



# Haihduuttamoiden kriittisyys- luokittelutarkastelu ja päivitys- suositukset

Stora Enso Oyj Imatran tehtaat

Eetu Hatakka

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2024

Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Koneautomaatio

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Koneautomaatio

HATAKKA, EETU:

Haihduuttamoiden kriittisyysluokittelutarkastelu ja päivityssuosituks  
Stora Enso Oyj

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Huhtikuu 2024

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli päivittää Stora Enso Imatran tehtaiden haihduttamoiden toimintapaikkojen kriittisyysluokittelua. Tehtävinä oli laatia kriittisyysluokittelu ja riskiluku päivittämättömille toimintapaikoille. Tämän luokittelun pohjalta laadittiin vaihtotarpeessa oleville toimilaitteille tärkeysjärjestys.

Kriittisyysluokittelu pohjautui PSK 6800 -standardiin ja yrityksen omaan kriittisyysluokitteluohjeistukseen. Toimipaikat ja niiden laitteiston kriittisyysluokitus tallioitiin standardin taulukkopohjaan.

Työssä on esitelty haihduttamoprosessi yleisesti, kunnossapidon merkitys, kriittisyysluokittelun toimintaperiaate, sekä lopuksi työn tulokset ja arviointi. Työssä on käytetty havainnollistavia kuvia, sekä on kerrottu toimintatapoja kirjallisesti.

Työn tuloksena saatiin laadittua haihduttamoiden päivitetty kriittisyysluokitteluai-neisto, sekä riskilukuarviointi. Lisäksi osaan haihduttamoiden toimintapaikkojen päivittämistarpeessa oleviin laitteistoihin saatiin päivittämissjärjestys tulosten avulla. Tuloksia voidaan hyödyntää yrityksen kunnossapitosuunnitelmien laatimiseen ja toiminnan luotettavuuden arvioimiseen.

## **ABSTRACT**

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

HATAKKA, EETU:  
Criticality Classification for Evaporation Plants and Update Recommendations  
Stora Enso Oyj

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 0 pages  
April 2024

---

The purpose of this thesis was to update the criticality analysis for evaporation plant's function location of Stora Enso Imatra mills. The main tasks were to make a list of criticality analysis and risk factor evaluation for unupdated actuator locations. The order of priority for the need of replace actuators was made using the analysis results.

The criticality analysis was based on the PSK 6800 standard and the company's own criticality analysis instructions. The criticality analysis results of function locations and actuators were saved to the table of the standard.

The thesis explained the evaporation process in general, the importance of maintenance, the principle of criticality analysis and in the end, the thesis results and evaluation. To provide reader a better understanding, pictures were added, and the methods were explained.

The result of the work was a list of updated criticality analysis and risk factor evaluation of the evaporation plants. The actuator replacement priority list was made using the criticality analysis results. These results can be used to plan the maintenance tasks and evaluate the reliability of actions.

---

Key words: criticality analysis, evaporation plant, maintenance

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TYÖN TARKOITUS JA TOIMEKSIANTAJAYRITYS .....	7
	2.1 Stora Enso Oyj .....	7
	2.2 Työn tausta .....	8
	2.3 Työn tarkoitus.....	8
	2.4 Tutkimusmenetelmä.....	9
3	HAIHDUTTAMO.....	11
	3.1 Haihduttamo yleisesti .....	11
	3.2 Haihduttamon tehtävät .....	12
	3.3 Haihduttamon rakenne .....	12
	3.4 Monivaiheinen sarjahaihdutin.....	13
4	KUNNOSSAPITO .....	15
	4.1 Tuotantolaitoksen hoitaminen .....	15
	4.2 Kunnossapitolajit .....	16
	4.2.1 Suunniteltu kunnossapito .....	17
	4.2.2 Suunnittelematon kunnossapito.....	18
	4.3 Kunnossapitoon liittyvät kustannukset .....	19
	4.3.1 Välittömät kustannukset .....	19
	4.3.2 Välilliset kustannukset .....	20
	4.3.3 Aineettomat kustannukset .....	20
	4.3.4 Elinjaksokustannukset.....	20
	4.4 Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä .....	21
5	RCM – LUOTETTAVUUSKESKEINEN KUNNOSSAPITO .....	22
	5.1 Määritelmä .....	22
	5.2 RCM-prosessin toiminta .....	22
	5.3 RCM-prosessin saavutettavat asiat.....	23
6	KRIITTISYYSLUOKITELU JA PSK 6800 -STANDARDI .....	25
7	KRIITTISYYSLUOKITTELU STORA ENSOLLA .....	27
	7.1 Yleistä tietoa .....	27
	7.2 Kriittisyysluokitusprosessi .....	27
	7.3 Riskiluku ja dokumentointi.....	30
8	TYÖN TOTEUTUS.....	32
	8.1 Lähtötiedot .....	32
	8.2 Työn kulku.....	32
	8.3 Lopputulokset.....	36
	8.4 Tulosten luotettavuuden arviointi.....	38

8.5 Tulosten eettisyys .....	40
9 POHDINTA .....	41
LÄHTEET .....	43

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella ja arvioida Stora Enso Oyj Imatran tehtaiden voimalaitosalueen haihduttamoiden toiminnan kannalta kaikista kriittisimpiä toimintopaikkoja, eli A-kriittisten toimintopaikkojen toimintaa ja luotettavuutta. Tarkastelun ja arvioinnin tavoitteena on parantaa haihduttamoiden prosessin luotettavuutta, käyntivarmuutta, sekä luoda perusta ennakkohuoltojen suunnittelulle. Tarkastelulla halutaan ennaltaehkäistä suunnittelemattomia kunnossapitotöitä, kuten häiriökorjauksia ja tehdasseisokkeja.

Opinnäytetyö esittelee toimeksiantajayrityksen, antaa pohjustuksen työn tarkoitukselle ja antaa yleiskäsityksen haihduttamoprosessin toiminnasta ja merkityksestä. Lisäksi työssä käsitellään kunnossapitoa, kriittisyysluokitusprosessia ja työssä käytettyjä menetelmiä.

Tarve kriittisyystarkastelulle syntyi, kun voimalaitoksen aikaisempia kriittisyystarkasteluja haluttiin päivittää ja tarkastella uudelleen. Kriittisyysluokittelua on laadittu aikaisemmin, mutta kaikkia tietoja ei ole päivitetty SAP-toiminnanohjausjärjestelmään. Lisäksi osaan toimintopaikkojen laitteistosta on tarve määrittää riskiluvut. Päivittämisessä on noudatettu PSK 6800 -standardin mukaista menetelmää. Voimalaitosalueelle on aikaisemmin laadittu luettelot kriittisimmistä toimintopaikoista Excel-tiedostoihin. SAP-järjestelmässä olevien tietojen pohjalta tehdään laitteiden kartoitus ja kriittisyysluokittelun päivittäminen standardin mukaiseen Excel-taulukkopohjaan.

## 2 TYÖN TARKOITUS JA TOIMEKSIANTAJAYRITYS

### 2.1 Stora Enso Oyj

Stora Enso Oyj syntyi vuonna 1998, kun ruotsalainen Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag (STORA) ja suomalainen Enso Oyj fuusioituivat (Stora Enso Oyj 2023a). Stora Enso on pakkaus-, biomateriaali- ja puuteollisuuden uusiutuvien tuotteiden maailmanlaajuinen toimittaja osana biotaloutta. Stora Enso on myös yksi maailman suurimmista yksityisistä metsänomistajista. Yhtiö keskittyy tulevaisuudessa kaikkiin uusiutuviin materiaaleihin perustanaan metsä ja puu. (Stora Enso Oyj 2023b.)

Stora Enso Imatran tehtaiden tehdasintegraatti koostuu Kaukopään ja Tainionkosken tehdasalueista. Imatran tehtaat on yksi maailman suurimmista kuluttajakartonkitehtaista, mutta sen muita tuotteita ovat polymeeripäällystetyt kartongit ja sellu. Sen tuotannosta yli 90 % viedään Eurooppaan ja Kaakkois-Aasiaan. Kuvassa 1 Imatran tehtaiden Kaukopään tehdasalue. (Stora Enso Oyj 2023c.)



KUVA 1. Kaukopään tehdas (Stora Enso 2023c.)

Kaukopään sulfaattisellutehtaan alueeseen kuuluvat puunkäsittelylaitos, veden käsittelylaitos, talteenottolaitos, voima- ja soodakattilat, haihduttamot, valkoliipeän valmistamisen laitos, sekä sellu- ja kuitulinjat.

