittauksilla. Prosessin toimintakykyä pystytään valvomaan myös erilaisten mittausten avulla. Tästä esimerkkinä järjestelmän paineessa tai virtausnopeudessa havaitut muutokset mittareiden seurannan avulla. Kunnonvalvonta pitää sisällään myös tuotteen laadun kautta saatavat havainnot. Tietoa laadusta pystytään keräämään teknisten mittausten avulla tai ihmisen suorittamalla valvonnalla. (Järviö 2000, 65-83.) Esimerkiksi sahalinjalla tapahtuva alkava terärikko pystytään havaitsemaan usein tuotteeseen jäävästä poikkeavasta terän jäljestä.

Vian etsintä (Failure-finding) on etukäteen suunniteltu toimenpide, jolla pyritään löytämään vikoja, jotka eivät tule ilmi normaalin käytön aikana. Tarkoituksena on löytää vikaantumisia, jotka saattavat ilmaantua yllättäen. Vian etsintä voi olla laitteen toimintakunnon testausta tai pelkästään silmämääräistä tarkistusta. Viasta, jota ei havaita normaalin käytön aikana, käytetään nimitystä piilevä vika. Laitteita joissa piileviä vikaantumisia yleensä esiintyy, ovat vara- ja turvajärjestelmät. Piilevä vikaantuminen voi aiheuttaa tuotantolinjaan merkittävän katkoksen esimerkiksi tilanteessa, jossa kriittinen laite on kahdennettu. Päälaitteen, esimerkiksi pumpun vikaantuessa, otetaan käyttöön varapumppu. Mikäli varalaitteessa kuitenkin on piilevä vika, jota ei ole huomattu normaalin käytön aikana, ovat molemmat laitteet

vikaantuneena samaan aikaan ja tuotantolinja pysähtyy. Tällaisesta tilanteesta käytetään termiä yhteisvikaantuminen. (Smith & Hinchcliffe 2004, 25-26.)

Vian sallimisella (Run-to-failure) tarkoitetaan laitteen tai komponentin vikaantumisen sallimista ilman, että se pyrittäisiin estämään ennakolta. Vian sallimiselle on usein olemassa taloudellinen peruste, esimerkiksi ennakoivilla korjaustoimilla saavutettava hyöty on pienempi kuin siihen käytetyt kulut. Vian sallimisessa on tunnettava tarkkaan vian seuraukset, jotta toiminta on hallittua vikaantumisen tapahduttua. (Mts. 28.)

### 3.3 Kunnossapidon tavoitteet

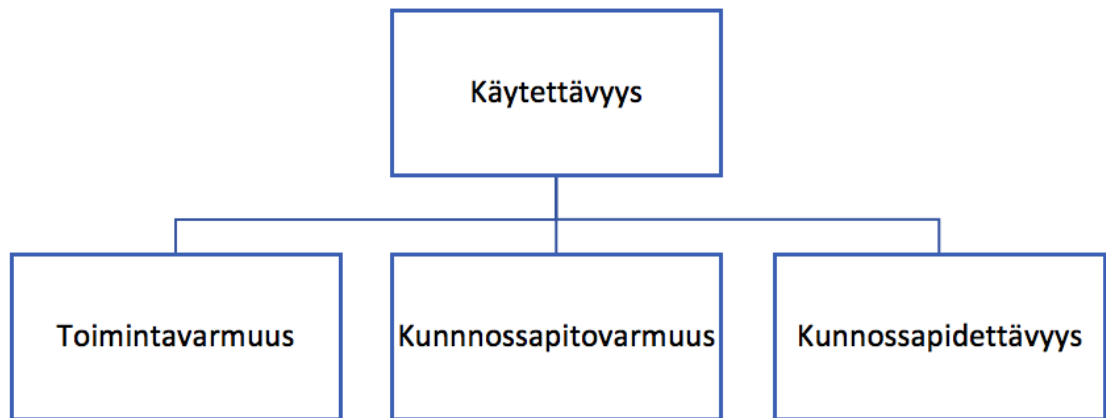
Kunnossapidon avulla pyritään parantamaan tuotantolaitoksen käytettävyyttä sekä nostamaan sitä kautta tuotannon kokonaistehokkuutta. Työturvallisuuden maksimointi ja sen kehittäminen sekä ympäristöhaittojen minimointi kuuluvat myös olennaisena osana kunnossapidon tavoitteisiin. Kunnossapidossa tulisi kuitenkin pystyä saavuttamaan mahdollisimman hyvä kustannustehokkuus tavoitteisiin pyrittäessä. (PSK 6201:2011, 4.)

Käytettävyys (ks. kuvio 2) määritellään PSK 6201-standardissa seuraavasti (2011, 5): *”Käytettävyys on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee tarvittaessa suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla.”* Käytettävyys koostuu kolmesta eri tekijästä, jotka ovat toimintavarmuus, kunnossapitovarmuus ja kunnossapidettävyys.

Toimintavarmuudella tarkoitetaan (PSK 6201:2011, 7) *”kohteen kykyä suorittaa vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson.”*

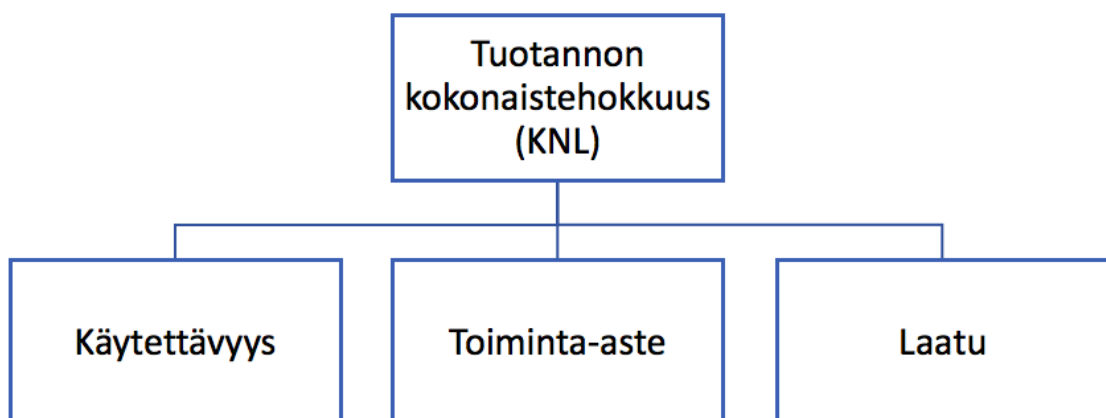
Kunnossapitovarmuus liittyy kunnossapito-organisaation toimintaan ja kykyyn järjestää ja suorittaa vaaditut toimenpiteet määräajassa. Kunnossapitovarmuudella tarkoitetaan muun muassa varaosien saatavuutta ja asentajien osaamista.

Kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan kunnossapidon kohteena olevan laitteen tai järjestelmän korjaukseen ja huollettavuuteen liittyviä tekijöitä. Näitä tekijöitä ovat muun muassa luoksepäästävyys ja modulaarisuus. (Järviö & Lehtiö 2012, 54-56.)



Kuvio 2. Käytettävyys PSK 6201-standardin mukaan (PSK 6201:2011, 4)

Käytettävyys on osa tuotannon kokonaistehokkuutta (ks. kuvio 3.) Tuotannon kokonaistehokkuuden seurantaan liittyvät myös toiminta-aste ja laatu. Toiminta-asteessa seurataan kohteen tuotantokykyä vertaamalla toteutunutta tuotantoa maksimituotantokykyyn. Toiminta-asteella tarkoitetaan siis tuotannon nopeutta. Laatu-tekijän avulla määritetään hylkyyn menneen tuotannon osuutta tuotannon kokonaismäärästä. (PSK 6201:2011, 7)



Kuvio 3. Tuotannon kokonaistehokkuus (PSK:2011, 7)



Kunnossapidon avulla pyritään myös saavuttamaan työntekijöille turvallinen työympäristö, jotta välttyttäisiin henkilövahingoilta. Turvallisuus sisältää myös omaisuuteen liittyvien vahinkojen ehkäisemisen ja ympäristövaatimusten huomioimisen sekä niiden seurannan toiminnassa. (PSK 6201:2011, 13.)

### 3.4 RCM – luotettavuuskeskeinen kunnossapito

John Moubrayn (1997, 7) mukaan RCM (Reliability-centered Maintenance) on prosessi, jonka avulla voidaan määrittää laitteiden toiminnan takaamiseksi vaadittavat tarpeelliset toimenpiteet, jotta laite pystyy täyttämään siltä vaaditun toimintakyvyn. RCM-prosessi koostuu 7 askeleesta, joiden pohjalta voidaan laatia kohteelle ennakkohuoltosuunnitelma.

- Askel 1: Mitkä ovat kohteen toiminnot ja suorituskykyvaatimukset sen nykyisessä toimintaympäristössä?
- Askel 2: Millä tavoin kohde vikaantuu ja on kykenemätön täyttämään siltä vaaditut toiminnot?
- Askel 3: Mikä aiheuttaa toiminnalliset viat?
- Askel 4: Mitä tapahtuu vian esiinnyttyä?
- Askel 5. Mitkä ovat vian vaikutukset?
- Askel 6: Mitkä ovat ennaltaehkäiset toimenpiteet vian havaitsemiseksi tai estämiseksi?
- Askel 7: Mitä tehdään, jos soveltuvaa ennaltaehkäisevää toimenpidettä ei ole?

(Moubray 1997, 7.)

#### Askel 1

RCM-analyysin ensimmäisessä vaiheessa määritetään tarkasteltavaksi valitun kohteen toiminnot ja suorituskykyvaatimukset sen nykyisessä toimintaympäristössä. Samalla varmistetaan, että laite on oikeasti kykenevä suorittamaan sille asetetut vaatimukset. Toiminnot jaetaan pää- ja sivutoimintoihin. Päätoiminnolla tarkoitetaan toimintoa, joka saa aikaan laitteelta vaaditun toiminnon. Sivutoiminnot ovat päätoimintoa tukevia toimintoja ja liittyvät esimerkiksi turvallisuuteen tai käytettävyyteen. (Mts. 8.)

## Askel 2

Sopivien kunnossapitotoimenpiteiden määrittämiseksi tulee ensin tunnistaa, millä eri tavoilla kohde voi vikaantua. Toisessa askeleessa kartoitetaan toiminnalliset vikaantumiset eli ne tavat, joilla kohde voi vikaantua ja olla sitä kautta kykenemätön täyttämään vaaditut toiminnot. (Mts. 8-9.)

## Askel 3

Toiminnallisten vikaantumisten jälkeen pohditaan mistä toiminnalliset viat aiheutuvat eli määritetään mahdolliset vikamuodot. Tällöin laitteen oman historian tai muiden vastaavien laitteiden vikaantumisten pohjalta mietitään, mitkä vikamuodot ovat mahdollisia. Huomioon voidaan ottaa myös vikamuotoja, joita ei ole koskaan ilmennyt, mutta ne ovat potentiaalisia. Vikamuotoihin tulee sisällyttää myös laitteen virheellisestä käytöstä johtuvat viat. (Mts. 9.)

## Askel 4

Neljäs askel sisältää vian vaikutuksien määrittelyn kohteelle eli sen, mitä tapahtuu vikamuodon esiintyessä. Analysoinnissa tulisi ilmetä ainakin seuraavat asiat:

- Millä tavoin vika pystytään huomaamaan ja kuinka se vaikuttaa toimintaan?
- Onko vialla turvallisuutta tai ympäristöä uhkaavaa vaikutusta?
- Mitkä ovat vian vaikutukset toimintoihin ja tuotantoon?
- Mitä fyysistä vahinkoa vika aiheuttaa?
- Miten tulee tehdä, jotta vika saadaan korjattua?

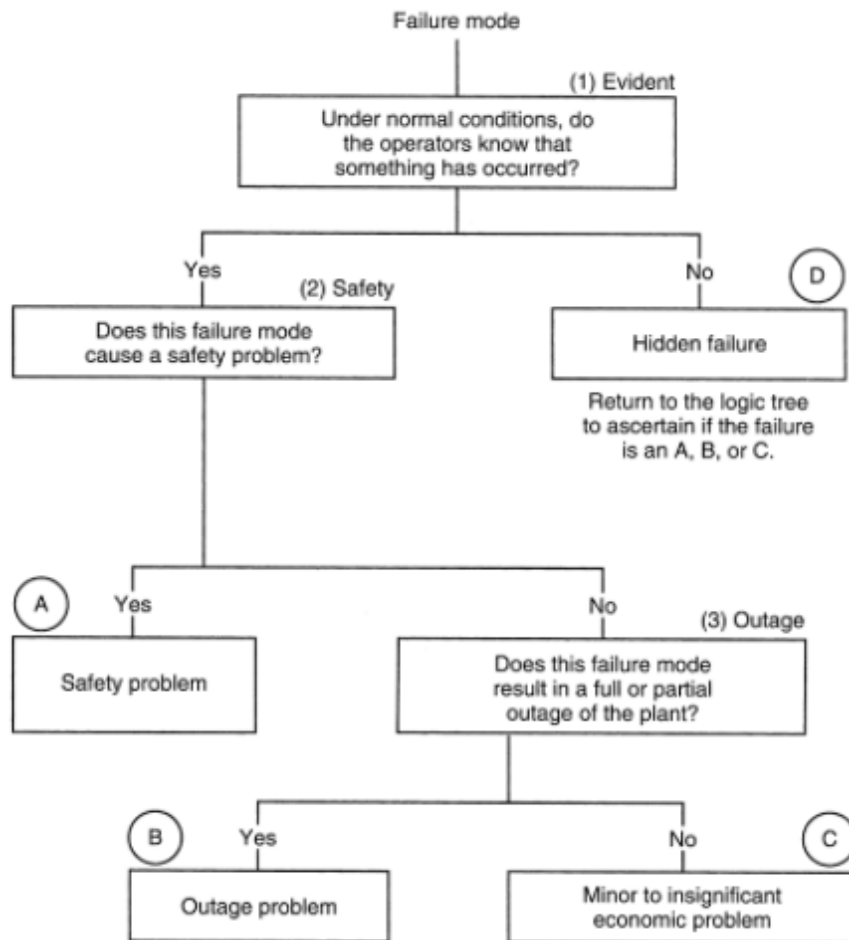
(Mts. 9-10.)

## Askel 5

RCM-analyysin viidennessä vaiheessa keskitytään vikaantumisen seurauksiin, joiden kautta saadaan selvitettyä, millä vikaantumisilla on laajimmat vaikutukset toimintaan. Viat, joilla on pahimmat seuraukset, vaativat suurimman ennakoivan kunnossapidon huomion, kun taas viat joiden seuraukset ovat vähäiset, voidaan jättää pienemmälle huomiolle. Vikojen seuraukset jaetaan neljään eri kategoriaan (Mts. 10-11.):

- Ympäristö- ja turvallisuus seuraukset. Turvallisuusseuraukset voivat tarkoittaa henkilön mahdollista loukkaantumista tai kuolemaa. Ympäristöseurauksilla tarkoitetaan seurauksia, jotka vaikuttavat ympäristöön esimerkiksi saastuttaen sitä.
- Toiminnalliset seuraukset, jotka vaikuttavat laitteen toimintojen heikentymiseen esimerkiksi tuotantomäärän tai laadun kautta.
- Piilevien vikojen seuraukset, joilla ei ole suoraa vaikutusta, mutta jotka saattavat laukaista monia vikoja joiden seuraukset voivat olla vakavat esimerkiksi yhteisvikaantumisen yhteydessä.
- Ei-toiminnalliset seuraukset ovat seurauksia, joita ei voida sijoittaa muihin kategorioihin, sillä ne eivät ole suoraan sidoksissa toimintoihin, turvallisuuteen ja ympäristöön. Ei-toiminnalliset seuraukset aiheuttavat kuitenkin kustannuksia, joten ne pitää huomioida.

Vikojen seurausten arvioinnissa voidaan hyödyntää päätöslogiikkapuuta, jonka avulla voidaan tarkastella niiden kriittisyyttä (ks. kuvio 4.) Vikaantumista lähdetään analysoimaan aluksi mieltien, pystytäänkö vika huomaamaan normaalin käytön aikana. Mikäli ei huomata, on kyseessä piilevä vika. Seuraavaksi pohditaan aiheuttaako vikaantuminen ympäristö- tai turvallisuusongelmia. Mikäli vikaantumisella ei ole turvallisuusvaikutuksia, tarkastellaan vielä aiheutuuko vikaantumisen seurauksena tuotannon seisokki. Eri viat saadaan näin kategorisoitua niiden seurausten mukaan.



Kuvio 4. Päätöslogiikkapuu vikojen seurausten kriittisyyden määrittämiseen (Smith & Hinchcliffe 2004, 110)

#### Askel 6

Vikaantumisten estämiseksi ja hallitsemiseksi RCM-prosessin kuudennessa askeleessa määritetään ennakoivat kunnossapitotoimet. Kunnossapitotoimet jaetaan aikaan ja kuntoon perustuviin tehtäviin. Aikaan perustuvat ehkäisevät kunnossapitotoimet voivat olla esimerkiksi osien korjaamista tai niiden vaihtamista kokonaan uudempiin ennen vikaantumista. Kuntoon perustuvissa kunnossapitotehtävissä pyritään etsimään potentiaalisia vikoja valvomalla kohteiden kuntoa ja ennaltaehkäisemään vikojen syntyminen oikeilla toimenpiteillä riittävän ajoissa.

(Moubray 1997, 11-14.)

## Askel 7

Viimeisessä vaiheessa määritetään vaihtoehtoiset toimet, mikäli kohteelle ei löydy soveltuvaa ennakkohuoltotoimenpidettä. Vaihtoehtoisia toimenpiteitä ovat vian etsiminen, uudelleen suunnittelu ja vian salliminen. Vian etsinnässä pyritään pääasiallisesti testaamaan vähemmällä käytöllä olevia laitteita ja löytämään piileviä vikoja, jotka eivät tule ilmi normaalin käytön aikana. Kohteen uudelleensuunnittelua voidaan käyttää, mikäli tullaan siihen tulokseen, että rakennetta tai toimintoja muuttamalla pystytään saamaan merkittäviä parannuksia aikaan laitteen toiminnassa ja se on taloudellisesti kannattavaa. Parannustarpeet liittyvät usein turvallisuuteen ja ympäristöön. Vika voidaan myös sallia, jos ollaan tultu siihen tulokseen, että sen aiheuttama haitta on pienempi kuin hyöty, joka saavutettaisiin estämällä vikaantumisen. (Mts. 14-15.)

### 3.5 ECM – kokemuskeskeinen kunnossapito

Kokemuskeskeinen kunnossapito (Experience-centered maintenance) on RCM-menetelmää nopeampi ja vähemmän resursseja vaativa metodi ennakkohuoltojen nykytilan kartoittamiseen ja kustannustehokkaampien toimenpiteiden suunnitteluun. ECM-metodi koostuu kolmesta vaiheesta (A, B, C), joiden tarkoituksena on selvittää nykyiset ennakkohuoltotehtävät ja niiden hyödyllisyys. ECM sopii käytettäväksi tilanteissa, joissa halutaan kartoittaa nopeasti tietyn kohteen ennakkohuoltojen nykytila ja miettiä voitaisiinko toimintaa kehittää. Periaate ECM:ssä on sama kuin RCM:ssä; tehdään analyysi, jossa vastataan ennalta määrättyihin kysymyksiin ja kartoitetaan kohteen ennakoivan kunnossapidon tila sitä kautta. ECM:n kautta ei yleensä saada tuotua suuria muutoksia ennakkohuoltokäytäntöihin, mutta pientenkin parannusten kautta pystytään jo saamaan hyötyjä aikaan. (Smith & Hinchcliffe 2004, 177-178, 182.)

#### A-vaihe

ECM-analyysi aloitetaan A-vaiheesta, jossa kartoitetaan, onko kohteessa käytössä nykyisin ennakkohuoltotehtäviä ja jos on, ovatko ne käyttökelpoisia ja tehokkaita.

Vaiheesta A kootaan taulukko, jossa vastataan nykyisiä ennakkohuoltoja koskeviin kysymyksiin. Kohtia on yhteensä seitsemän:

1. Listaa nykyiset ennakkohuollot yksi kerrallaan.
2. Mihin laitteen komponentteihin kyseisellä ennakkohuollolla vaikutetaan?
3. Mihin vikamuotoihin ennakkohuollolla vaikutetaan? Jos ennakkohuoltotoimenpiteelle ei löydy vikamuotoa, johon toimenpiteellä pyritään vaikuttamaan, tulee se poistaa käytöstä sen hyödyttömyyden vuoksi.
4. Kuvailaan vikamuodon vaikutuksia.
5. Onko ennakkohuoltotoimenpide tehokas? Toisin sanoen, onko ennakkohuollolla saavutettava hyöty suurempi kuin siihen käytettävät kustannukset.
6. Päätetään, säilytetäänkö nykyinen huoltotoimenpide, muokataanko sitä vai annetaanko kohteen vikaantua eli poistetaanko toimenpide kokonaan.
7. Mikäli jo olemassa oleva ennakkohuoltotoimenpide säilytetään, mutta sille on päätetty tehdä muutoksia esimerkiksi ajoituksessa, kuvailaan kohtaan 7 tehty muutos.

(Smith & Hinchcliffe 2004, 178-180.)

#### B-vaihe

B-vaiheessa kootaan taulukko, jossa pohditaan olisiko yksittäinen häiriökorjaus lähivuosien ajalta voitu välttää sopivalla ennakkohuoltotoimenpiteellä.

1. Merkataan häiriökorjauksen päivämäärä.
  2. Määritetään vikaantunut komponentti.
  3. Kuvailaan lyhyesti häiriökorjaustyön kulku.
  4. Määritellään komponentin vikaantumiseen johtanut vikamuoto.
  5. Kirjataan vikamuodon syy.
  6. Määritetään mitkä olivat vikaantumisen vaikutukset.
  7. Pohditaan, olivatko vian vaikutukset niin vakavat, että sille tulisi kohdistaa ennakkohuoltotoimenpiteitä.
  8. Mikäli edellisessä kohdassa päätettiin ennakkohuollon kohdistamisesta vikaantumisen estämiseksi, määritellään toimenpide ja sen intervalli.
- (Mts. 180-181.)

## C-vaihe

ECM-analyysin viimeisessä vaiheessa pohditaan, onko A- ja B-vaiheissa esille tulleiden vikamuotojen lisäksi olemassa muita vikamuotoja, jotka voivat ilmetessään aiheuttaa vakavia seurauksia ja ne tulisi ennaltaehkäistä. C-vaiheen kulku on seuraavan kaltainen:

1. Määritetään komponentti.
2. Listataan mahdolliset vikamuodot.
3. Pohditaan vian syyt.
4. Kuvailaan lyhyesti vikaantumisen vaikutukset.
5. Määritetään tarvittava ennakkohuoltotoimenpide ja sen intervalli.

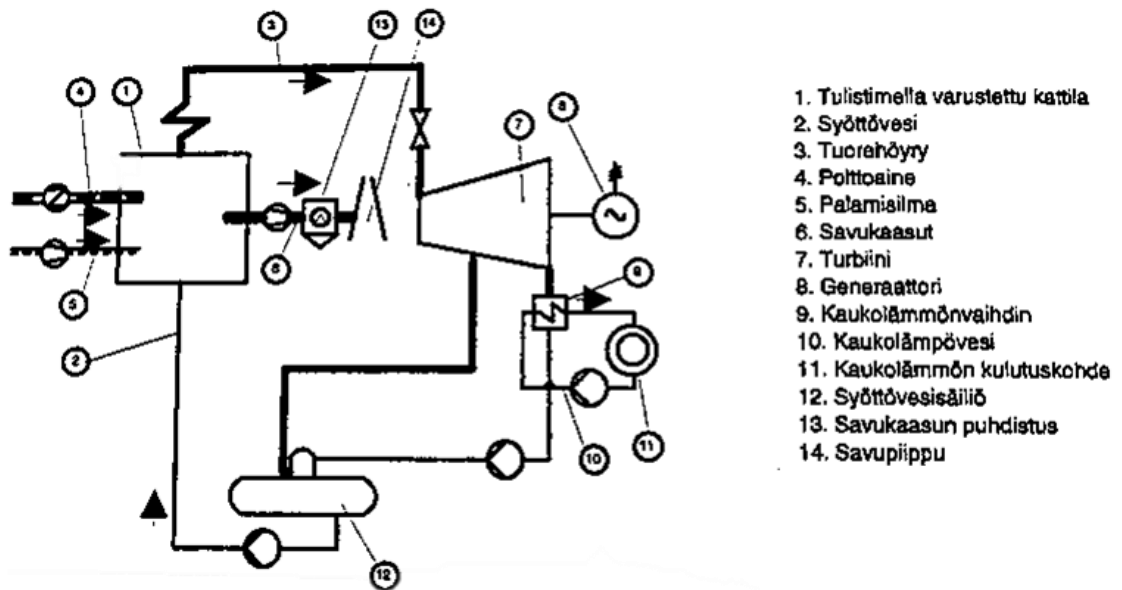
(Mts. 181-182.)

## 4 Höyryvoimalaitos

### 4.1 Höyryvoimalaitostyypit

#### 4.1.1 Kaukolämpövoimalaitos

Kaukolämpövoimalaitoksella pystytään tuottamaan kaukolämpöä ja sähköä. Toiminta perustuu veden kiertoon suljetussa järjestelmässä (ks. kuvio 5). Vettä pumpataan syöttövesisäiliöstä veden esilämmittimeen ja siitä höyrykattilaan, missä vesi höyrystetään ja edelleen tulistetaan korkeapaineiseksi höyryksi. Veden höyrystämässä ja tulistamisessa tarvittava lämpö saadaan aikaan kattilassa poltettavan polttoaineen avulla, jonka savukaasuista muodostuva lämpö saa aikaan korkean lämpötilan. Kattilasta tulistettu höyry kulkee turbiinin läpi, mikä saa aikaan turbiinin pyörimisen. Turbiinin mekaaninen energia pyörittää taas generaattoria, joka synnyttää sähköä. Turbiinin jälkeen järjestelmässä on kaukolämmönvaihdin, jonka tehtävänä on lämmittää kaukolämpöön käytettävää vettä turbiinin läpi tulevalla höyryllä. Turbiinin läpi kulkenut höyry muutetaan takaisin vedeksi eli lauhteeksi, joka pystytään johtamaan näin takaisin syöttövesisäiliöön ja sieltä uudestaan kiertoon. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2000, 10-11.)



Kuvio 5. Kaukolämpövoimalaitoksen toimintaperiaate (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2000, 10)

#### 4.1.2 Teollisuuden vastapainevoimalaitos

Teollisuuden vastapainevoimalaitos on yleisesti teollisuudessa käytetty voimalaitos. Vastapainevoimalaitoksen avulla vaadittua prosessia voidaan lämmittää höyryllä ja sivutuotteena saadaan aikaan sähköä. Lämpöenergian siirrossa käytetään väliaineena höyryä sen nopeuden ja suuren lämpötehon vuoksi. Toimintaperiaate on muuten sama kuin kaukolämpövoimalaitoksella, mutta turbiinin läpi johdettu höyry ohjataan kaukolämpövaihtimen sijaan haluttuihin lämmityskohteisiin, joihin johdetusta höyrystä vain pieni määrä palaa takaisin kiertoön. Vastapainevoimalaitoksessa pystytään hyödyntämään myös turbiinin väliottoja höyryn ottoon, silloin kun eripaineisia höyryjä halutaan siirtää lämmityskohteisiin. (Huhtinen ym. 2000, 12-13.)