## **2.2 Työn tausta**

Toimivan tuotantolaitoksen taustalla ovat luotettavat ja toimivat prosessilaitteistot, huolto- ja kunnossapitotoimet, optimaalisen prosessin käyttötyylin valitseminen, sekä suunnitelmallisuus. Turvallisen työympäristön, kustannustehokkuuden ja laitteiston toimivuuteen luottaminen ovat keskeisessä osassa laadukkaan tuotteen valmistuksessa.

Nykyisessä tilanteessa haihduttamoprosessin laitteiston luotettavuutta heikentää puutteelliset ja päivittämättömät tiedot laitteiston kriittisyydestä, sekä sen vaikutukset vikaantumistilanteessa. Lisäksi nykyiset tiedot ovat puutteelliset huoltosuunnitelmia laatiessa, joka luo enemmän suunnittelu- ja selvitystyötä.

## **2.3 Työn tarkoitus**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda kriittisyysluokittelutarkastelu haihduttamoiden toimintopaikoille hyödyntäen PSK 6800 -standardia, päivittää laitteistojen tiedot ajantasaiseksi, sekä antaa laitteistolle päivityssuosituksia ja vaihtojärjestys perustuen niiden kuntoon, toiminnallisuuteen ja kriittisyysluokittelun tuloksiin.

Tavoitteena on saada kriittisyystarkastelun avulla luotua päivitetty listaus toimintopaikkojen kriittisyys- ja riskiluvuista, jotta ne voidaan päivittää pääkäyttäjän toimesta SAP-toiminnanohjausjärjestelmään. Saatujen listausten avulla määritetään vaihtojärjestys vaihtotarpeessa oleville toimilaitteille.

Näiden tietojen pohjalta tutkimuskysymyksiksi asetetaan:

1. Mitkä ovat haihduttamoprosessien kriittisimmät laitteistot?
2. Mitkä ovat kriittisten laitteistojen riippuvuudet toisistaan?
3. Mikä taloudellinen merkitys laitteistolla on?

Listan ensimmäinen kysymys toimii päätutkimuskysymyksenä ja sen avulla tarkastellaan ja haetaan vastauksia muihin kysymyksiin. Työn todellisia tuloksia käsitellään vain yleisellä tasolla, jotta tarkat taloudelliset vaikutukset eivät tule julki.

## 2.4 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmää valittaessa huomioidaan seuraavia tekijöitä:

- työn tavoitteet
- tutkimuskysymys
- resurssit
- olemassa oleva tieto. (Kananen 2008, 10–11.)

Asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi ja tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi valitaan tutkimusmenetelmäksi kvantitatiivinen kehittämistutkimus. Kvantitatiivisen tutkimusmenetelmän lähtökohtana on tutkimusongelma, johon haetaan ratkaisua hyödyntämällä olemassa olevaa tietoa. Tarvittavan tiedon hakeminen ja keräämistapa tulee määritellä. (Kananen 2008, 11.)

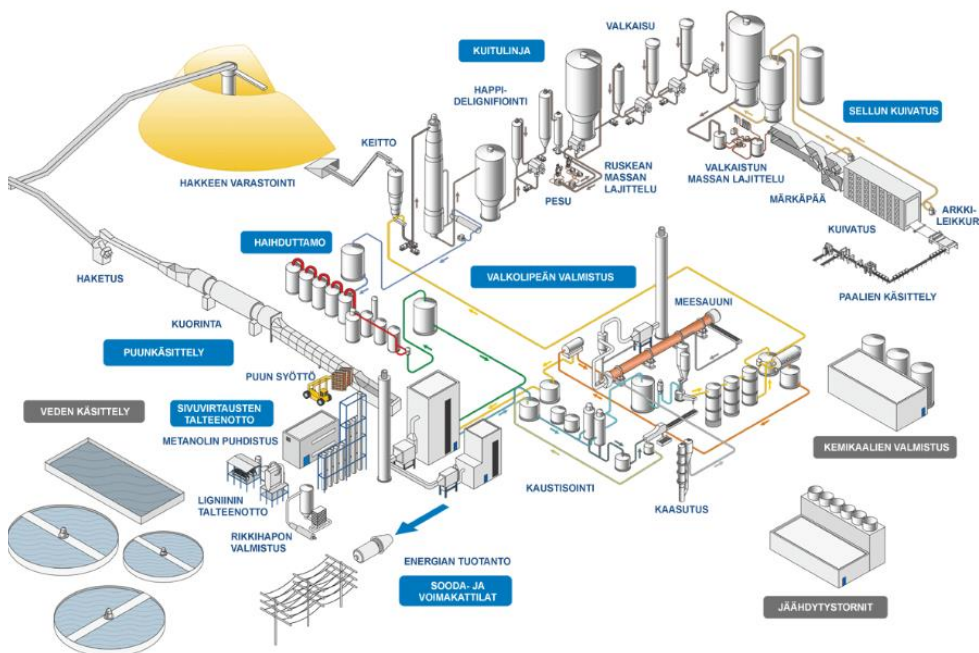
Opinnäytetyössä ongelman ratkaisuun on olemassa valmis menetelmä, jolla voidaan hakea ratkaisua tutkimusongelmaan. Näitä menetelmiä ovat valmiiksi luotu PSK 6800 -standardi, jota noudattamalla saadaan laadittua luotettavan menetelmän kautta ratkaisu ongelmaan. Lisäksi toimeksiantajayrityksellä on valmiita aineistoja, joita voidaan ja tullaan hyödyntämään työn aikana. Suuren aineiston ja tutkittavan laitteiston määrän vuoksi suositetaan työssä enemmän määrällistä, kuin laadullista tutkimusmenetelmää säästääkseen aikaa ja muita resursseja. Muita työssä käytettäviä menetelmiä ovat palaverien muodossa ryhmäkeskustelut, työryhmän kanssa yhteinen arviointi standardin ohjeistuksen mukaisesti, sekä henkilökohtainen havainnointi.

Kvantitatiivisessa tutkimustyössä työn luotettavuutta tulee arvioida. Arvioimisessa käytetään apuna validiteetti- ja reliabiliteettikysymyksiä. (Kananen 2008, 79.) Aineistojen arviointia käydään läpi teoriaosuudessa ja työn lopputuloksien yhteydessä.

### 3 HAIHDUTTAMO

#### 3.1 Haihduttamo yleisesti

Paperin ja kartongin valmistuksessa käytetään pääsääntöisesti sulfaattisellutehtaan mukaista menetelmää. Kuvassa 2 on havainnollistettuna sulfaattisellutehtaan prosessikaaviossa kemikaalikiertoprosessi. Kuorimon ja haketuksen kautta tuleva puuaines tuodaan keittämöön, jossa on tarkoitus liuottaa puun sidosaine ligniini. Liuennut ligniini sekoitetaan keittonesteeseen ja muodostaa näin nk. mustalipeää. Mustalipeää pestään pois puumassasta ja jäljelle jäävä keitoneste ja mustalipeäsekoitus (heikkomustalipeä) syötetään haihduttamolle. Haihduttamalla heikkomustalipeästä haihdutetaan vaiheittain vettä pois, jolloin jäljelle jää vahvamustalipeää. (Huhtinen 2000, 75.)



KUVA 2. Sulfaattisellutehtaan prosessikaavio (KnowPulp 2023a.)

Haihduttamoon syötetty heikkomustalipeä lämmitetään epäsuorasti lämmönvaihtimen välityksellä painetta vastaavaan kiehumislämpötilaan, jonka tuloksena prosessista jää jäljelle lipeän korkeampi kuiva-ainepitoisuus. Haihdutuksessa syntyy sivutuotteena lauhdehöyryä, jota hyödynnetään sarjaan kytketyn haihdutinsarjan muissa osissa lämmittävänä höyrynä. Tämä pienentää energiankulutusta merkittävästi. (Huhtinen 2000, 76.)

### 3.2 Haihduttamon tehtävät

Haihduttamon päätehtävänä on poistaa vettä mustalipeästä sekä siihen lisättävistä lisävirroista. Heikkomustalipeä siirtyy haihduttamolle noin 15–16 %:n kuiva-ainepitoisuudella, josta haihdutettava vesimäärä on 8–10 kuutiota tonnisekunnissa. Haihduttamon hyvä toiminta edellyttää myös sekundäärilauhteen mahdollisimman puhdasta talteenottoa soodakattilaan syötettävän vahvamustalipeän lisäksi. (KnowPulp 2023a.)

Vedenhaihdutuksen lisäksi haihduttamon toinen tärkeä tehtävä on syntyvien sivutuotteiden talteenotto. Tärkeimmät sivutuotteet ovat metanoli, tärpätti ja koivu- ja mäntysuopa. (KnowPulp 2023a.)