#### 4.1.3 Lauhdutusvoimalaitos

Lauhdutusvoimalaitos on pelkästään sähkön tuottamiseen käytettävä voimalaitos. Toiminta perustuu muuten samanlaiseen höyryn ja veden hyödyntämiseen kuin vastapainevoimalaitoksessa, mutta turbiinin jälkeistä höyryä ei pystytä sen alhaisen



lämpötilan vuoksi hyödyntämään lämmittämiseen. Höyry muutetaan lauhduttimessa vedeksi ja palautetaan näin takaisin kierto. Tällä tavalla pystytään höyryn lämpöenergia hyödyntämään mahdollisimman hyvin pelkästään sähkön tuotantoon. (Huhtinen ym. 2000, 14-15.)

## 4.2 Vesi- ja höyrypiiri

### 4.2.1 Höyrykattilan toiminta ja komponentit

Höyrykattilalla tarkoitetaan kattilaa, jossa muutetaan sinne syötettävä vesi höyryksi. Saatua höyryä voidaan hyödyntää energian tuottamiseen esimerkiksi lämmittämiseen ja sähkön tuottamiseen. Vettä syötetään syöttövesisäiliöstä kattilaan, missä se ensin lämmitetään höyrystymislämpötilaan. Kun vesi on höyrystynyt, lämmitetään sitä edelleen höyrystymistä korkeammassa lämpötilassa. Tätä kutsutaan tulistamiseksi. Veden höyrystäminen ja tulistus saadaan aikaan kattilassa tapahtuvassa polttoprosessissa syntyvien savukaasujen lämpöenergian avulla. Savukaasujen lämpöä pyritään hyödyntämään myös syöttöveden ja tarvittavan palamisilman esilämmittämiseen. (Huhtinen ym. 2000, 7.)

Veden esilämmittimen eli ekonomaiserin tehtävä on esilämmittää kattilaan syötettävää vettä. Esilämmitin on normaalisti joko teräksestä tai valuraudasta valmistettu putki, joka sijoitetaan kattilan savukaasujen poistokanavaan lähelle kattilaa. Näin veden esilämmitys pystytään toteuttamaan palamisessa syntyvien savukaasujen avulla ja samalla savukaasuja pystytään jäähdyttämään. (Mts. 194-195.)

Kattilan palamisprosessi vaatii toteutuakseen ilmaa. Ilman esilämmittimen tehtävänä onkin esilämmittää kattilaan tulevaa palamisilmaa. Ilman esilämmityksellä pystytään parantamaan palamisprosessia muun muassa tehostamalla polttoaineen kosteuden poistoa lämpimällä ilmalla. (Mts. 196.)

Lieriö on höyrykattilan osa, joka erottaa höyrystymisprosessin jälkeen veden ja höyryn toisistaan. Tämä on tärkeä vaihe prosessissa, sillä tulistimeen tai turbiiniin kulkeutunut vesi voi synnyttää haitallisten suolojen vuoksi kerrostumia. Höyryn ja

veden erottaminen toisistaan tapahtuu painovoiman avulla höyryn ja veden tiheyseroihin perustuen. (Mts. 117.)

Tulistimen tehtävänä on lämmittää höyryä edelleen mahdollisimman korkeaan lämpötilaan, jotta höyryn avulla pystytään tuottamaan mahdollisimman paljon liike-energiaa turbiiniin. Turbiinin sähköntuoton parantamiseksi voidaan turbiinista virrannut höyry ohjata takaisin höyrykattilaan ja tulistaa uudelleen, tätä kutsutaan välitulistamiseksi. Tulistuksen lämpötilaa pystytään kontrolloimaan muun muassa ohjaamalla vettä tulistettuun höyryyn ja laskemaan näin sen lämpötilaa. (Mts. 188-189.)

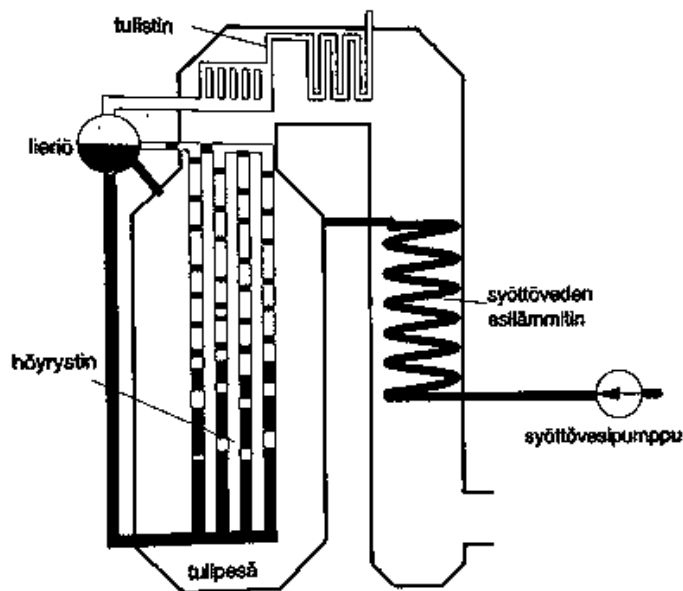
Höyryturbiini on kone, jota käytetään sähkö- ja lämpöenergian tuottamiseen. Turbiini muuttaa sen läpi virtaavan lämpö- ja paine-energian mekaaniseksi energiaksi, joka taas pyörittää turbiinin liitettyä generaattoria. Toiminta perustuu virtaukseen, joka saa aikaa turbiinin akselin pyörimisen ja sitä kautta syntyvän mekaanisen energian. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2013, 109.)

Generaattori on voimalaitoksen sähkön tuottamiseen vaadittava laite. Generaattori muuntaa esimerkiksi turbiinin aikaansaaman mekaanisen energian sähköenergiaksi. Generaattorissa syntyvän sähkön saa aikaan magneettikentässä liikkuva sähköjohdin, jonka vaikutuksesta syntyy jännite. (Mts. 299.)

#### 4.2.2 Höyrykattilatyypit

Erilaiset höyrykattilat jaetaan vesiputkikattiloihin ja suurvesitilakattiloihin, joiden erona on veden höyrystyminen. Suurvesikattilassa höyrystyminen tapahtuu tuliputkien ulkopuolella eli höyrystyvä vesi ympäröi putkia joiden sisällä virtaavat kuumat savukaasut. Vesiputkikattilassa puolestaan veden höyrystyminen tapahtuu putkessa ja se soveltuu käytettäväksi paremmin korkeissa paineissa. Vesiputkikattilat voidaan jakaa edelleen kolmeen erityyppiseen kattilaan, joita ovat läpivirtaus-, pakkokierto- ja luonnonvirtauskattila. Läpivirtaus- ja pakkokiertokattiloissa veden ja höyryn kierto on toteutettu pumpun avulla, kun taas luonnonvirtauskattilassa vesi ja höyry liikkuvat luontaisesti ilman pumppua höyryn ja veden tiheyserosta johtuen. (Huhtinen ym. 2000, 111.)

Luonnonkiertokattilan toimintaperiaate on esitetty kuviossa 6. Höyrystettävää vettä pumpataan syöttövesisäiliöstä kattilaan. Vesi kulkee ensin esilämmittimen kautta, jossa veden lämpötila saadaan lähemmäksi höyrystyslämpötilaa. Sen jälkeen vesi johdetaan lieriöön, mistä se laskee höyryputkia pitkin kattilan tulipesän alapäähän. Putkissa vesi alkaa höyrystyä lämmön vaikutuksesta ja nousee ylöspäin uudelleen lieriöön, missä putkissa muodostunut höyry ja vesi erotetaan toisistaan. Vesi johdetaan takaisin syöttöveeten, kun taas muodostunut höyry kulkeutuu eteenpäin tulistimeen. (Mts. 113.)



Kuvio 6. Luonnonkiertokattilan toimintaperiaate (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2000, 113)

Pakkokiertokattila on toiminnaltaan muuten vastaava kuin luonnonkiertokattila, mutta vesi siirretään lieriöstä höyrystinputkiin pakkokiertopumppujen avulla. Näin pystytään käyttämään korkeampia paineita kuin luonnonkiertokattiloissa, ja höyrystinputkisto voidaan asentaa haluttuun asentoon. Läpivirtauskattila puolestaan poikkeaa rakenteeltaan merkittävästi luonnonkierto- ja pakkokiertokattiloista. Läpivirtauskattilassa ei ole lainkaan lieriötä. Näin ollen vesi virtaa kattilaan sen

toisesta päästä ja tulee ulos toisesta päästä höyrynä. Läpivirtauskattiloissa pystytään hyödyntämään lieriökattiloita korkeampia paineita lieriön puuttumisen vuoksi. Höyryn ja veden erottamisen puuttuminen tarkoittaa myös, että kattilaan tulevan syöttöveden on oltava puhtaampaa kuin lieriökattiloissa. (Mts. 118-120.)

### 4.3 Polttotekniikat

Höyryn ja lämmön tuottaminen vaatii syntyäkseen lämpöä, mitä saadaan aikaan kattilassa tapahtuvassa polttoprosessissa. Polttamisessa käytetään hyväksi polttoainetta, jonka palaessa vapautuu lämpöä. Palamisen tehoa pystytään säätämään syötettävän palamisilman avulla. Eri polttoaineet vaativat erilaisia polttolaitteita. Kiinteän polttoaineen, esimerkiksi kuoren polttamisessa, käytetään erityyppisiä arinoita sekä leijupolttoa. Kaasun ja nesteen polttamisessa voidaan taas hyödyntää erilaisia polttimia. (Huhtinen ym. 2000, 126.)

#### 4.3.1 Arinapoltto

Arinapoltto on kiinteiden polttoaineiden polttamiseen käytettävä menetelmä. Kuviossa 7 on esimerkkinä arinapoltton toiminnasta esitetty KPA Uniconin patentoiman Biograte-kekoarinan toiminta. Polttoaine syötetään ruuvilla arinan keskelle. Polttoaineessa oleva kosteus poistuu lämmön vaikutuksesta kekoarinan huipulla. Kyseinen arinarakenne on pyörivä, jolloin polttoaine palaa polttovyöhykkeissä kerroksittain ja lopulta syntynyt tuhka johdetaan arinan alaosan sivuilta tuhkatilaan. (KPA Unicon Biograte, N.d.)

Arinapoltossa polttoaine palaa vaiheittain ja pesässä on samaan aikaan eri palamisvaiheissa olevaa polttoainetta. Palamisvaiheet ovat karkeasti jaoteltuna kosteuden poisto, pyrolyysi eli polttoaineen hajoaminen lämmöstä johtuen sekä jäännöshiilen palaminen. Erilaisia arinatyyppisiä ovat muun muassa mekaaninen- ja kiinteä viistoarina, tasoarina sekä ketjuarinat. (Raiko, Saastamoinen, Hupa & Kurki-Suonio 2002, 466-472.)



Kuvio 7. KPA Unicon Biograte kekoarina (KPA Unicon Biograte N.d.)

#### 4.3.2 Öljyn poltinpoltto

Polttamisessa käytettävät öljyt jaetaan raskaisiin (POR) ja kevyisiin polttoöljyihin (POK). Raskas polttoöljy on ominaisuuksiltaan jäykempää ja vaatii esilämmittämistä, jotta sitä pystytään hyödyntämään. Raskaan öljyn polttamiseen vaaditaan monimutkaisempia laitteita kuin kevyiden polttoöljyjen käyttöön. Kevyt polttoöljy on rakenteeltaan helpommin käsiteltävää paremman juoksevuutensa ansiosta. (Raiko ym. 2002, 439.)

Öljynpolttoprosessi alkaa tarvittavalla öljyn käsittelyllä ennen polttamista. Raskas öljy on saatava juoksevammaksi ennen poltinta, joten sen viskositeettia alennetaan esilämmityksellä. Prosessi vaatii myös öljypumpun joka nostaa öljynpaineen riittäväksi, jotta öljy pystytään syöttämään polttimelle. Polttimen tehtävänä öljyn poltossa on saada liekki syttymään, sekoittaa palamisilma ja syötettävä öljy sopivaksi suhteeksi sekä polttimen tyypistä riippuen kaasuttaa öljy tai hajottaa se pisaroiksi. Öljypolttimet jaetaan hajotus- ja höyrystyspolttimiin. Öljyn poltossa on huomioitava myös riittävästä polttoaineen suodatuksesta, jotta öljyn mukana ei pääse kulkeutumaan haitallisia epäpuhtauksia polttimelle. (Mts. 440-441.)

## 5 Työn toteutus

### 5.1 Työn rajaaminen ja tavoitteiden määrittäminen

Opinnäytetyö aloitettiin rajaamalla aihetta yhdessä toimeksiantajan kanssa. Alkuun määritettiin mitä prosessin osia ja laitteita ennakkohuoltosuunnitelman tulee pitää sisällään. Rajauksen lopputuloksena päätettiin, että mukaan otetaan mekaanisen puolen lisäksi myös sähkö- ja automaatiopuoli. Tämä oli välttämätöntä, sillä voimalaitoksen laitteita on haastavaa käsitellä pelkästään mekaanisen puolen kautta, sillä sähkö ja automaatio ovat merkittävässä roolissa kokonaisuuden kannalta. Prosessin kulun osalta työ rajattiin koskemaan niitä laitteita, joita voimalanhoitaja pystyy valvomaan näytöiltään. Työhön päätettiin sisällyttää polttoainesiloista tuhkansiiirtoon asti olevat laitteet, eli pois jätettiin kuoren kuljettamiseen liittyvät kuljettimet ennen siloa. Tähän päädyttiin siksi, että näitä kuljettimia pystytään tarkkailemaan sahalinjan valvomosta käsin. Aiheen laajuuden ja käytettävissä olevien resurssien vuoksi päätettiin myös, että työssä on tarkoitus määrittää prosessin kriittisimmät osat tuotannon ja turvallisuuden kannalta ja keskittyä niihin ennakkohuoltosuunnitelman teossa. Samalla päätettiin myös, että huoltosuunnitelmaan on tarkoitus sisällyttää käyttäjäkunnossapitoa erilaisten tarkastus- ja valvontatoimenpiteiden kautta. Esiin tulisi myös nostaa havaittuja parannusehdotuksia nykyisiin kunnossapidollisiin seikkoihin, mikäli niitä ilmeni työn aikana.