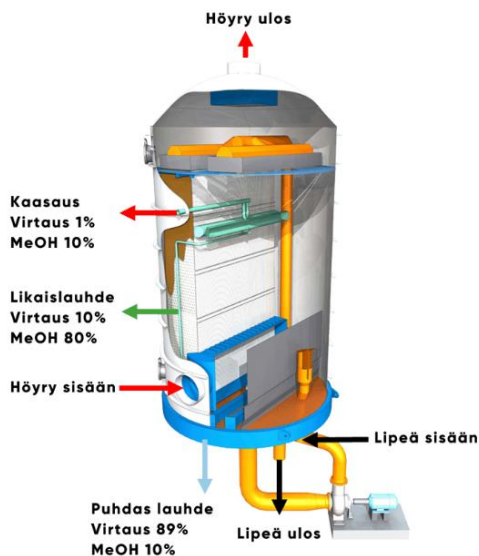
### 3.3 Haihduttamon rakenne

Kuvassa 3 on havainnollistettuna haihduttimen periaatteellinen toiminta. Veden haihduttamiseen tarvittava lämpö otetaan lauhtuvasta höyrystä monivaiheisessa sarjahaihdutimessa. Tehokkaan lämmönsiirron säilyttämiseksi heikosti lauhtuvat yhdisteet johdetaan pois lauhtuvalta puolelta. Näitä yhdisteitä kutsutaan kaa-saukseksi. Jos haihduttamattomia yhdisteitä jää haihduttimeen, lopputuloksena on haihduttimen tukahtuminen ja lämmönsiirron loppuminen. (KnowPulp 2023b.)

Haihdutuskapasiteettiin ja hyvään haihdutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat

- lämpöpinnan suuruus
- lämmönsiirtokyky
- lauhdehöyryn ja mustalipeän välinen tehollinen lämpötilaero. (KnowPulp 2023b.)

## Alasyöttöinen haihdutinyksikkö



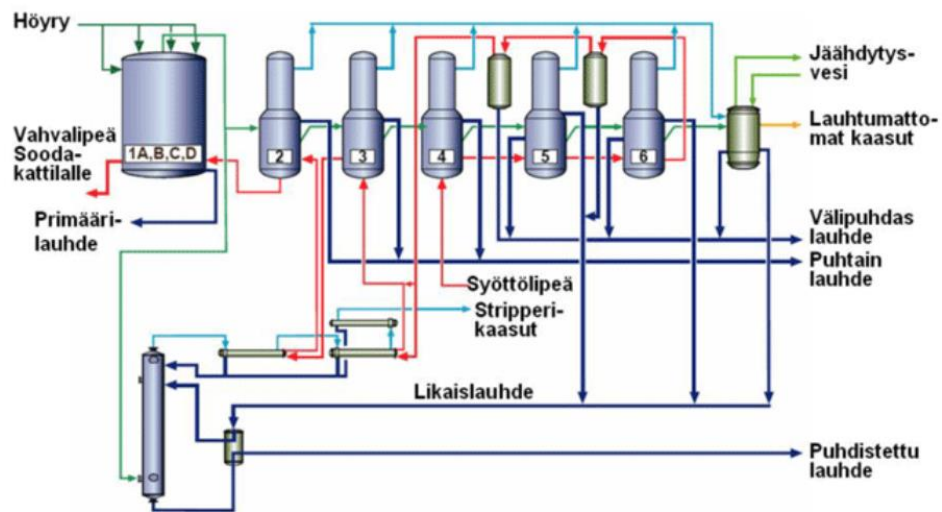
KUVA 3. Alasyöttöinen haihdutinyksikkö (KnowPulp 2023b.)

### 3.4 Monivaiheinen sarjahaihdutin

Stora Enson Imatran tehtailla on käytössä kaksi monivaihehaihduttamoita. Näissä monivaihehaihduttamoissa tyypillisesti primäärihöyryn lämpöä käytetään sarjassa moneen kertaan veden haihduttamiseksi. Ensimmäisessä vaiheessa vapautunutta höyryä käytetään lämmittämään vettä matalammassa paineessa ja lämpötilassa toimivassa vaiheessa. Kuvassa 4 on havainnollistettuna monivaihehaihdutinjärjestelmä. (KnowPulp 2023c.)

Vaiheitten numerointi perustuu käyttöhöyryn kulun mukaiseen järjestykseen. Lipeää haihdutetaan numerointia käänteisessä järjestyksessä ja höyryä syötetään numerojärjestyksen mukaisesti. Viimeisessä vaiheessa tuotettu höyry jäähdyytetään jäähdytysveden avulla pintalauhduttimessa eli tyhjiölauhduttimessa. Tarvitavien haihduttimien lukumäärän ratkaisee käytettävissä oleva höyryn määrä, hinta ja investointikustannukset. (KnowPulp 2023c.)

## Tyypillinen 6-vaiheinen mustalipeähaihduttamo



KUVA 4. Monivaihehaihdutinprosessi (KnowPulp 2023c.)

## 4 KUNNOSSAPITO

### 4.1 Tuotantolaitoksen hoitaminen

Perinteisesti valmistusprosessin toimintakunnosta on huolehdittu tekemällä kunnossapitoa, joka on useasti korjaavaa kunnossapitoa. Teollisuuden näkökulmasta tuotanto-omaisuuden päätavoitteina ovat ainakin neljä osatavoitetta:

- tuotantokapasiteetin kehittäminen ja käytön johtaminen
- ympäristö- ja työturvallisuus
- tuotanto-omaisuuden hoitaminen
- logistiikan hallinta (Järviö 2012, 14.)

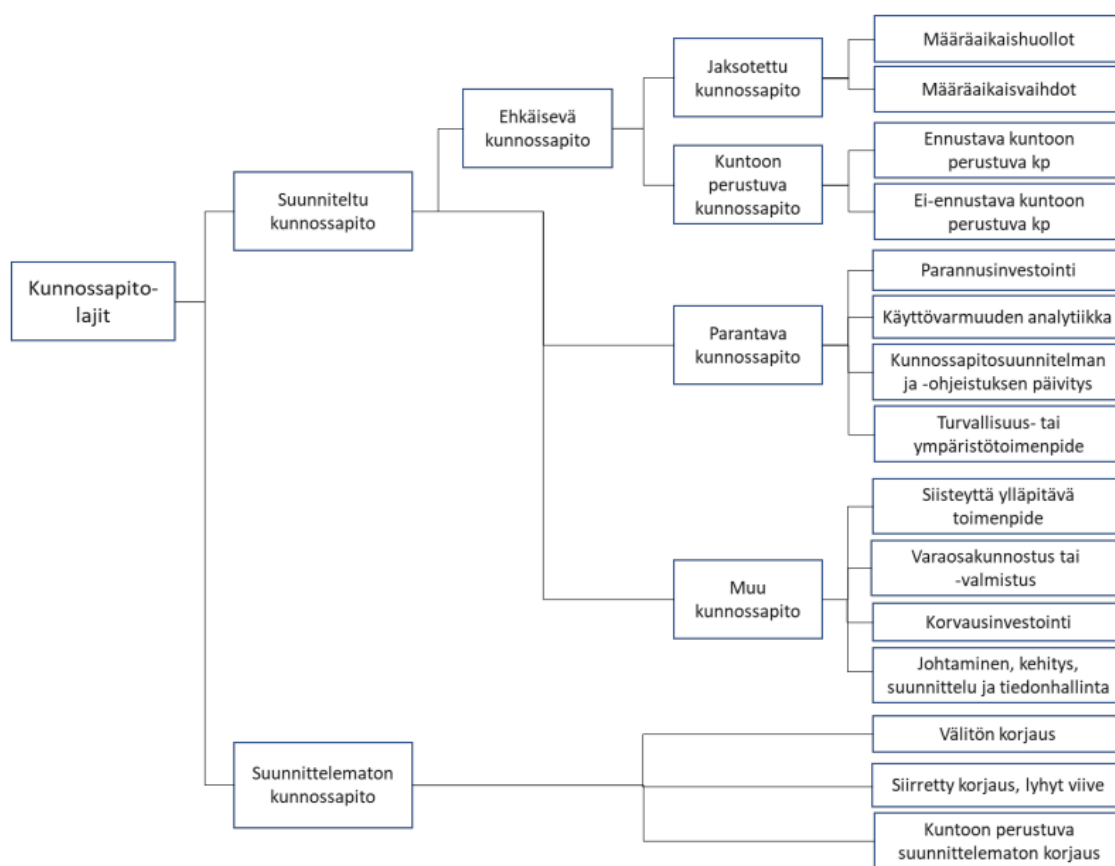
Tuotanto-omaisuuden hoitaminen voidaan jakaa vielä toimivuuden parantamiseen ja toimintakunnosta huolehtimiseen. Tässä työssä keskitytään pääasiassa toimintakunnan huolehtimisen osioon. Proaktiivisiksi toiminnoiksi lasketaan päivittäinen käyttäminen, kunnonvalvonta, ennakoiva ja ehkäisevä kunnossapito. Proaktiivisia toimintoja voidaan suunnitella ja aikatauluttaa. Reagoivaksi toiminnaksi lasketaan korjaava kunnossapito. Reagoivia toimintoja voidaan tehdä vasta vikaantumisen ilmettyä tai viivästetysti. Lisäksi korjaavassa kunnossapidossa kustannukset voivat olla kokonaiskustannuksiltaan yli kymmenen kertaa kalliimpaa kuin proaktiivisen tuotanto-omaisuuden hoitaminen. (Järviö 2012, 15.)