### 5.2 Prosessiin perehtyminen ja laitteiden määrittäminen

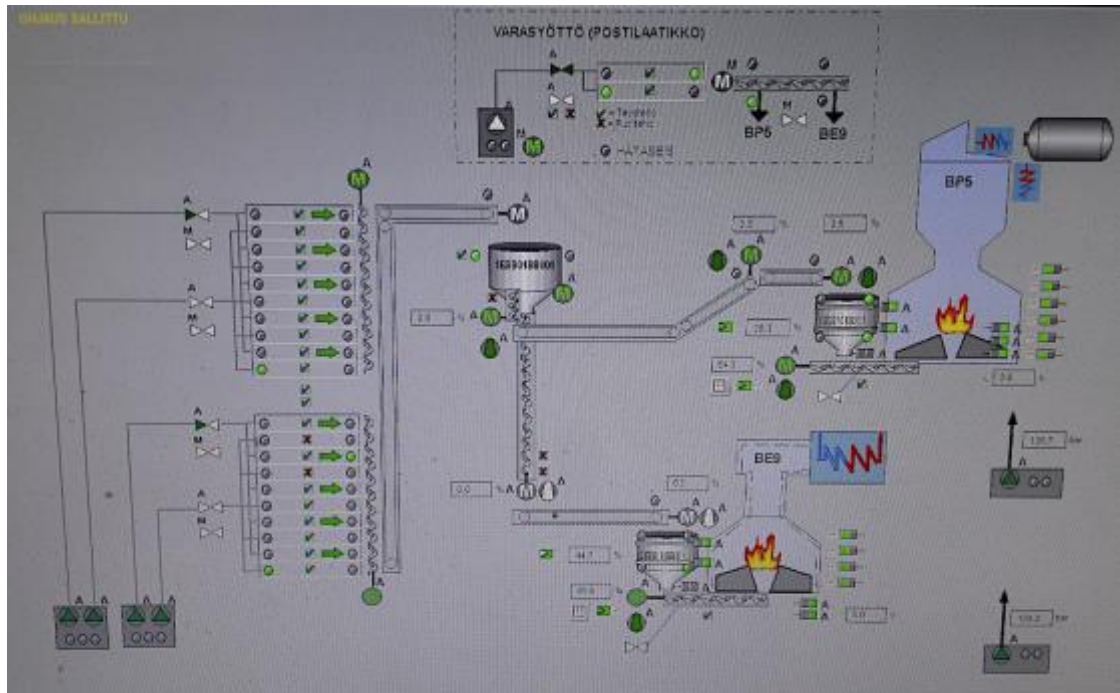
Ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen aloitettiin perehtymällä voimalaitoksen prosessin kulkuun ja siihen kuuluviin laitteisiin. Tämä oli työn kannalta työläs vaihe, sillä työn tekijällä ei ollut juurikaan aiempaa kokemusta voimalaitoksen toiminnasta. Ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen edellytti kuitenkin prosessin tarkkaa tietämystä, jotta tarvittavia huoltotoimenpiteitä pystyttiin laatimaan. Tietoa prosessista kerättiin toiminnanohjausjärjestelmän toimintopaikkarakenteen kautta, voimalassa olemassa olevista dokumenteista, tutkimalla paikan päällä sekä haastattelemalla toimeksiantajan henkilöstöä ja voimalan asiantuntijoita.

Voimalanhoitajan ja asentajien opastuksella työn tekijä sai hyvän perehdytyksen prosessin kulusta. Hyvänä apuna prosessiin perehtymisessä toimi myös voimalaitoksen säätämiseen käytettävä ohjelma, josta pystyttiin näkemään prosessin kulku. Opastus asiasta tietäviltä henkilöiltä oli kuitenkin pakollista, jotta ohjelmaa pystyttiin hyödyntämään toiminnan ymmärtämiseen. Ohjelmaan ei ole esimerkiksi sisällytetty kaikkia putkistomuutoksia mitä voimalaan on tehty viime vuosina. Jotta voimalaitosprosessia pystyttiin tutkimaan, vaati se myös teoriaan perehtymistä etukäteen asian ymmärtämiseksi. Prosessin kulun havainnollistamisessa on hyödynnetty voimalaitoksen DCS:ää eli voimalaitoksen ohjaukseen käytettävää valvontajärjestelmää kuvioissa 8 sekä 10-15.

### 5.2.1 Polttoaineprosessi

Kuviossa 8 on esitetty voimalaitoksen polttoaineen käsittely- ja syöttöjärjestelmä BP5 ja BE9 kattiloille. Prosessi alkaa polttoainesiiloista, joita on kaksi kappaletta. Kuori tulee siiloihin kuljettimia pitkin sahan kuorimosta. Kuoren sekaan sekoitetaan myös sahajauhoa ja haketta. Siiloista polttoaine siirtyy kolakuljettimelle repijätelojen (1 kpl / siilo) ja hydraulisyylinterillä liikuteltavien tankopurkaimien (10 kpl / siilo) avulla. Tankopurkaimen rakenne on nähtävissä tarkemmin kuviossa 9. Polttoaineelle on asennettu myös lisäsäiliö jälkikäteen, jota ei näy kuviossa 8. Säiliöstä syötetään polttoainetta ruuvien avulla samalle kolakuljettimelle, joka kulkee myös siilojen läpi. Kolakuljetin siirtää polttoainetta jakosuppiloon, josta polttoaine jakautuu jakoruuvien avulla kahdelle kolakuljettimelle (BE9 JA BP5). Polttoaineen syöttöön kuuluu myös varajärjestelmä, jossa varapolttoainesäiliöstä siirretään kahden tankopurkaimen (ks. kuvio 9) avulla polttoainetta jakoruuville. Jakoruuvilta polttoainetta pystytään sylinterillä toimivan peltiläpän avulla jakamaan joko BE9 tai BP5 kolakuljettimelle. BE9:n polttoaineen kolakuljetin siirtää polttoaineen jakosuppiloon, josta se stoker-syöttöruuvien avulla johdetaan tulipesään. Stoker-syöttöruuvilla tarkoitetaan kahdesta ruuvista koostuvaa polttoaineen siirtämiseen käytettävää syötintä. BP5:den kolakuljetin puolestaan koostuu kahdesta eri kuljettimesta pitkän siirtomatkan vuoksi. Pidemmältä nostavalta polttoaineen kolakuljettimelta polttoaine kuljetetaan lyhyemmälle jatkokolakuljettimelle.

Jatkokolakuljettimelta polttoaine kulkeutuu jakosuppiloon ja edelleen stoker-syöttöruuvin avulla tulipesään.



Kuvio 8. Voimalaitoksen polttoaineen kulku (Voimalaitoksen DCS)

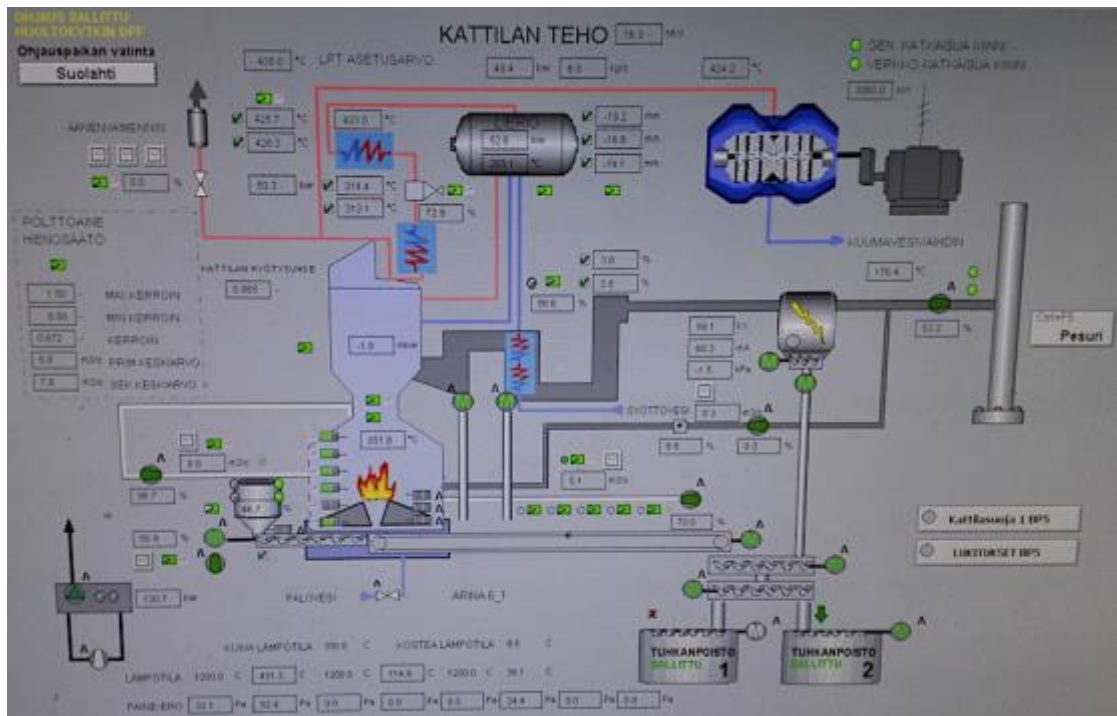




Kuvio 9. Polttoaineen varasyötön tankopurkaimet

### 5.2.2 Palamis- ja tuhkaprosessi

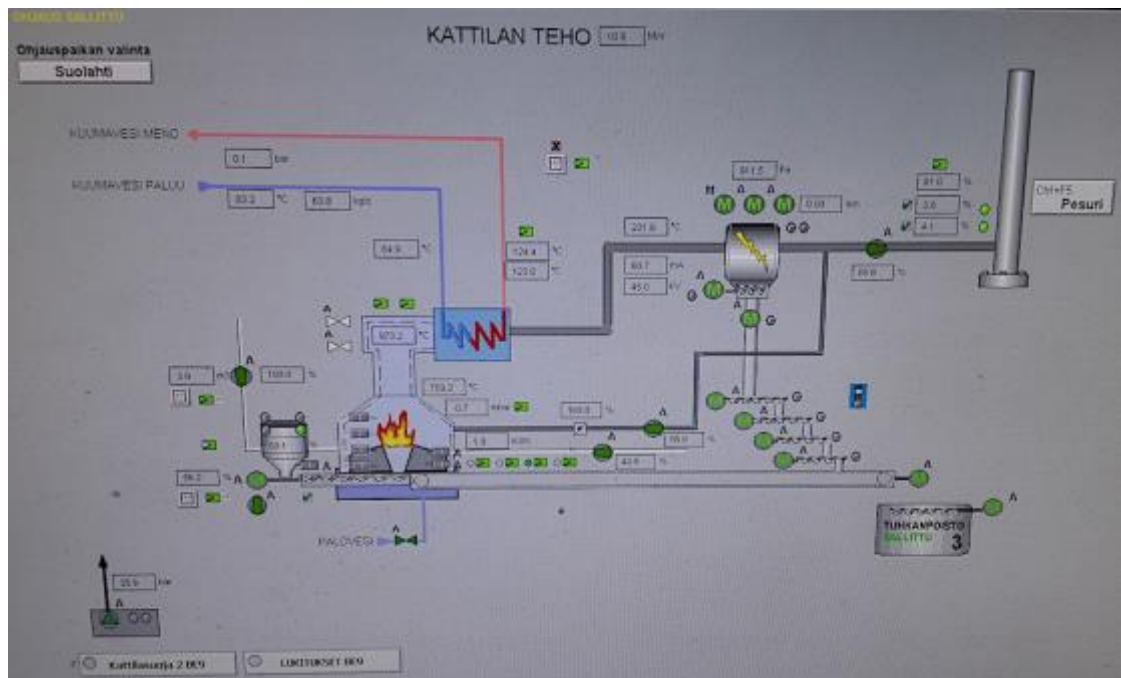
BP5 (ks. kuvio 10) on luonnonvirtauskattila, jossa polttoprosessissa käytetään hydraulitoimista pyörivää kekoarinaa. Polttoaine syötetään jakoruuvien avulla arinaan, jossa se palaa ja tuottaa lämpöä. Palamiseen tarvittava ilma syötetään primääripuhaltimella kattilan alaosaan ja sekundääripuhaltimen avulla kattilan keskiosaan. Polttoprosessissa syntyvät savukaasut johdetaan sähkösuodattimen läpi ja siitä edelleen joko kiertokaasupuhaltimen kautta takaisin kattilaan jäähdyttämään pesää tai savukaasupuhaltimen kautta eteenpäin.



Kuvio 10. BP5-kattilan toimintaprosessi (Voimalaitoksen DCS)

Polttoaineen palamisessa syntyvä tuhka siirretään kahden tuhkarahavan ja tuhkasyöttimen avulla tuhkan kolakuljettimelle. Palamiskaasujen mukana leijuvaa tuhkaa johdetaan myös samalle kolakuljettimelle 2. vedon sulkusyöttimien avulla, joista toinen sijaitsee ekonomaiserin alla. Kolakuljettimen avulla tuhka kuljetetaan tuhkansekoitusruuviin, jonne tuhkaa tulee myös sähkösuodattimessa olevista lanka- ja levyravistimista. Tuhkansekoitusruuvilta tuhka jaetaan jakoruuvin avulla tuhkanlevittimien kautta kahteen tuhkakonttiin.

BE9-kattila (ks. kuvio 11) on varustettu vastaavanlaisella polttoaineen syötöllä ja kekoarinalla kuin BP5-kattila. Palamis- ja poistoilman puhaltaminen on toteutettu myös vastaavanlaisilla puhaltimilla kuin BP5-kattila. Tuhka siirretään arinalta yhden tuhkarahavan ja tuhkasyöttimen avulla kolakuljettimelle, josta se kulkeutuu tuhkakontin tuhkanlevittimille ja edelleen tuhkakonttiin. Kolakuljettimelle tuhkaa kulkeutuu myös sähkösuodattimen kautta, josta tuhka saadaan siirrettyä lentotuhkan ruuvikuljettimen ja sulkusyöttimen avulla eteenpäin lentotuhkan siirtoruuveille, joita on neljä kappaletta. BP5- ja BE9-kattiloiden savukaasujen puhdistus kuuluu samalla tontilla toimivan Vapon pellettitehtaan vastuulle.

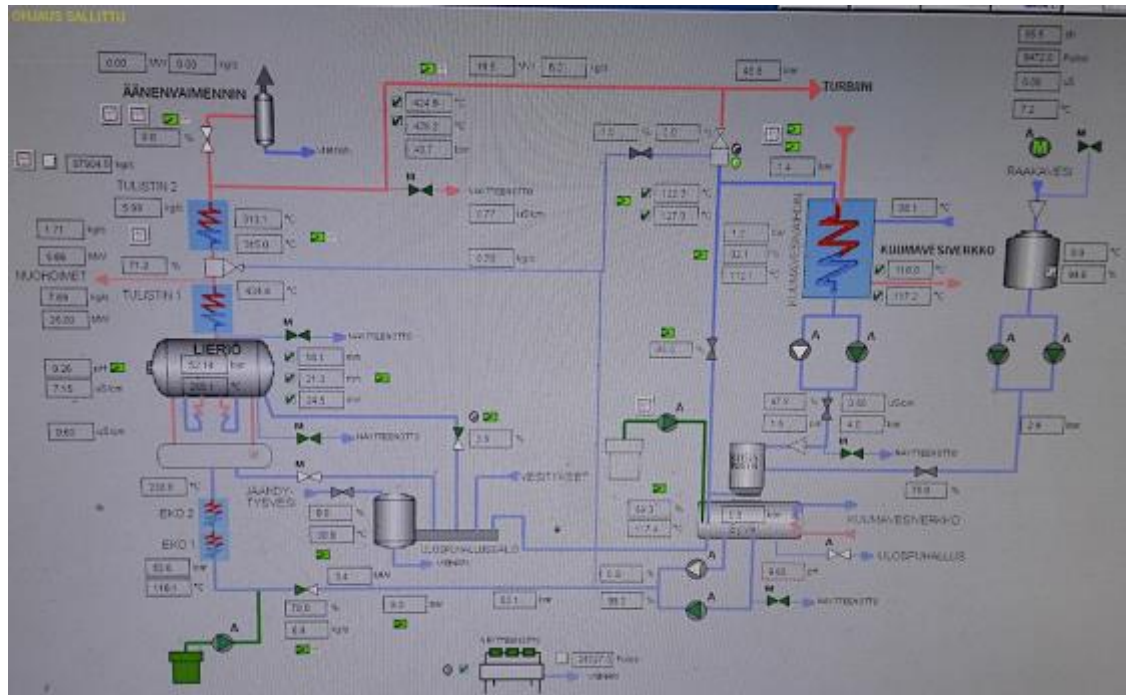


Kuvio 11. BE9-kattilan toimintaprosessi (Voimalaitoksen DCS)

### 5.2.3 Vesi- ja höyryprosessi

Voimalaitoksen vesi-höyryprosessi (ks. kuvio 12) alkaa veden kulkeutumisesta läpi kahden veden pehmenyysuodattimen läpi. Sieltä vesi johdetaan läpi käänteisosmoosilaitteiston, jonka tarkoituksena on poistaa suoloja veden joukosta. Käänteisosmoosilaitteiston jälkeen vesi menee lisävesisäiliöön, josta vettä pumpataan kahden rinnan kytketyn lisävesipumpun avulla syöttövesisäiliöön. Syöttövesisäiliön jälkeen järjestelmässä on kaksi syöttövesipumppua rinnan, joiden kautta vesi saadaan paineistettua ja siirrettyä säätöventtiilille. Säätöventtiilin jälkeen vesi esilämmitetään savukaasujen avulla ekonomaisereissa, josta se kulkeutuu lieriöön. Lieriössä erotetaan vesi ja höyry toisistaan keskipainesykloneiden avulla, jotta tulistimille ei pääse vesipisaroita. Vesi kulkeutuu lieriöstä putkea pitkin kattilan alaosaan, josta se kattilan lämmön avulla höyrystyy ja nousee ylöspäin takaisin lieriölle. Vesi virtaa takaisin kattilan alaosaan ja höyry johdetaan tulistimille, jossa

höyryn lämpötilaa nostetaan edelleen. Höyryn lämpötilaa pystytään säätämään syöttövesisäiliöstä johdettavalla vedellä, joka ohjataan tulistimen 1 ja tulistimen 2 väliin. Tulistettu höyry menee edelleen joko turbiinille tai reductioventtiilille ja sitä kautta lämmönsiirtimelle. Vaihtimen lauhteet saadaan kahden rinnakkain olevan lauhdepumpun avulla kaasunpoistimen kautta takaisin syöttövesisäiliöön. Järjestelmään on asennettu myös äänenvaimennin 50 barin höyryn äänen hillitsemiseksi.



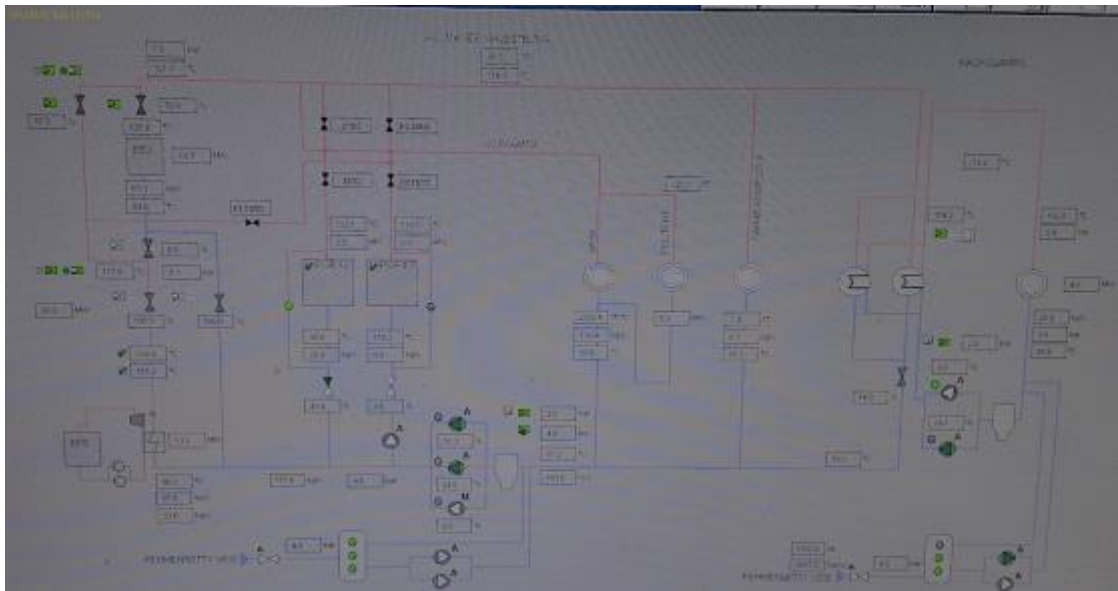
Kuvio 12. Vesi- ja höyryprosessi (Voimalaitoksen DCS)

BE9-kattilan veden kierto näkyy paremmin kuviossa 11. Lämpö on kattilan putkien sisäpuolella eli vesi kiertää putkien ympärillä. Vettä on kattilassa 40 m<sup>3</sup> verran ja lämpöputket kiertävät kattilan kolme kertaa ympäri. Näin pystytään lämmittämään kattilan läpi kulkeva vesi.

#### 5.2.4 Kaukolämpö

Kuvion 13 mukaisesti voimalaitoksella tuotettua lämpöä käytetään sahan kuivaamolle, Vapon pellettitehtaalle, kaukolämpöön sekä sahan kiinteistöjen lämmitykseen. Tärkein käyttökohde on sahan kuivaamo, jossa sahatusta

puutavarasta tehdyt rimakuormat kuivatetaan. Kaukolämmön kiertoa ylläpidetään kierto- ja paineenpitopumppujen avulla. Varsinaisessa kaukolämpöjärjestelmässä on kaksi kiertopumppua ja kaksi paineenpitopumppua rinnan. Tarvittaessa liian suurta painetta järjestelmässä pystytään paineventtiilin kautta ohjaamaan paisuntasäiliöön ja vastaavasti paineenpitopumppujen kautta pystytään kiertoon ohjaamaan lisää vettä. Kuumavesijärjestelmässä on kolme kiertopumppua rinnakkain ja vastaavasti kaksi paineenpitopumppua rinnakkain. Varakattiloille menevässä kierrossa on myös kiertopumppu POR 4,7-kattilalle.



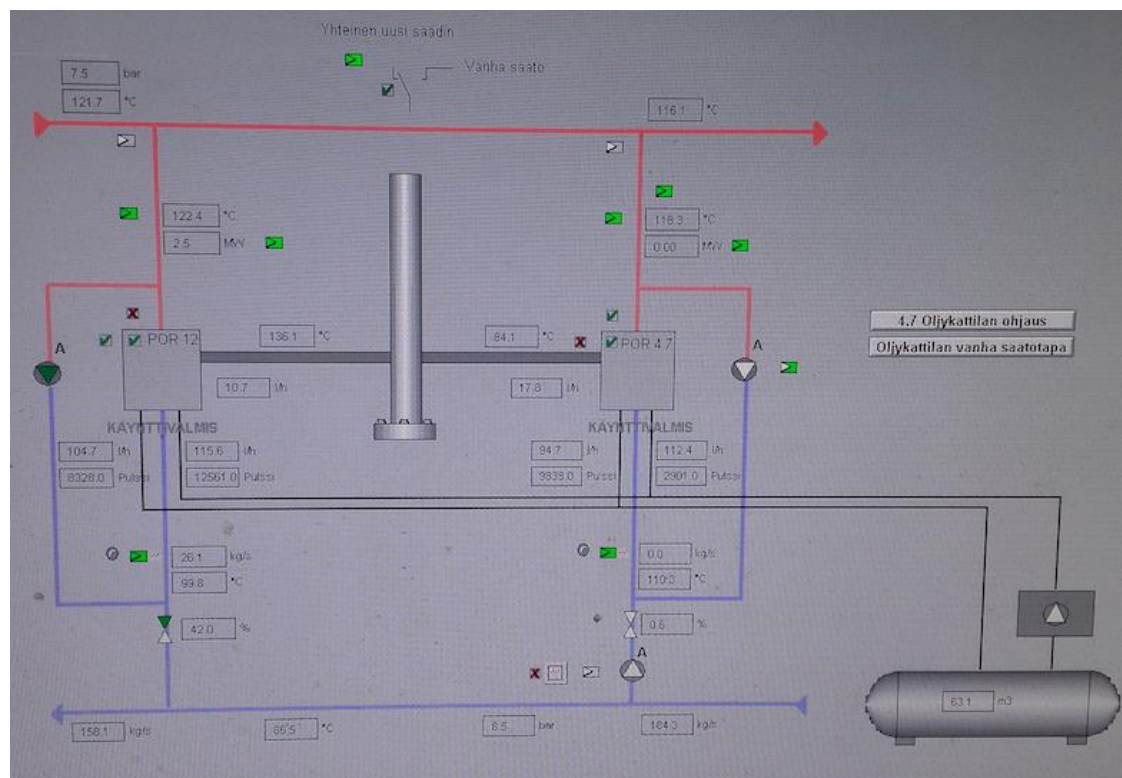
Kuvio 13. Kaukolämpöprosessi (Voimalaitoksen DCS)

Mikäli BP5 ja BE9 kattiloilta ei saada tarpeeksi lämpöä, kytkeytyvät varakattilat päälle. Varakattilat ovat myös asetettu toimimaan siten, että tietyn megawattimäärän täytyessä lähtee myös toinen kattila päälle. Öljykattiloilla ajaminen on kuorikattiloihin nähden kalliimpaa, sillä niissä käytetään polttoaineena raskasta polttoöljyä.

Kuviossa 14 on esitetty polttoöljyllä toimivien POR 12 JA POR 4,7 varakattiloiden toiminta. Molemmilla kattiloilla on shunttipumput, jotka kierrättävät vettä



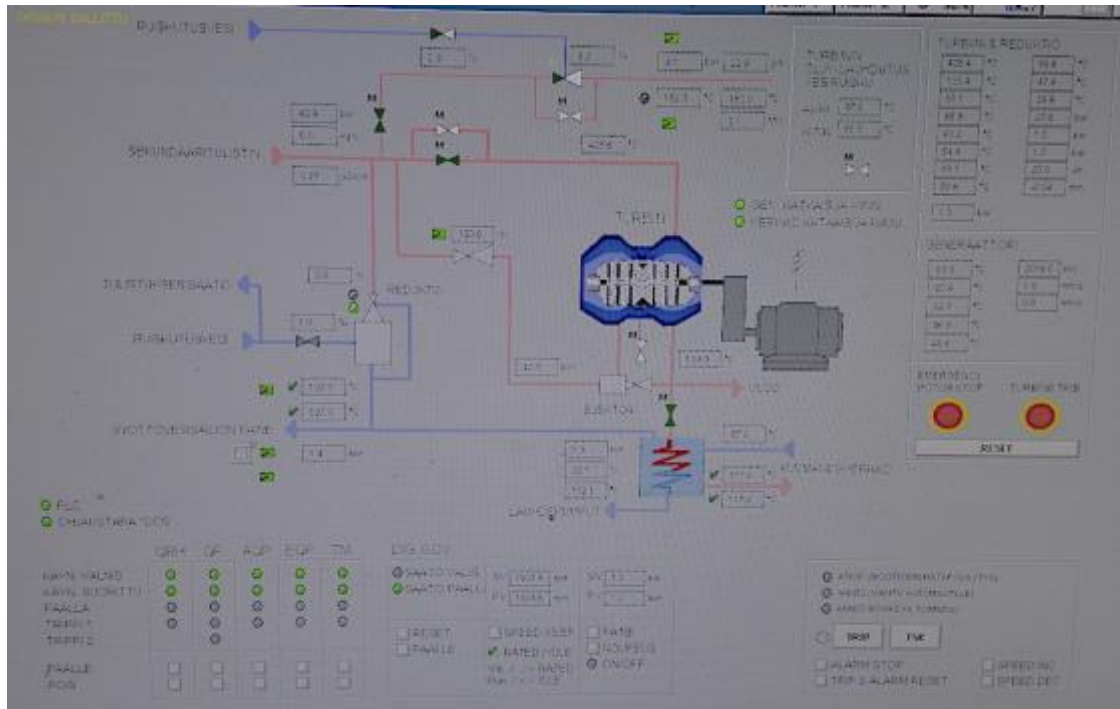
kattiloiden jälkeisen lämpötilan mukaan. Kattiloiden käyttöjärjestys pystytään määrittämään manuaalisesti tarpeen mukaan, mutta periaatteena on pienemmän kattilan käyttö ensisijaisesti. Kattiloiden keskinäinen toiminta on toteutettu niin että tietyn MW-määrän ylittyessä lähtee toinen kattila toimintaan. Pienemmälle 4,7 MW kattilalle on asennettu jälkikäteen lisäkiertopumppu tehostamaan veden kiertoa. Molemmilla varakattiloilla on omat poistohormit, mutta ne yhdistyvät samaan savupiippuun.