Yritysten tekemät laitehankinnat ja investoinnit tuotantoprosessiin kuluvat ja rikoontuvat ajansaatossa. Tuotanto-omaisuuden oikealla hoitamisella voidaan parantaa koneiden ja laitteiden kuntoa ja toimintavarmuutta. Yleisesti kunnossapito vastaa vaativista toimenpiteistä, korjauksista ja kunnonvalvonnasta. Tuotanto- ja käyttöhenkilöstö vastaa asianmukaisesta ja ammattitaitoisesta laitteiden käytämisestä, sekä koneiden toimintakunnan valvomisesta. (Järviö 2012, 17.)

## 4.2 Kunnossapitolajit

Tehokkaan johtamisen saavuttamiseksi tuotanto-omaisuuden tekemisen jaottelu eri lajeiksi on järkevintä ja jakojen avulla voidaan seurata kunnossapidon tehokkuutta vertailemalla sitä erilaisiin työlajeihin. (Järviö 2012, 46.)

Jaottelu on erilaista kunnossapitostandardien kesken. Kunnossapidon määritelmänä käytetään tässä työssä standardia PSK 6201. PSK 6201 -standardissa kunnossapidon lajit jaetaan suunniteltuihin ja suunnittelemattomiin kunnossapitotöihin. Kuviossa 1 on eriteltyä PSK 6201 -standardin kunnossapitolajit.



KUVIO 1. Kunnossapitolajien luokittelu (PSK 6201 2022, 40.)

### 4.2.1 Suunniteltu kunnossapito

Suunniteltu kunnossapito on käytännössä ennaltaehkäisevää kunnossapitoa. Kunnossapidon ennaltaehkäisevässä toiminnassa seurataan koneen tai laitteen suorituskykyä tai sen parametreja. Tällä toiminnalla pyritään vähentämään vikaantumisen todennäköisyyttä tai koneen/komponentin toimintakyvyn heikkene- mistä. Ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä eli aikataulutettua, jatkuvaa tai siten, että sitä tehdään vaadittaessa. Koneen tai osion mittausten perusteella voi- daan suunnitella tulevat kunnossapitotyöt ja aikatauluttaa ne sopiviin ajankohtiin. Ehkäisevää kunnossapitoa ovat:

- tarkastaminen
- kuntoon perustuva kunnossapito (kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunnittelu)
- määräystenmukaisuuden toteaminen
- testaaminen tai toimintakunnon toteaminen
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi. (Järviö 2012, 50.)

Suunniteltu kunnossapito on määritelty PSK 6201 -standardissa kuntoon perus- tuvaksi kunnossapidoksi. Tämä tarkoittaa kohteen kunnon toistuvaa seuraamista määräajoin ja sen perusteella tehtäviin toimenpiteisiin. Kuntoon perustuvan kun- nossapidon avulla pyritään havaitsemaan ongelmia ja reagoimalla niihin ennen vikaantumista. Täten pystytään siirtämään välittömiä suunnittelemattomia kor- jauksia suunnitelluiksi korjauksiksi ja huoltotoimenpiteiksi. (PSK 6201 2022, 29.)

## 4.2.2 Suunnittelematon kunnossapito

Suunnittelemattomassa kunnossapidossa eli korjaavassa kunnossapidossa viikaantuva komponentti palautetaan käyttökuntoon. Korjaavassa kunnossapidossa komponentin elinaika voidaan laskea suoritusaikojen avulla. Korjaava kunnossapito on pääsääntöisesti häiriökorjausta, mutta voi myös olla suunniteltua kunnostamista. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät:

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- toimintakuntoon palauttaminen
- korjaus tai väliaikainen korjaus
- vian paikallistaminen. (Järviö 2012, 51.)

PSK 6201 -standardi määrittelee korjaavan kunnossapidon vian tai muun poikkeaman havaitsemisen jälkeen siten, että kohde palautetaan tilaan, jossa se toteuttaa vaaditun toiminnon. (PSK 6201 2022, 27.)

Välittömät korjaukset kuuluvat suunnittelemattomaan kunnossapitoon. Välittömien korjausten tekemiseen voi liittyä viiveitä, tai niitä ei havaita välittömästi. Välittömiä korjaustarpeita ei joko pystytä, ehditä tai valmistella, jolloin korjaukset tulevat yllätyksenä ja tuovat korjaukseen viivettä. (PSK 6201 2022, 27.)

Kuntoon perustuvat suunnittelemattomat korjaukset ovat sellaisia, joita ei suoriteta välittömästi poikkeuksen havaitsemisen jälkeen, ja jonka suoritus pystytään valmistella ja siirtää tehtäväksi ennen suunniteltua seisokkihuoltoa. (PSK 6201 2022, 29.)

### 4.3 Kunnossapitoon liittyvät kustannukset

PSK 6201 -standardi määrittelee kunnossapidon tehokkuuden ja kustannukset siten, että pystytään arvioimaan optimaalisesti epäkäytettävyyuskustannukset, käytettävyys, kustannustehokkuus ja tuotannon kokonaistehokkuus. Tämän lisäksi tehokkuutta voidaan arvioida alihankintatyön ja oman kunnossapitomateriaalin kulutuksella. (PSK 6201, 15.)

Kustannukset voidaan tavanomaisesti jaotella teollisuuden kunnossapidossa välittömiin ja välillisiin kustannuksiin. Lisäksi voidaan esittää aineettomat menetykset ja kustannukset. (Järviö 2012, 180.)

#### 4.3.1 Välittömät kustannukset

Tavanomaiset välittömät kustannukset kattavat toiminnan tekemisestä koituvat kustannukset, jotka voidaan todeta johtuvan suoraan kunnossapidon tekemisestä. Välittömissä kustannuksissa on se etu, että niitä on helppo mitata ja vaikutus tulokseen on pienempi. Tätä voidaan hyödyntää, kun esitetään kustannussäästöjä. Tällaisia kustannuksia ovat:

- varastointikustannukset
- alihankinta ja ulkopuolisten työt
- kunnossapidon yleiskustannukset, kuten hallinto-, kiinteistö- ja varastointikulut
- kunnossapito-organisaation työkustannukset
- hankintakustannukset. (Järviö 2012, 180.)

### 4.3.2 Välilliset kustannukset

Välilliset kustannukset ovat suuremmat kuin välittömät. Niiden vaikutus koko toimintaan on suuri ja niitä on vaikeampi mitata. Keskittämällä säästötoimet välillisiin kustannuksiin voidaan saavuttaa säästöjä, joiden määrä on usein suurempi kuin välittömissä kustannuksissa, joka on hyvä huomata kustannussäästöjä esittäessä. Välillisiä kustannuksia ovat esimerkiksi:

- työn uudelleen tekeminen
- epäsuhtaiset varastot
- epäsuhtainen rahoitusomaisuus
- ylityökustannukset
- tuotannonsuunnittelun lisäkustannukset
- hylkäys tai huono laatu. (Järviö 2012, 180–181.)

### 4.3.3 Aineettomat kustannukset

Yleisesti aineettomat kustannukset aiheutuvat huonolaatuisesta toiminnasta. Tällaisia toimintoja ovat turvallisuus, motivaatio, mainehaitta ja yleisesti esiin tulleet myyntipuolen ongelmat. Vaikka aineettomat kustannukset eivät suoraan heijastuisi kunnossapitoon, niin ne vaikuttavat yrityksen kilpailukykyyn. (Järviö 2012, 181.)