Kuvio 14. Öljykattilat (Voimalaitoksen DCS)

Höyryä menee myös pieni määrä Vapon pellettitehtaalle pellettipuristimien tarpeisiin, kuten kuvioista 15 pystytään näkemään. Mikäli turbiini on pois käytöstä, voidaan höyry ohjata reduktioventtiilin läpi lauhduttimelle tai myös tulistimien lämpötilan säätöön. Höyryn paineen alennuksen apuna hyödynnetään vettä.

Reduktioventtiin läpi tulevaa vettä pystytään ohjaamaan myös suoraan syöttövesisäiliöön. Kaukolämmönsiirrin on sama BP5 JA BE9 kattiloilla.



Kuvio 15. Turbiini (Voimalaitoksen DCS)

### 5.3 Laiteluettelo

Prosessin toiminnan määrittämisen myötä voitiin järjestelmään kuuluvista laitteista luomaan laiteluettelo (ks. liite 1). Laiteluettelo laadittiin Exceliin, missä laitteet jaoteltiin käyttökohteiden mukaan eri kategorioihin esimerkiksi polttoaineen syötön ja tuhkan kuljetukseen kuuluvat laitteet. Laiteluetteloon merkittiin laitteen nimi sekä yksilöllinen laitekoodi, jonka avulla laitteet on eroteltu toisistaan. Laitteita saatiin määritellyksi yhteensä 92 kpl. Jokaista laitetta ei ole olemassa voimalan ohjelmistossa, joten kaikille laitteille ei ole olemassa omaa laitenumeroakaan.

## 5.4 Vikahistorian ja nykyisten huoltotoimenpiteiden kartoittaminen

Seuraavaksi tutkittiin voimalaitokselta löytyviä vuoropäiväkirjoja. Päiväkirjoihin voimalanhoitaja ja kunnossapitoasentajat merkkavat havaittuja asioita ja suoritettuja toimenpiteitä sekä kattiloiden ajon käyttöarvoja päivän ajalta.

Vikaantumisia ei merkata siis suoraan toiminnanohjausjärjestelmään, vaan tieto kulkee enimmäkseen puheen välityksellä. Vikahistorian ja huoltotoimenpiteiden tarkastelussa aikaväliksi valittiin vuoden 2016 tammikuu – marraskuu.

Huoltotoimenpiteitä merkittiin tammikuusta kesäkuuhun, sillä samat huoltotoimenpiteet alkoivat toistua ja niiden kautta saatiin selvitettyä nykyiset huoltointervallit. Vikahistoriaa ja huoltotoimenpiteitä alettiin kirjata Exceliin, jossa tietojen käsittely onnistui jatkossa helpommin. Aiempaa vikaistoriaa pystyttiin hyödyntämään jatkossa laitteiden kriittisyyden määrittämisessä. Vuoropäiväkirjoista kerätty voimalaitoksen huoltohistoria on esitetty liitteessä 2 ja vikaistoria kootusti taulukossa 1.

Vuoropäiväkirjoja tutkimalla huomattiin, että vika- ja korjausilmoitusten teko ei voimalaitoksella ole ollut kovinkaan systemaattista ja tietojen analysoinnin kannalta hyödyllistä. Monessa vikaantumistapauksessa on määritelty hyvin laitteen vikaantuminen ja sen syy, mutta vian vaikutuksista esimerkiksi prosessin pysähtymisen kannalta ei ole kirjattu mitään. Vikaantumisten analysoinnissa jälkeenpäin tästä olisi valtavasti hyötyä. Samoin päiväkirjoissa oli usein kirjattu, että vikaantunut laite oli korjattu, mutta sen tarkempaa korjaustapaa ei oltu määritelty. Raportoinnin kehittymisessä tässäkin suhteessa voisi olla hyötyä jatkossa, jos esimerkiksi sattuu vastaavanlainen vikaantuminen, mutta kyseisellä hetkellä paikalla olevalta asentajalta ei löydy aiempaa kokemusta vastaavanlaisesta viasta ja sen korjauksesta.

## 5.5 Kriittisimpien laitteiden määrittely

Vikahistorian ja prosessin määrittämisen pohjalta alettiin laatia ennakkohuoltosuunnitelman rakennetta. Koska määritettyjä laitteita oli prosessissa 92 kpl, ei jokaiselle laitteelle voida käytettävissä olevien resurssienkaan puolesta suorittaa yhtä kattavaa ennakkohuoltoa, sillä se ei olisi järkevää. Asiasta keskusteltiin



toimeksiantajan kanssa ja tultiin siihen tulokseen, että PSK 6800-standardin mukainen kriittisyysluokittelu olisi liian raskas prosessi suoritettavaksi opinnäytetyön osalta. Koska kriittisyysluokittelua oli kuitenkin tarpeen tehdä, päädyttiin laitteiden huoltotarpeita määrittämään vikahistorian ja prosessin pysähtymisen kriittisyyden kautta sekä asiantuntijoiden näkemysten avulla. Voimalaitoksen vuoropäiväkirjojen vikahistorian perusteella pystyttiin näkemään suurin piirtein, missä prosessin osissa tapahtuu eniten vikaantumisia ja häiriöitä (ks. taulukko 1.) Selvästi eniten vikaantumisia ja häiriöitä tapahtuu BP5-kattilan polttoaineen syötössä. Samalla nähdään myös, että yleisesti eniten vikaantumisia tapahtuu eniten juuri polttoaineen syötössä kattiloille sekä tuhkan kuljetuksessa pois kattiloilta. Taulukoitu tilastotieto tuki myös voimalanhoitajalle sekä voimalaitoksen asiantuntijalle tehtyjä haastatteluja. Heidän näkemyksensä voimalaitoksen kriittisimmistä kohdista koskivat myös polttoaineen syöttöä kattiloille sekä tuhkan kuljetusta niiden jälkeen.

Taulukko 1. Voimalaitoksen viat ja häiriöt vuonna 2016

VUOSI 2016	Tammikuu	Helmi	Maalis	Huhtik	Toukoku	Kesäku	Heinäku	Eloku	Syysku	Lokaku	Marrasku	Yhteensä:
Vikaantumisia/häiriöitä yhteensä	12	19	25	15	13	19	13	16	11	19	9	171
Polttoaine yhteinen:	2	1	2		1			3	3	4		16
PA-varasyöttö:				1				1	1			3
Polttoaine BPS:	3	5	6	4	1	2	7	2	1	3	1	35
Polttoaine BE9:	1	4		1		1	1	1	3	2	2	16
Tuhka BPS:		5	5		2	5	1	1			4	23
Tuhka BE9:	1		1		2		1	1		1	2	9
Kattila BP5 (höyry, savukaasut):		2	3	2	1			1		1		10
Kattila BE9 (höyry, savukaasut):						3				1		4
POR 12:	2		2					1		1		6
POR 4,7:		1	1	2	2	3	3			1		13
Lisävesi:	2											2
Syöttövesi:	1	1	2	1		1				1		7
Turbiini:					2	1		1	1	4		9
Generaattori:												0
Varavoimageraattori:				1								1
Kaukolämpö:						1			1	1		3
Reduktio:								1				1

## 5.6 Huoltotoimenpiteiden laatiminen

Lähdettäessä laatimaan huoltotoimenpiteitä voimalaitokselle, keskusteltiin toimeksiantajan kanssa alkuun, millainen ennakkohuoltosuunnitelman tulisi rakenteeltaan olla. Lopputuloksena päätettiin, että voimalaitos jaetaan pienempiin kokonaisuuksiin. Tarkoituksena oli laatia reittitarkastuksia kohteille, jotka pitävät

sisällään lähinnä kunnonvalvontaa ja voiteluita, eikä niissä ole tarkoituksena tehdä suurempia huoltotoimenpiteitä. Reittitarkastuksissa on tarkoitus havainnoida laitteiden kuntoa ja saada selvitettyä mahdollisia korjaustarpeita, joiden pohjalta pystytään tekemään tarvittavia kunnossapitotilauksia. Reittitarkastuksien laajuus määritettiin siten, että voimalanhoitajan tai asentajan tulee pystyä käymään reitti läpi yhden työvuoron aikana. Työn suorittajan kannalta kyseinen toimintatapa on myös motivoivampi, sillä pienempi kokonaisuus on helpompi toteuttaa tarkasti.

Reittitarkastusten lisäksi toimeksiantajan kanssa sovittiin, että samalla laitteille listataan myös kunnossapitotoimenpiteitä, joita suoritetaan aikaan perustuen esimerkiksi seisokin aikana. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi kuljettimien laajemmat tarkastukset sekä öljynvaihdot vaihteille. Huoltotoimenpiteiden määrittämisessä laitteille hyödynnettiin apuna voimalaitoksen päiväkirjoja, mistä saatiin tietoa nykyisistä huoltotoimenpiteistä sekä niiden intervalleista. Huoltojen määrittelyssä hyödynnettiin myös laitevalmistajien suosituksia sekä ulkopuolisilta yrityksiltä saatuja tietoa laitteiden huoltojen sisällöstä ja niiden intervalleista.

## **6 Tulokset**

Työn tuloksena saatiin aikaan ennalta määritettyjen tavoitteiden mukainen ennakkohuoltosuunnitelma voimalaitokselle. Ennakkohuoltosuunnitelma on esitetty liitteessä 3. Huoltosuunnitelma pitää sisällään käyttäjän ja kunnossapitohenkilöstön tekemiä toimenpiteitä, ja se keskittyy määriteltyihin kriittisimpiin prosessin osiin.

### **6.1 Käyttäjäkunnossapito**

Käyttäjäkunnossapito keskittyy lähinnä kunnonvalvontaan, voiteluhuoltoon ja erilaisten suodattimien vaihtoon sekä laitteiden koekäyttöön (ks. liite 3.)

Paineilmajärjestelmän kahdelle kompressorille suoritetaan viikoittain vedenerottimien tarkastus ja tyhjennys tarvittaessa. Prosessin sähkömoottoreille määritettiin voiteluväliksi kaksi kuukautta entisen yhden kuukauden sijaan perustuen laitevalmistajan ja laitoksen voiteluasentajan suosituksiin. Voitelujen yhteydessä moottoreille suoritetaan aistinvarainen toiminnan tarkastus sekä pintapuolinen puhdistus tarvittaessa, mikäli moottorin päälle on kerääntynyt pölyä tai muuta

vastaavaa likaa, joka voi aiheuttaa moottorin tarpeetonta kuumenemista. Generaattori ja turbiini vaativat rasvauksen kuukauden välein. Turbiinin öljynlauhdutin tulee kesäaikaan myös puhdistaa kuukauden välein. Varavoimageneraattorin toiminta testataan viikoittain koekäynnistyksellä.

Suodattimien vaihdot ja tarvittavat huuhtelut kuuluvat myös käyttäjälle. Kuumavesikierron sivuvirtaussuodatin vaatii puhdistamisen noin kahden viikon välein ja RO-laitteen kalvot tulee pestä viikon välein. Kuukauden välein vaihdettavia suodattimia ovat kylläisen höyryn, tulistetun höyryn ja lauhteen kationisuodattimet. Samoin MB1- ja MB2-suodattimien massat vaihdetaan kuukauden välein ulkopuolisen yrityksen toimesta, mutta käyttäjä pitää huolen niiden vaihtovälin toteutumisesta.

Prosessin kriittisimmiksi määritellyille kuljettimille polttoaineen syötössä ja tuhkan kuljetuksessa määriteltiin tehtäväksi kuukauden välein rasvauskierrokset. Rasvauskierrosten yhteydessä kuljettimien toimintaa tarkastellaan aistinvaraisesti. Tarkastuksiin kuuluu olennaisena osana kuljetinketjujen kireyden tarkastaminen. Samalla tarkastetaan myös siilojen hydraulikkatila, mikä pitää sisällään sylinterien ja koneikon kunnan tarkastuksen.

BP5-kattilan stoker-ruuvi ja arinavivustot tulee voidella viikoittain. Samalla tarkistetaan myös arinahydrauliikkakoneikon kunto, mikä pitää sisällään öljyn määrän tarkastuksen, suodattimien tarkastuksen ja vuotojen havainnoin. BE9-kattiloille suoritetaan myös samalla intervallilla stokerin ja arinavivustojen rasvaus sekä hydraulikkakoneikon kunnan tarkastus. Lisäksi BE9-kattilan kääntökammio tulee puhdistaa kuukauden välein tukkeutumisen ehkäisemiseksi. Molempien kattiloiden nuohoimet tulee myös voidella ja tarkastaa kuukauden välein.