### 4.3.4 Elinjaksokustannukset

Käytettävien laitteiden elinjaksioon liittyvät kustannukset aiheutuvat pitkälti koneen tai laitteen hankinnasta, asennuksesta ja käytön aikana kunnossapidosta. Koneen tai laitteen elinkaareen liittyvät syvällisemmät kustannukset ovat laskettavissa summakaavalla, investointi-, käyttö-, kunnossapito- ja epäkäytettävyyskustannusten kaavoilla. (Järviö 2012, 182–185.)

#### 4.4 Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä

Yrityksen resurssien suunnittelulla, eli ERP (Enterprise Resource Planning), tarkoitetaan tietojärjestelmiä, jotka ohjaavat yrityksen toimintaa. Toiminnanohjausjärjestelmän sisälle on rakennettu yhteinen tietokanta, jota kaikki eri toiminnot käyttävät. Tietokantaan kuuluvat esimerkiksi henkilöstö-, talous-, huolto-, tuotanto-, tilaus-, ja materiaali- ja varastohallinta. Tietokantaan voidaan yhdistää täydentäviä järjestelmiä, kuten SAP ja MES. (Logistiikan maailma, 2023.)

Toiminnanohjausjärjestelmä mahdollistaa yhteisen ajantasaisen tiedon käsittelyn ja hyödyntämisen koko organisaatiossa. Tässä toiminnassa tulee huomioida tiedon oikeellisuus, huolellisuus ja ajantasaisuus, sillä päivittämättömät tiedot haittaavat yhteisen tiedon muita käyttäjiä ja tehokas toiminta voi muuttua tehottomaksi toiminnaksi lisääntyvän työmäärän ja kustannusten muodossa. (Logistiikan maailma, 2023.)

Toiminnanohjausjärjestelmillä pyritään parantamaan toiminnan tehokkuutta yleisesti eri osa-alueilla, tehokkaaseen taloudenhallintaan, parempaan asiakaspalveluun, sekä läpinäkyvyyteen. (Logistiikan maailma, 2023.)

Stora Enso Imatran tehtailla on käytössä SAP-toiminnanohjausjärjestelmä. Kyseisellä järjestelmällä hallinnoidaan suurinta osaa tiedosta yrityksen sisällä. Kunnossapidon näkökulmasta tärkeimmät tiedot liittyvät varastohallintaan, huoltosuunnitelmiin ja niiden seurantaan, sekä erilaisiin tilaushallintoihin. Tässä opinäytetyössä keskitytään osaan näistä toiminnoista.

## 5 RCM – LUOTETTAVUUSKESKEINEN KUNNOSSAPITO

### 5.1 Määritelmä

Luotettavuudesta kunnossapidossa käytetään yleisesti käsitteitä käyttövarmuus, joka voi tarkoittaa luotettavuutta tai käytettävyyttä. Käyttövarmuus määritetään kohteen kyvyn toimia vaaditulla tavalla. Käytettävyys määritetään kohteen kyvyn toimia tietyissä olosuhteissa siten, että tarvittavat resurssit ovat saatavilla. (Järviö 2012, 54.)

### 5.2 RCM-prosessin toiminta

RCM (Reliability-centered maintenance) on prosessi, jonka toteuttaminen antaa kohteelle valmiuden tunnistaa prosessin kriittisiä ominaisuuksia, auttaa ymmärtämään niiden vikaantumisen seurauksia, ja valitsemaan edullisimman huolto-ohjelman minimoimaan vikaantumisen seurauksia. Toiminta perustuu luotettavuuskeskeiseen kunnossapitoon ja ennaltaehkäiseviin toimiin. RCM-prosessissa on seitsemän peruskysymystä, joihin etsitään vastauksia

- Miten nykyisen laitteen täytyy toimia ja mitkä ovat sen suorituskykystandardit?
- Millä tavoilla laitteen toiminta voi pettää?
- Mitkä tekijät aiheuttavat vikaantumisen?
- Mitä laitteen vikaantumisesta seuraa?
- Minkälaisia haittavaikutuksia vikaantuminen aiheuttaa?
- Minkälaisilla keinoilla voidaan havaita ja vähentää vikaantumisia?
- Mitä tulisi tehdä, jos ei löydy sopivaa ennakoivaa tekijää? (Limble 2023.)

### 5.3 RCM-prosessin saavutettavat asiat

RCM-prosessin avulla panostetaan enemmän kunnossapitoon, jotta vältetään pii-leviltä vioilta. Prosessilla pyritään yleisesti koko laitoksen luotettavuuden paran- tamiseen ja analysoimaan päivitettäviä kohteita. Muita RCM-prosessin tarkoituk- sia ovat kunnonvalvonnan seuraaminen, laitteiston kriittisyyden tarkastelu ja se- kundäärijärjestelmien laatiminen, sekä kustannusten laskeminen. (Limble 2023.)

**Yksilöiden motivaation paraneminen ja parempi tiimityöskentely.** Tämän toi- men avulla organisaation henkilöstö tietää ja tunnistaa paremmin laitteiston toi- mintaympäristön ja tyypillisimpiin ongelmiin valmiit ratkaisut. Lisäksi toimet autta- vat parantamaan eri henkilöstöryhmien välistä kommunikointia. (Moubray 1992, 20.)

**Yhteinen tietokanta.** RCM-prosessilla saavutetaan yhteisen tietokannan luomi- nen, jossa on dokumentoituna kunnossapitotoimet tärkeimmille laitteistoille. Näillä toimilla voidaan parantaa tasaista suorittamista ja tietotaitoa eri työvuoro- jen välillä, henkilökunnan vaihtuvuus vähenee, vaadittavien työskentelytaitojen ylläpitäminen, ja tarpeellisten varaosien säilyttäminen. (Moubray 1992, 19–20.)

**Kunnossapitokustannusten tehokkaampi käyttö.** Kunnossapidon toimilla on suurin vaikutus tuotantoalueella, joten RCM-prosessi keskittyy sen toimiin eniten. RCM todettujen toimien tulee kohdistua juuri niille laitteille, joissa sitä eniten tar- vitaan ja missä on eniten hyötyä. Lisäksi työkuormaa on paljon vähemmän, jos huoltotoimista pidetään kiinni suunnitellusti. Huoltojen kohdentaminen lisää myös laitteiden käyttöikää merkittävästi. (Moubray 1992, 19.)

**Parempi toimintavarmuus.** Kaikella kunnossapitotoimilla on vaikutusta, mutta oikeiden toimien ja toimintatapojen valitseminen kohteeseen parantaa kunnossa- pidettävyyttä huomattavasti. Tarkasti kohdennettu huoltotoimi parantaa nykyisten toimintojen käytettävyyttä ja luotettavuutta erilaisissa operointitiloissa. (Moubray 1992, 19.)

**Parempi ympäristö- ja turvallisuustietoisuus.** Ennen jokaisen vikaantumisen vaikutuksia prosessiin tarkastellaan ensin sen turvallisuus- ja ympäristöseurauksia. Tässä vaiheessa RCM-prosessi tarkastelee jokaisen laitteen vaikutukset turvallisuuteen ja ympäristöön ja pyrkii minimoimaan niitä. Tämä parantaa yleisesti turvallisuuden ilmapiiriä työympäristössä. (Moubray 1992, 19.)

Osa RCM-prosessin menetelmistä hyödynnetään kriittisyysluokittelun ja riskilukujen laatimisen aikana, sillä tämän menetelmän avulla voidaan arvioida kriittisemmin ja laajemmalla näkökulmalla toimintoja, käyttöä ja luotettavuutta. Työryhmän kesken käydään toimintopaikkojen kohdalla läpi suullisesti RCM-prosessin peruskysymykset, jotta jokaiselle syntyy käsitys ennaltaehkäisevistä toimista ja vaikutuksista yleisesti.

## 6 KRIITTISYYSLUOKITELU JA PSK 6800 -STANDARDI

Kriittisyysluokittelun tarkoituksena on kartoittaa organisaation tuottavuuden kannalta kriittisimmät tekijät ja niiden riippuvuutta erilaisista tekijöistä. Kunnossapidon osalta tätä varten on laadittu PSK 6800- standardi. Standardin menetelmää käytetään lähtötietojen tuottamiseen kunnossapitosuunnitelmiin, kuten kriittisten laitteiden laatutaso, vastaanottokriteerit ja muut ominaisuudet. Kyseisessä standardissa keskitytään luokitteluun taloudellisten vaikutusten perusteella. (PSK 6800 2008, 3.)

Kriittisyyden arviointi tehdään seuraavilla kriteereillä:

1. Määritetään tarkastelun laajuus.
2. Määritetään tuotannon menetyksen painoarvo  $W_p$ .
3. Arvioidaan taulukon (kuva 5) muiden annettujen painoarvojen sopivuus. Tarvittaessa niitä muutetaan.
4. Listataan standardin taulukkoon tarkasteltavat kohteet.
5. Valitaan tarkasteltaville laitteille käytettävät kertoimet.
6. Standardin taulukko laskee kriittisyysindeksin  $K$  ja osaindeksit  $K_s, K_e, K_p, K_q$  ja  $K_r$
7. Kriittisyysluokittelu tehdään lajittelemalla kohteet kriittisyysindeksin  $K$  mukaiseen järjestykseen. (PSK 6800 2008, 3.)

PSK 6800- standardin menetelmässä laitteiden kriittisyyteen vaikuttavat turvallisuus- ja ympäristötekijät, sekä tuotantovaikutukset ja korjaus- ja seurauskustannukset. (PSK 6800 2008, 7.)

Taulukko 1 Laitetason kriittisyyden tekijät<sup>1)</sup>

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskejä
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskkejä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetykset $W_p = 0 \dots 100$	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle	
		$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi $\leq 3$ h)	
		$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi $\leq 10$ h)	
		$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)	
	Laatukustannus $W_q = 30$	$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi $> 24$ h)	
		$M_q = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.	
		$M_q = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 1$ h)	
		$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 3$ h)	
		$M_q = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)	
		$M_q = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $> 8$ h)	
		Korjaus- tai seurauskustannukset $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.
			$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 2$ h)
$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 10$ h)			
$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)			
		$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $> 24$ h)	

<sup>1)</sup> Lukuarvot ovat ohjeellisia

KUVA 5. Tarkasteltavien laitteiden riskitekijät. (PSK 6800 2008, 7.)

Kriteerien määrittäminen riippuu paljon tuotantolaitoksesta, johon luokitus kohdistetaan. Painoarvot ja kriteerit ovat muokattavissa tapauskohtaisesti ja sisäisten ohjeistusten mukaisesti. Kuvassa 5 kriittisyysindeksi määräytyy korjaus- tai seurauskustannuksista, tuotantovaikutuksista, ja turvallisuus- ja ympäristövaikutuksista. Kriittisyysindeksi voidaan laskea kaavalla 1. (PSK 6800 2008, 7.)

$$K = p \cdot (W_s \cdot M_s + W_e \cdot M_e + W_p \cdot M_p + W_q \cdot M_q + W_r \cdot M_r) \quad (1)$$

## 7 KRIITTISYYSLUOKITTELU STORA ENSOLLA

### 7.1 Yleistä tietoa

Stora Enson Imatran tehtailla hyödynnetään PSK 6800 -standardin mukaista kriittisyysluokittelumallia, josta on laadittu oma ohjeistus tehtaiden sisällä. Tämän tarkoituksena on kohdistaa rajalliset kunnossapitoresurssit niihin paikkoihin, joissa niitä eniten tarvitaan. Tuotantolinjoista on tehty luokitteluja niiden kriittisyyden perusteella. Tämän avulla saadaan varmistettua kaikkein kriittisimpien toimilaitteiden toimintavarmuus ja saadaan luotua toimenpiteet muille laitteille. Kriittisyysluokittelun etuna on, että saadaan priorisoitua kunnossapidon toiminta. Tämä vaikuttaa häiriötilanteiden ratkaisun kiireellisyyteen, varaosastrategiaan ja ennakkohuoltosuunnitelmien sisältöön. (Stora Enso 2019, 1.)

### 7.2 Kriittisyysluokitusprosessi

Prosessi on systemaattinen menetelmä, jossa jokaiselle tuotantoprosessin toimilaitteelle annetaan kriittisyysluokka asteikolla A, B ja C. A-kirjain vastaa suurta kriittisyyttä, B-kirjain vastaa keskitasoa ja C-kirjain pientä. Luokituksessa huomioidaan kaikki seurauksiin liittyvät tekijät, ainoastaan vikataajuutta ei huomioida. Arvioinnin avulla saadaan selville mitkä laitteet ovat tuotannon, turvallisuuden ja kustannusten kannalta kriittisimmät. Näihin kriittisimpiin toimintopaikkoihin voidaan kohdistaa kunnossapidon kehitystoimenpiteet ensimmäisenä. (Stora Enso 2019, 2.)

Tarkemmin prosessissa huomioidaan kuusi tekijää:

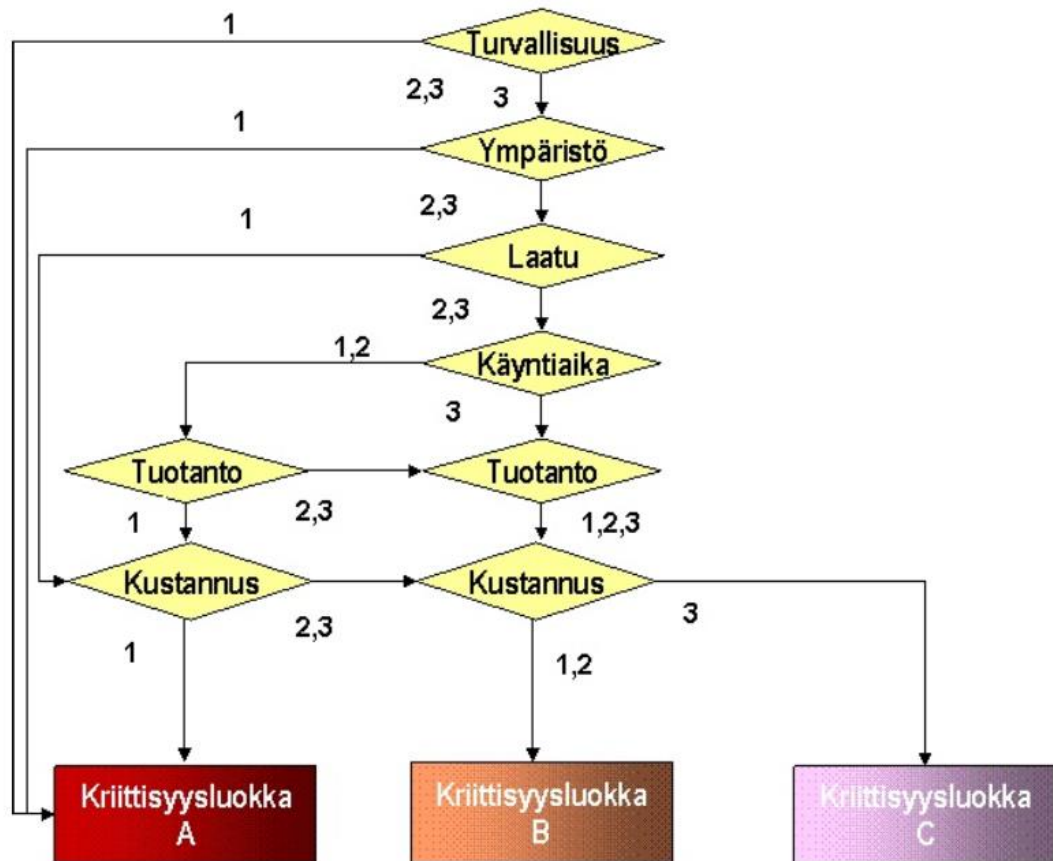
1. turvallisuus
2. ympäristö
3. laatu
4. käyntiaika
5. tuotanto
6. kustannukset. (Stora Enso 2019, 3.)

Kun kustannuksia määritetään, on otettava huomioon kaikki kustannukset, eli lopulliset kustannukset yritykselle vikaantumisessa. Näitä ovat muun muassa materiaali-, työvoima-, ja tuotannonmenetykset. Taulukossa 1 on laadittu luokitteluja arviointitekijöille ja tasoille. (Stora Enso 2019, 3.)

TAULUKKO 1. Arviointitekijät ja tasot kriittisyyslukitteluanalyysiin. (Stora Enso 2019, 3.)