Prosessiin kuuluville pumpuille suoritetaan voitelu ja aistinvarainen tarkastus kuukauden välein. Suurin osa pumpuista toimii järjestelmässä rinnan. Nykyinen toimintatapa on ajaa samalla pumpulla niin kauan kuin se vikaantuu, jolloin toinen pumppu otetaan vasta käyttöön. Järjestelmässä on näin riski piilevä vikaantumiselle ja sen aiheuttamalle yhteisvikaantumiselle. Tämän vuoksi pumpuille suoritetaan koekäyttöä kuukauden välein varalla olevan/olevien pumppujen toiminnan toteutumisesta. BP5- ja BE9-kattiloiden puhaltimille suoritetaan pumppujen tapaan

voitelukierros kuukauden välein, mikä pitää sisällään puhaltimien aistinvaraisen tarkastuksen.

Öljyllä toimivien varakattiloiden kunnonvalvontaan sisältyvät kuukausittain tehtävät kiertopumppujen, polttimien ja hotboxin voitelut ja tarkastukset. Hotbox on öljyn pumppaukseen käytettävä keskusyksikkö, jonka avulla öljy pystytään esilämmittämään sekä suodattamaan. Tarkastuksessa havainnoidaan mahdollisia vuotoja, öljynpainetta sekä ylipäänsä laitteiden kuntoa esimerkiksi öljyn kiertoa ja esilämmityksen toimivuutta.

## 6.2 Kunnossapito-osaston ja ulkopuolisten yritysten huoltotoimet

Kunnossapito-osaston vastuulle voimalaitoksella kuuluvat pääasiassa käyttäjän tekemän kunnonvalvonnan kautta ilmi tulleet huollot ja korjaukset (ks. liite 3.) Kunnossapito-osasto hoitaa myös huoltoseisokin aikaan tehtävät laajemmat huoltotoimenpiteet yhdessä ulkopuolisten yritysten kanssa. Ulkopuolinen yritys suorittaa lisäksi voimalaitoksen turbiinille, generaattorille, sähkömoottoreille, pumppuille sekä puhaltimille värähtelymittauksia kolmen kuukauden välein. Yritys vastaa myös laajemmista generaattorin ja turbiinin huolloista vuosiseisokin yhteydessä.

Generaattorille suoritetaan puolen vuoden välein ilmansuodattimien vaihto, vuoden välein paine- ja lämpötilamittausten kalibrointi sekä sisäpuolinen puhdistus, kahden vuoden välein akselilinjauksen tarkastus, kolmen vuoden välein suojareleiden ja magnetoinnin tarkastus sekä laakerointi viiden vuoden välein.

Turbiinille tulee vastaavasti tehdä vuoden välein vastaava paine- ja lämpötilamittausten kalibrointi, ylikierrossuojan toiminnan tarkastus sekä laajempi säätöjen ja suojauksen tarkastus ja tarvittava asettaminen ohjearvoihin. Akselilinjaus tarkastetaan kahden vuoden välein, pikasulkuventtiilin toiminta kolmen vuoden välein sekä laajempi, avaava huolto suoritetaan viiden vuoden välein.

Varavoimageneraattori vaatii vuosittain tehtävät ilmansuodattimien vaihdot sekä kahden vuoden välein suoritettavat polttoainesuodattimien vaihdot.

Vuosiseisokin yhteydessä BP5- ja BE9-kattiloille ja arinoille suoritetaan kattava puhdistus ja tarkastus. Kattiloiden stoker-ruuvien kunto tarkastetaan myös seisokin

yhteydessä. Polttoaine- ja tuhkakuljettimille tehdään myös kattava huolto ja tarkastus, joka pitää sisällään kuljettimien pohjien, johteiden, ketjujen, ketjupyörien, kolien ja ruuvien kunnon ja kuluneisuuden tarkastamisen. Polttoainesilojen tankopurkaimien pohjat tulee myös tarkistaa vuoden välein.

Prosessin pumput ja puhaltimet tarkastetaan myös vuosihuollon yhteydessä kattavammin. Pumppujen tiivisteet vaihdetaan sekä pumpuille suoritetaan tarvittaessa laakerointi. Puhaltimet vaativat myös tarkastuksen, joka pitää sisällään siipipyörien puhdistuksen sekä tarvittaessa laakeroinnin, tasapainotuksen sekä tiivisteiden vaihdon. Vuosiseisokki pitää sisällään myös vaihteiden öljyjen tarkastuksen sekä vaihdon tarvittaessa.

## **7 Pohdinta ja johtopäätökset**

### **7.1 Tavoitteiden saavuttaminen**

Työn tavoitteena oli laatia voimalaitokselle ennakkohuoltosuunnitelma, joka huomioisi myös käyttäjäkunnossapidon kunnonvalvonnan kautta. Työn lopputuloksena saatiin aikaan tavoitteiden mukainen huoltosuunnitelma. Alkuun määriteltiin, että työssä tulisi keskittyä tuotannon ja turvallisuuden kannalta kriittisimpiin prosessin osiin. Ennakkohuoltosuunnitelma laadittiin kuitenkin pitkälti tuotannon kannalta kriittisimpien kohtien mukaan. Turvallisuusnäkökulma ei tullut esiin vikahistorian myötä oikeastaan millään tavalla, eikä työn tekijällä ollut riittävää näkemystä voimalaitoksen turvallisuusnäkökulmista, jotta se olisi pystytty ottamaan kattavammin mukaan työhön.

Yksi alkuun asetetuista tavoitteista oli saada siirrettyä laadittu huoltosuunnitelma toiminnanohjausjärjestelmään. Tätä tavoitetta ei kuitenkaan saatu toteutettua opinnäytetyön yhteydessä. Huoltosuunnitelma pystytään kuitenkin nostamaan toiminnanohjausjärjestelmään, kun toimeksiantaja kokee sen järkeväksi Vilppulan sahan käyttäjäkunnossapidon kehittämisen kannalta. Tavoitteiden mukaisesti tärkeää asentajien muistin varassa olevaa tietoa saatiin kuitenkin siirrettyä kirjalliseen muotoon.

Kokonaisuutena työssä saavutettiin etukäteen asetetut tavoitteet. Toimeksiantaja sai tarvittavan ennakkohuoltosuunnitelman voimalaitokselle. Työn tekijä sai puolestaan kehitettyä omaa osaamistaan huoltojen suunnittelussa sekä sai uutta oppia voimalaitosprosessista.

## 7.2 Tulosten tarkastelu ja pohdinta

Opinnäytetyön toteutuksessa hyödynnettiin teorian mukaisia RCM- ja ECM-analyysejä. Ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen ei kuitenkaan edennyt prosessina suoraan kummankaan analyysin mukaan. Työssä edettiin RCM-askelien mukaan aluksi rajaamalla aihetta sekä perehtymällä prosessiin ja määrittämällä siihen kuuluvat laitteet ja niiden toimintavaatimukset. Saatavilla olleen suppean vikahistorian sekä nykyisten huoltotoimenpiteiden kautta pyrittiin hyödyntämään kokemusperäistä kunnossapitoa nykyisten huoltotoimien hyödyllisyyden tarkastelussa. Kattava ECM-analyysin hyödyntäminen olisi vaatinut parempaa tietoa voimalaitoksen aiemmasta vikahistoriasta sekä nykyisistä huoltotoimenpiteistä. Niiden avulla oltaisiin pystytty analysoimaan tarkemmin huoltotoimenpiteiden merkitystä vikaantumisten estämiseksi. RCM on prosessina raskas ja paljon aikaa vievä, opinnäytetyön resurssit eivät ajan ja resurssien puolesta olisi millään riittäneet suorittamaan RCM-prosessia koko voimalaitokselle. Yksittäisiin laitteisiin olisi myös vaadittu tarkempaa perehtymistä, mikäli RCM olisi haluttu suorittaa pienemmille kokonaisuuksille.

Laadittu ennakkohuoltosuunnitelma kattaa laajasti eri ehkäisevän kunnossapidon lajit. Huoltosuunnitelma pitää sisällään aikaan- ja kuntoon perustuvia toimia sekä ottaa kantaa kunnonvalvonnan kautta myös piilevien vikojen havaitsemiseen sekä yhteisvikaantumisten estämiseen. Tietyille laitteille vikaantuminen voidaan sallia esimerkiksi kahdennettujen pumppujen osalta, mutta voimalaitos sisältää myös paljon laitteita, joiden vikaantuminen aiheuttaa tuotannon katkon.

Voimalaitos on kunnossapidollisesti haastava kohde, sillä se on toiminnassa vuorokauden ympäri viikon jokaisena päivänä. Tämän myötä isompia huoltoseisokkeja ei ole muita kuin kesän vuosiseisokki. Käynnin aikaiset kunnossapitotoimet keskittyivät tämän myötä enimmäkseen erilaisiin tarkastuksiin ja

kunnonvalvontaan. Huoltojen määrittämisessä hyödynnettiin pitkälle aikaisempaan kokemukseen perustuvia toimenpiteitä, joiden hyödyllisyyttä pohdittiin yhdessä voimalanhoitajan ja asiantuntijoiden kanssa. Työ olisi vaatinut enemmän aikaa ja resursseja, jotta yksittäisiin laitteisiin oltaisiin pystytty keskittymään tarkemmin teknisesti ja miettimään yksilöllisempiä huoltoja. Voimalaitoksen hoitajan työn kuvaan kuuluu päivittäinen laitteiden kunnonvalvonta käytön yhteydessä, joten suunnitelmaan ei katsottu järkeväksi sisällyttää jokaista päivittäistä valvontatoimenpidettä, kuten jatkuvasti tehtävää kattilan polttoaineen palamisen tarkkailua.

Määrällisesti suurin osa työhön käytetystä ajasta kului prosessiin perehtymiseen, sillä tekijällä ei ollut aiempaa kokemusta voimalaitosympäristöstä. Voimalanhoitajan ja asiantuntijoiden avulla pystyttiin kuitenkin saamaan riittävä ymmärrys Vilppulan sahan voimalaitoksen toiminnasta. Voimalaitosprosessista jäi kuitenkin vielä asioita oppimatta ja jokaiseen laitteeseen ei aiheen laajuuden vuoksi pystytty keskittymään syvällisesti. Voimalanhoitajan ja asiantuntijoiden haastattelut suoritettiin myös pitkälti heidän muiden töidensä ohessa, joten joitain seikkoja on luultavasti jäänyt myös sitä kautta huomioimatta.

Laitteiden kriittisyysluokittelussa olisi voitu käyttää tarkempia määrittelymenetelmiä, mutta käytettävissä olleen ajan ja resurssien kannalta se olisi ollut suhteellisen työlästä. Asiantuntijoiden näkemysten ja olemassa olevan vikahistorian perusteella saatiin kuitenkin määritettyä prosessin kriittisimmät kohteet työn kannalta tarpeeksi hyvin. Nykyisen raportoinnin puutteellisuuden vuoksi vuoropäiväkirjojen myötä tehty vika- ja häiriöhistoria sekä huoltotoimenpidelistä eivät ole kuitenkaan täysin kattavia. Kattavamman vikahistoriatiedon myötä olisi pystytty tekemään myös tarkempaa kriittisyysluokittelua laitteille.

Opinnäytetyö suoritettiin toimintatutkimuksena, mutta työstä jäi puuttumaan muutoksen seuranta, sillä työ oli rajattu koskemaan vain ennakkohuoltosuunnitelman laatimista. Käyttöön otettavan huoltosuunnitelman noudattamista ja toimivuutta tulee seurata erityisesti alkuun, sillä voimalaitokselle ei ollut olemassa aiemmin ennakkohuoltosuunnitelmaa. Kaiken kaikkiaan laadittu ennakkohuoltosuunnitelma toimii hyvänä pohjana toimeksiantajalle ennakoivan

kunnossapidon kehittämiseen ja suunnitelmaa pystytään helposti kehittämään edelleen tarpeiden mukaan.

Vilppulan voimalaitoksen toimintaperiaatteen tarkastelussa teoriaa vasten tehtiin huomio, että tällä hetkellä kuorikattiloihin syötettävää tuloilmaa ei esilämmitetä ollenkaan. Se olisi rakenteellisten muutosten kautta mahdollista toteuttaa hyödyntämällä esilämmityksessä sekundääri-ilman kuumia savukaasuja, joiden lämpötila on noin 200 °C. Muutos parantaisi kattiloiden hyötysuhdetta.

Tehty työ ei ota kantaa kunnossapidon kannalta tärkeään osa-alueeseen eli varaosiin. Työn aikana voimalaitoksen henkilöstön kanssa käydyissä keskusteluissa kävi ilmi, että tällä osa-alueella olisi tarvetta kehittämiselle. Osana ennakkohuoltojen tehostamista olisi hyödyllistä, mikäli voimalaitoksen kriittisten varaosien olemassaoloa ja saatavuutta pystytäisiin myös kartoittamaan tulevaisuudessa.

## Lähteet

Caverion teollisuus. N.d. Tietoa Caverion Oy:n toiminnasta yrityksen www-sivuilla. Viitattu 12.4.2017. <http://www.caverion.fi/asiakkaat/teollisuus>.

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

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T & Urpalainen, S. 2013. Voimalaitostekniikka. 2. tark. p. Helsinki: Opetushallitus.

Järviö, J. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Rajamäki: KP-Tieto.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito – Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uud. p. Helsinki: KP-Media.

Kananen, J. 2008. Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

KPA Unicon Biograte. N.d. KPA Unicon Biograte kattilalaitoksen esittely yrityksen www-sivuilla. Viitattu 21.3.2017. [http://www.kpaunicon.fi/fi/unicon\\_biograte](http://www.kpaunicon.fi/fi/unicon_biograte).

Moubray, J. 1997. Reliability-centered maintenance. 2nd ed. Oxford: Butterworth Heinemann.



PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. p. Helsinki: PSK Standardointiyhdistys. Viitattu 20.3.2017. <https://janet.finna.fi/>, Tekniikan ala, PSK-standardit.

Pöytä, J. 2015. Vilppulan saha viipaloi tarkkaan jokaisen tukin. Kauppalehti 30.7.2015. Viitattu 12.4.2017. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/vilppulan-saha-viipaloi-tarkkaan-jokaisen-tukin/HPA9pwcD>.