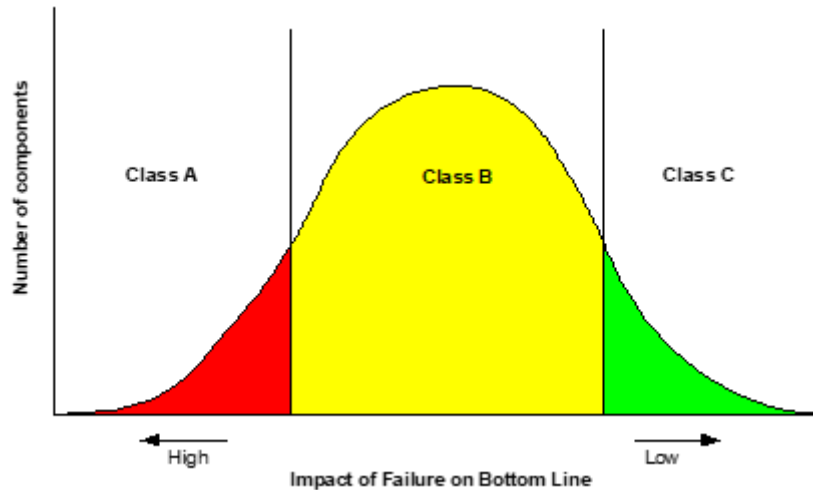
ARVIOINTITEKIJÄ	Taso 1	Taso 2	Taso 3
<b>Turvallisuus</b> <i>Henkilöturvallisuus</i>	Laitteen vikaantuminen aiheuttaa vakavan loukkaantumis- tai kuoleman riskin	Laitteen vikaantuminen aiheuttaa sairastumis- tai loukkaantumisriskin	Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumis- tai terveysvaaraa
<b>Ympäristö</b> <i>Ympäristöriski</i>	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laitosalueen ja ympäristön saastumista	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa paikallista laitosalueen saastumista	Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa
<b>Laatu</b> <i>Vikaantumisen vaikutus tuotteen laatuun</i>	Vikaantuminen aiheuttaa lopputuotteen laatuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä	Vikaantuminen aiheuttaa lopputuotteen laatuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä	Vikaantuminen ei aiheuta lopputuotteen laatuksia.
<b>Käyntiaika</b> <i>Laitteen vaadittu käyntiaika</i>	Laitteita tarvitaan 24 tuntia vuorokaudessa	Laitteita tarvitaan 12-24 tuntia vuorokaudessa	Laitteen käyttö on satunnaista
<b>Tuotanto</b> <i>Laitteen vikaantumisen vaikutus tuotantoon</i>	Vikaantuminen pysäyttää tuotannon	Vikaantuminen pysäyttää tärkeitä toimintoja tai alentaa tuotantokapasiteettia	Vikaantumisella ei ole tuotantovaikutusta
<b>Kustannukset</b> <i>Vikaantumisen aiheuttamat kustannukset</i>	Korjauskustannus ja/tai tuotannon menetykset ovat erittäin korkeat	Korjauskustannus ja/tai tuotannon menetykset ovat korkeat	Korjauskustannus ja/tai tuotannon menetykset eivät ole merkittäviä

Arviointitekijöille tehdään vikatilanteiden arviointi tasojen mukaan. Taso 1 tarkoittaa merkittävää vaikutusta, taso 2 tarkoittaa keskitasoista vaikutusta ja taso 3 vähäistä vaikutusta. Kuviossa 2 vastausta hyödynnetään puurakenteen avulla mihin kirjainluokkaan laite kuuluu. Mikäli ympäristötekijässä taso on 1, mutta sen luokitus on silti B tai C, käydään näiden toimintopaikkojen luokitus läpi ympäristövastuullisen henkilön kanssa. (Stora Enso 2019, 3.)



KUVIO 2. Kriittisyysluokittelun puurakenne. (Stora Enso 2019, 4.)

Kriittisyysluokitteluprosessin avulla voidaan eritellä seuraamuksiltaan merkittävimpiin 20 % luokkaan, eli A-kriittiseen luokkaan, joihin täytyy keskittää ensi tiilassa huomio. Siten vähemmän merkittävään 20 % luokkaan, B ja C, keskitytään vähemmän, mutta silti vikaantuessa niillä voi olla merkittäviä seuraamuksia. Kuvassa 6 on tulosten jakautumista havainnollistava jakauma. (Stora Enso 2019, 4.)



KUVA 6. Luokitusprosessin tulosten jakautuminen. (Stora Enso 2019, 4.)

### 7.3 Riskiluku ja dokumentointi

Riskiluku on erillinen osa kriittisyysluokitteluprosessia, mutta se on suositeltavaa tehdä säännöllisin väliajoin. Luvun avulla pystytään priorisoimaan kunnossapidon kehystoimenpiteitä ja huoltosuunnitelmia, sekä sen avulla voidaan arvioida erityisen tarkastelun toimenpiteitä A-kriittisille toimintopaikoille. A-kriittiset toimintopaikat ovat tärkeässä osassa tässä opinnäytetyössä. (Stora Enso 2019, 5.)

Tämän opinnäytetyön kriittisyysluokittelutaulukkoon käytetään riskiluvun laskentaan alla olevaa kaavaa (kaava 2).

$$R = T \cdot (M + K) \quad (2)$$

Riskiluvun kaava kaavassa 2 muodostuu seuraavista tekijöistä:

- T = tapahtuman todennäköisyys
- M = tapahtuman materiaalikustannukset (sisältäen osat ja työ)
- K = tapahtuman tuotannonmenetyskustannukset. (Stora Enso 2019, 5.)

Riskiluvun ja toimintopaikkojen arviointi dokumentoidaan ohjeistuksen liitteenä olevaan taulukkoon 2. Arviointeja tehdessä arvioidaan arviointitekijöiden taso 1, 2 tai 3 ja ne kirjataan taulukkoon omiin sarakkeisiin. Näiden arvojen perusteella



## 8 TYÖN TOTEUTUS

### 8.1 Lähtötiedot

Opinnäytetyötä aloitettaessa annettiin tarvittaviin järjestelmiin käyttöoikeudet, joista saatiin ladattua tarvittavat tiedot työn aloittamiseksi. Lähtötilanne oli se, että SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä puuttuivat päivitettyt tiedot kriittisyysluokittelun arvoista, jotka olivat tarpeen päivittää. Lisäksi joistakin haihduttamon toimilaitteista oli tarpeen laatia päivityssuosittukset niiden ikääntyneen kunnon ja toimintavarmuuden vuoksi. Haihduttamoiden kriittisyysluokitteluista oli vanhoja Excel-tiedostoja, joita hyödynnettiin tässä työssä. Yrityksellä oli valmis Excel-tiedostopohja (taulukko 2), johon siirrettiin tiedot SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä haihduttamoiden nykyisistä toimintopaikoista.

### 8.2 Työn kulku


Työ aloitettiin haihduttamo 5:n toimintopaikkojen siirtämisellä taulukon 2 mukaiseen Excel-tiedostoon. Haihduttamon kaikki toimintopaikat avattiin rakenneluettelosta auki, josta ne sai suoraan siirrettyä taulukkosovellukseen. Toimintopaikat eivät siirtyneet suoraan oikeaan taulukkotiedostoon, joten ne täytyi vielä erikseen siirtää haluttuun taulukkopohjaan. Kuvassa 7 on esimerkki haihduttamo 5:n rakenneluettelosta. Toimintopaikat avautuivat järjestyksessä, joista sähkö- ja automaatiolaitteistot olivat ensimmäisenä, toisena haihduttamon putkistot, ja lopuksi haihdutinyksiköt ja paineastiat.

Näytä toimintopaikka: rakenneluettelo			
Ylemmät tasot Erittele kokonaan Luo Varaus Varastotilanne			
Toimintopaikka	FI-IM-201-750-751	VO:n alku	05.03.2024
Nimitys	H05 HAIHDUTTAMO 5		
FI-IM-201-750-751	H05 HAIHDUTTAMO 5		
FI-IM-201-750-751-050	H05 AUTOMAATIO		
FI-IM-201-750-751-050-010	H05 KOTELOT		
• KP-H05-JKEVH2	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT. (EVH SÄIL. 2)		B
• KP-H05-JKP1A11	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKP1A9	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKP1AB	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKP1C12	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKP1C13	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKP1C6.1	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKP1C6.2	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKP1C7	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKP1C8	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKP2B5	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKP2B6	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKS1A11	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKS1A11.2	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKS1A8	H05 SÄHK. JAKOKOTELO		B
• KP-H05-JKS1C11.1	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKS1C11.2	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKS1C11.3	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKS1C5.1	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKS1C5.2	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKS1C7	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-JKS1C9	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-LK1A11	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-LK1C12	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT. LK1C12		B
• KP-H05-LK2B4	H05 SÄHKÖ/PNEUM. JAKOKOT.		B
• KP-H05-RLK1C10	H05 RIVILIITINKOTELI RLK1C10		B
• KP-751-309	H05 PROSESSIAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ		A
FI-IM-201-750-751-060	H05 AUTOMAATIOPIIRI		
FI-IM-201-750-751-060-010	H05 D TIHEYS		
• KP-H05-DI001	H05 EVH SÄILIÖÖN		C

KUVA 7. Haihduttamo 5 osittainen rakenneluettelo.