Raiko, R., Saastamoinen, J., Hupa, M. & Kurki-Suonio, I. 2002. Poltto ja palaminen. 2. täyd. p. Helsinki: Teknillistieteelliset akatemit.

Smith, A. & Hinchcliffe, G. 2004. RCM - Gateway to world class maintenance. USA: Elsevier Butterworth-Heinemann.

## Liitteet

### Liite 1. Voimalaitoksen laiteluettelo

	POLTTOAINE
KOODI	NIMI
TPY1	TANKOPURKAINYKSIKKÖ 1 PUMPPU
TPY2	TANKOPURKAINYKSIKKÖ 2 PUMPPU
TPY3	TANKOPURKAINYKSIKKÖ 3 PUMPPU
TPY4	TANKOPURKAINYKSIKKÖ 4 PUMPPU
B1EAD10AJ001	REPIJÄTELA 1 (KUIVAAMON PUOLEINEN)
B1EAD20AJ001	REPIJÄTELA 2 (SAHAN PUOLEINEN)
B1EBA01AF001	POLTTOAINEEN KOLAKULJETIN BP5 JA BE9
B1EBB30AF003	POLTTOAINEEN TASAINTELA (SEKOITUS/MIEKKATELA)
B1EBB30AF002	POLTTOAINEEN JAKORUUVI BP5
B1EBB30AN002	POLTTOAINEEN JAKORUUVIN JÄÄHDYTYSPUHALLIN BP5
B1EBA10AF001	POLTTOAINEEN KOLAKULJETIN BP5 (NOSTAVA)
B1EBA10AN001	POLTTOAINEEN KOLAKULJETIN BP5 (NOSTAVA) JÄÄHDYTYSPUHALLIN
B1EBA10AF002	POLTTOAINEEN JATKO KOLAKULJETIN BP5
B1EBA10AN002	POLTTOAINEEN JATKO KOLAKULJETIN BP5 JÄÄHDYTYSPUHALLIN
B1EBB30AF001	POLTTOAINEEN JAKORUUVI BE9
B1EBB30AN001	POLTTOAINEEN JAKORUUVI BE9 JÄÄHDYTYSPUHALLIN
B2EBA10AF001	POLTTOAINEEN KOLAKULJETIN BE9
B2EBA10AN001	POLTTOAINEEN KOLAKULJETIN BE9 JÄÄHDYTYSPUHALLIN
B2EBC10AN001	VARASYÖTTÖ JAKORUUVI
BVTPY1	VARASYÖTTÖ HYDR. PUMPPU
B1EBB20AF001	POLTTOAINEEN SYÖTTÖRUUVI BP5
B1EBB20AN002	POLTTOAINEEN SYÖTTÖRUUVI BP5 JÄÄHDYTYSPUHALLIN
B2EBB20AF001	POLTTOAINEEN SYÖTTÖRUUVI BE9
B2EBB20AN001	POLTTOAINEEN SYÖTTÖRUUVI BE9 JÄÄHDYTYSPUHALLIN
	UKKOSEN BOXI
	BP5 TUHKA
KOODI	NIMI
BIETN10CG310	TUHKAHARAVA 1
BIETN10CG320	TUHKAHARAVA 2
BIETN10CG330	TUHKASYÖTIN
BIETN10AF001	KOLAKULJETIN
BIETH10AF001	2. VEDON SULKUSYÖTIN
BIETH20AF001	2. VEDON SULKUSYÖTIN EKON ALTA
	SÄHKÖSUODATIN
2M1	LANKARAVISTIN
3M1	LEVYRAVISTIN
BIETN10AF002	TUHKAN SEKOITUSRUVI
BIETN10AF003	TUHKAN JAKORUVI
BIETL10AF001	TUHKALEVITIN 1 (TUHKAKONTTI)
BIETL10AF002	TUHKALEVITIN 2 (TUHKAKONTTI)
	BE9 TUHKA
KOODI	NIMI
B2ETN10CG310	TUHKAHARAVA 1 (HYDR, KATTILASSA)
B2ETN10CG330	TUHKASYÖTIN (HYDR, KATTILASSA)
B2ETN10AF001	POHJAKULJETIN
B2HQB10AF301	LENTOTUHKAN RUUVIKULJETIN
B2HQB10AF701	LENTOTUHKAN SULKUSYÖTIN
B2ETG20AF301	LENTOTUHKAN SIIRTORUVI 1
B2ETG20AF302	LENTOTUHKAN SIIRTORUVI 2
B2ETG20AF303	LENTOTUHKAN SIIRTORUVI 3
B2ETG20AF304	LENTOTUHKAN SIIRTORUVI 4
B2ETL10AF001	TUHKAKONTIN TUHKALEVITIN

	BP5 NUOHOUS
KOODI	NIMI
BIHCB10BN001	KÄYTTÖMOOTTORI HÖYRYNUOHAIN 1 (TULISTIN 2)
BIHCB10BN002	KÄYTTÖMOOTTORI HÖYRYNUOHAIN 2 (TULISTIN 1)
BIHCB10BN003	KÄYTTÖMOOTTORI HÖYRYNUOHAIN 4 (HÖYRYSTIN 1)
BIHCB10BN004	KÄYTTÖMOOTTORI HÖYRYNUOHAIN 4 (HÖYRYSTIN 2)
BIHCB10BN005	KÄYTTÖMOOTTORI HÖYRYNUOHAIN 1 (EKONOMAISERI 2)
BIHCB10BN006	KÄYTTÖMOOTTORI HÖYRYNUOHAIN 1 (EKONOMAISERI 1)
	BE9 NUOHOUS
KOODI	NIMI
	ÄÄNINUOHAIN (PNEUMAATTINEN)
	BP5 PUHALTIMET
KOODI	NIMI
BIHLB10AN001	PRIMÄÄRIPUHALLIN
BIHLB20AN001	SEKUNDÄÄRIPUHALLIN
BIHNF10AN001	KIERTOKAASUPUHALLIN
BIHNC10AN001	SAVUKAASUPUHALLIN
BIHBK10AP001	ARINAHYDRAULIIKKA
	BE9 PUHALTIMET
KOODI	NIMI
B1HLB10AN001	PRIMÄÄRIPUHALLIN
B2HLB20AN001	SEKUNDÄÄRIPUHALLIN
B2HNF10AN001	KIERTOKAASUPUHALLIN
B2HNC10AN001	SAVUKAASUPUHALLIN
B2HBK10AP001	ARINAHYDRAULIIKKA
	SYÖTTÖVESI
KOODI	NIMI
BIGHB82AP001	LISÄVESIPUMPPU 1
BIGHB84AP001	LISÄVESIPUMPPU 2
BICCA10AP001	LAUHDEPUMPPU 1
BICCA20AP001	LAUHDEPUMPPU 2
BILAB10AP001	SYÖTTÖVESIPUMPPU 1
BILAB20AP001	SYÖTTÖVESIPUMPPU 2
BIQLA40AP001	KEMIKAALIPUMPPU
BIQLA50AP001	FOSFAATTIPUMPPU
	KL-VERKKO
KOODI	NIMI
B2POR47PI	POR 4,7 MW KIERTOPUMPPU
BINDL10AP001	KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ KIERTOPUMPPU 1
BINDL20AP001	KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ KIERTOPUMPPU 2
BINDP20AP001	KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ PAINEENPITOPUMPPU 1
BINDP30AP001	KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ PAINEENPITOPUMPPU 2
BINDC10AP001	KUUMAVESIJÄRJESTELMÄN KIERTOPUMPPU 1
BINDC20AP001	KUUMAVESIJÄRJESTELMÄN KIERTOPUMPPU 2
BINDC30AP001	KUUMAVESIJÄRJESTELMÄN KIERTOPUMPPU 3
BINDK20AP001	KUUMAVESIJÄRJESTELMÄN PAINEENPITOPUMPPU 1
BINDK30AP001	KUUMAVESIJÄRJESTELMÄN PAINEENPITOPUMPPU 2

	VARAKATTILAT
KOODI	NIMI
B1NDA71AP001	SHUNTTIPUMPPU (POR4,7)
B1NDA81AP001	SHUNTTIPUMPPU (POR12)
	KONEIKKO
	PAINEILMA
KOODI	NIMI
	KOMPRESSORI 1
	KOMPRESSORI 2
	TURBIINI JA GENERAATTORI
KOODI	NIMI
	GENERAATTORI
	TURBIINI
	VARAVOIMAGENERAATTORI



## Liite 3. Voimalaitoksen ennakkohuoltosuunnitelma

LAITE / JÄRJESTELMÄ	TEHTÄVÄT	SEISOKKIA VAATIVAA HUOLTOVÄLI	KÄYNNIN AIKAINEN HUOLTOVÄLI	KÄYTTÄJÄ SUORITTAAN
Varavoimakone 400 kVA / 320kW	Koekäynnistys Ilmansuodattimien vaihto Polttoainesuodattimien vaihto		1 vk 1 v 2 v	X
Paineilmajärjestelmä 2 x KAESER SX6 Vedenerottimet	Vedenerottimien tarkastus / tyhjennys		1 vk	X
Generaattori AVK 3687 kVA 6000V, 355A	Ilmansuodattimien vaihto Sisäpuolinen puhdistus Värähtelymittaukset Paine- ja lämpötilamittausten kalibrointi Suojareleiden ja magnetoinnin tarkastus Akseliinjauksen tarkastus Laakerointi Rasvaus	6 kk 1 v  1 v 3 v 2 v 5 v	3 kk  1 kk	X
Turbiini+ varo- ja apulaitteet	Avaava huolto Värähtelymittaukset Pikasulkuventtiilin tarkastus Ylikierrossuojan toiminnan tarkastus Paine- ja lämpötilamittausten kalibrointi Säätöjen ja suojauksen tarkastus sekä asetukset ohjearvoihin Akseliinjauksen tarkastus Rasvaus Öljynlauduttimen puhdistus / kesäaikaan	5 v  3 v 1 v 1 v 1 v 2 v	3 kk     1 kk 1 kk	X X
Prosessin moottorikäytöt	Aistinvarainen tarkastus & puhdistus Värähtelymittaukset Voitelut erillisen ohjelman mukaan		2 kk 3 kk 2 kk	X X
Sivuvirtausuodatin (kuumavesikierto)	Pesu		2 vk	X
RO-Laite	Kalvojen huuhtelupesä		1 vk	X
BP5-Stoker	Rasvaus Ruuvien tarkastus	1v	1 vk	X
BP5-Arinahydrauliikkakoneikko	Aistinvarainen tarkastus (öljyn määrä, suodattimet, vuodot yms.) Arinavivustojen rasvaus		1 vk 1 vk	X X
BP5 kattila ja arina	Tarkastus ja puhdistus. Arinan laakerien kunto.	1v		
BE9-Stoker	Rasvaus Ruuvien tarkastus	1v	1 vk	X
BE9-Arinahydrauliikkakoneikko	Aistinvarainen tarkastus (öljyn määrä, suodattimet, vuodot yms.) Arinavivustojen rasvaus		1 vk 1 vk	X X
BE9-kääntökammio	Puhdistus		1 kk	X
BE9 kattila ja arina	Tarkastus ja puhdistus. Arinan laakerien kunto.	1v		

MB1-suodatin	Massojen vaihto		1 kk	X
MB2-suodatin	Massojen vaihto		1 kk	X
Kationsuodatin (kylläinen höyry)	Vaihto		1 kk	X
Kationsuodatin (tulistettu höyry)	Vaihto		1 kk	X
Kationsuodatin (lauhde)	Vaihto		1 kk	X
Kuljettimet (tuhkapuoli)	Rasvaus Aistinvarainen tarkastus & ketjujen kireys Pohjien, ketjujen, ketjupyörien, kolien, ruuvien kunto, kuluneisuus, kiinnitykset, kireys	1v	1 kk 1 kk	X X
Kuljettimet (polttoaine)	Rasvaus Aistinvarainen tarkastus & ketjujen kireys Pohjien, ketjujen, ketjupyörien, kolien, ruuvien kunto, kuluneisuus, kiinnitykset, kireys	1v	1 kk 1 kk	X X
Tankopurkaimet	Syinterit (voitelu, vuodot, kiinnitykset) Hydrauliikkakoneikko (öljyn määrä, suodattimet, vuodot, kiinnitykset) Pohjien kunto	1v	1 kk 1 kk	X X
Ääninuohoin BE9	Voitelu ja tarkastus		1 kk	X
BP5 Nuohoimet (6kpl)	Voitelu ja tarkastus		1 kk	X
Syöttövesipumput	Voitelu ja aistinvarainen tarkastus Koekäyttö Tarkastus. Laakeroinnit ja tiivisteiden vaihto tarvittaessa Värähtelymittaukset	1v	1 kk 1 kk 3 kk	X X
Pumput (ki-verkko)	Voitelu ja aistinvarainen tarkastus Koekäyttö Tarkastus. Laakeroinnit ja tiivisteiden vaihto tarvittaessa Värähtelymittaukset	1v	1 kk 1 kk 3 kk	X X
Varakattilat				
Kiertopumput	Voitelu, käyntiääni, vuodot, öljynpaine		1 kk	X
Polttimet	Voitelu, suodattimet, öljynpaine		1 kk	X
Oilon Hotbox	Suodattimet, voitelu, vuodot		1 kk	X
BP5-puhallimet	Voitelu ja aistinvarainen tarkastus Siipipyörien puhdistus / kunnan tarkastus Laakeroinnit, tasapainotukset, tiivisteiden vaihto Värähtelymittaukset	1v 1v	1 kk 3 kk	X
BE9-puhallimet	Voitelu ja aistinvarainen tarkastus Siipipyörien puhdistus / kunnan tarkastus Laakeroinnit, tasapainotukset, tiivisteiden vaihto Värähtelymittaukset	1v 1v	1 kk 3 kk	X
Vaihteet	Öljyjen tarkastus ja vaihto tarvittaessa	1v		