Toimintopaikkojen laite- ja komponenttitiedot saatiin siirrettyä yhtiön antamaan taulukkopohjaan, jonka jälkeen siirrettiin kriittisyysluokittelun kirjainarvot samaan taulukkoon. Kirjainarvot täytyi siirtää manuaalisesti, sillä niitä ei saanut suoraan liitettyä samoille riville toimintopaikkojen kanssa. Tämä lisäsi hieman työmäärää.

Kriittisyysluokittelun kirjainarvojen siirtämisen jälkeen lisättiin aikaisempien kriittisyysluokittelutulosten tiedot olemassa oleville toimintopaikoille, sekä riskiluvun arvot valikoiduille toimilaitteille. Tulokset käytiin PSK 6800- standardin mukaan läpi työryhmän kanssa, jotta tulokset olivat asiantuntijoiden mielestä oikein luokiteltu. Kuvassa 8 malli kriittisyysluokittelun ja riskiluvun määrittysten tuloksista.



Stora Enso  
Kunnossapito Suomi

T = tapahtuman todennäköisyys  
M = tapahtumasta aiheutuvat materiaalikustannukset (varaosat + työ)  
K = tapahtumasta aiheutuvat tuotannonmenetykskustannukset  
R = Riskiluku = T\*(M+K)

Riskiluvun raja-arvo: |

Toimintopaikka	Toimintopaikan nimi	Turvallisuus	Ympäristö	Laatu	Käynti-aika	Vaikutus tuotantoon	Kustannus-vaikutus	ABC	T	M	K	Riskiluku
KP-HO5-LC007	HO5 EVH HAIHDUTIN 1A	3	3	3	1	2	1	B				0
IM_HO5-LT07	Lähetin paine-ero DIFF-EL SD4NK27							#####	2	1	5	12
IM_HO5-LV07	Ventt. pallo REKA150AJST							#####	2	2	5	14
IM_HO5-LVAC07	Toimilaitte pneum. B1CU13/55							#####	2	2	5	14
IM_HO5-LVY07	Asennoitin sä.-pn. ND9103HN/156							#####	2	1	5	12
KP-HO5-LC008	HO5 EVH HAIHDUTIN 1B	3	3	3	1	2	1	B				0
IM_HO5-LT08	Lähetin paine-ero DIFF-EL SD4NK27							#####	2	1	5	12
IM_HO5-LV08	Ventt. pallo REKA150AJST							#####	2	2	5	14
IM_HO5-LVAC08	Toimilaitte pneum. B1CU13/55							#####	2	2	5	14
IM_HO5-LVY08	Asennoitin sä.-pn. ND9103HN/156							#####	2	1	5	12

KUVA 8. Haihduttamo 5 vahvalipeälinjan 1A ja 1B venttiilien kriittisyys- ja riskiluvut.

Riskiluvun määrittäminen tapahtui kaavan 2 mukaan, joka oli valmiiksi sijoitettuna taulukon 2 Excel-taulukkopohjaan. Työryhmän kanssa sijoitettiin jokaisen A-kriittisen toimintopaikan laitteistolle riskiluvut ja todettiin niiden paikkansapitävyys. Materiaalivahingoille ja tuotannon keskeytysvahingoille arvioitiin kustannukset euroissa. Aiemmissä kriittisyysluokittelutarkasteluissa oli määritetty myös B- ja C-kriittisille toimintopaikan laitteille riskiluvut, mutta uuden ohjeistuksen mukaan ai-noastaan A-kriittisille toimintopaikoille suoritetaan lisänä riskiluvun laatiminen.

Tässä työssä riskiluvun raja-arvo asetettiin lukuun 12, jolloin kaikki sen luvun ylittävät tulokset otettiin tarkempaan huomioon työryhmässä ja mietittiin tarkemmin riskien kokonaisvaikutusta. Taulukkopohja maalasi automaattisesti riskilukusolun punaisella sen ylittäessä raja-arvon.

Haihduttamo 5:n kriittisyys- ja riskilukujen sijoittamisen jälkeen tehtiin samanlainen menettely haihduttamo 6:n toimintopaikoille. Kriittisyysarvojen taulukoiminen oli nopeampaa, kuin haihduttamo 5 toimintopaikkojen kohdalla, sillä työskentelymenetelmä oli tuttu ja nopeampi toteuttaa. Kuvassa 9 haihduttamo 6:n toimintopaikanäkymä SAP-toiminnanohjausjärjestelmässä, johon kriittisyysluokittelun tulokset tullaan päivittämään.

**Näytä toimintopaikka: Perustiedot**

Luokkayleistiedot Mittauspisteet/laskuri Tietojen alkuperä... Kaikki mittaustositteet

Toimintopaikka KP-761-557 Tpi M Tekninen järjestelmä

Nimitys HO6 HAIHDUTTAMEN 2 KIERTOPUMPPU

Tila LUOT TUOT

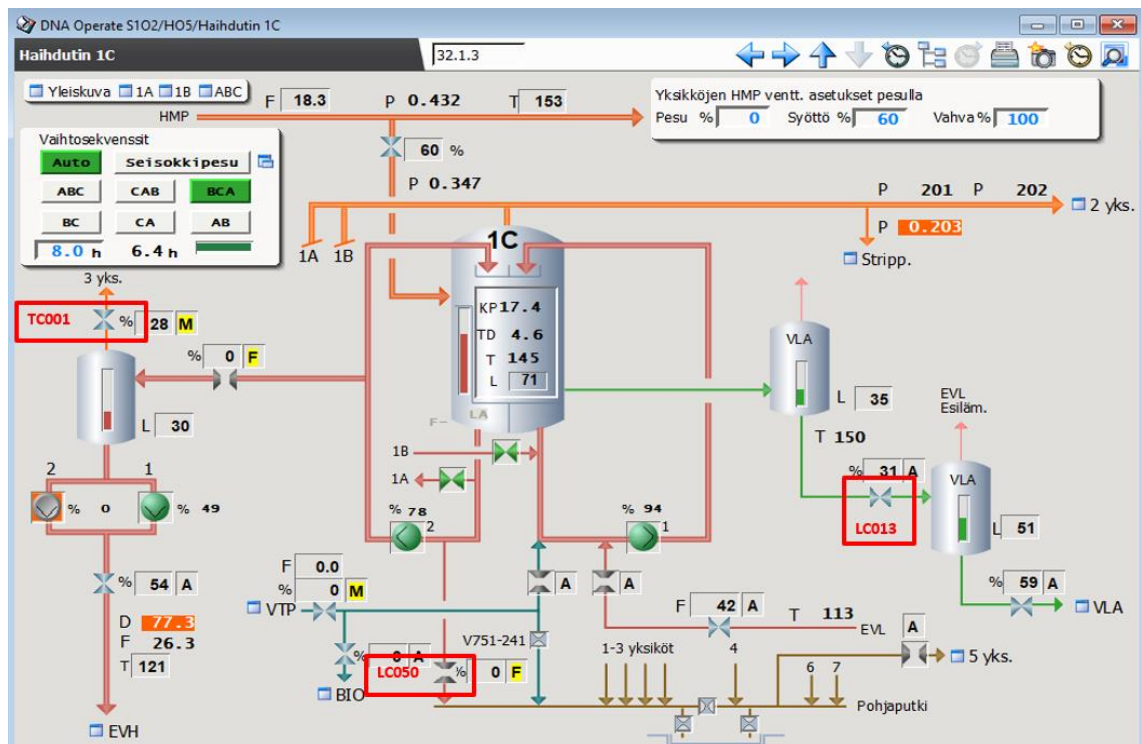
Yleinen **Sijainti** Organisaatio Rakenne Kumppani Takuu Asiakirjat

Sijaintitiedot

SijaintiTmp	1515	SE Imatran tehtaat
Sijainti		
Huone		
Käyttöalue		
Työpiste		
ABC-tunnus	A	A-luokka
Lajittelukenttä		

KUVA 9. Haihduttamo 6 haihdutin 2 kiertolinjan pumppu toimintopaikkanäkymä.

Tähän työhön sisältyi myös haihduttamoiden päivitystarpeessa oleviin toimilaitteisiin päivitystarkastelu ja päivityssuosituksset. Päivitystarpeessa olevista toimilaitteista oli laadittu merkinnät kaavioihin, jonka jälkeen annetun kriittisyys- tai riskiluvun pohjalta taulukoitiin toimilaitteiden vaihtojärjestys tulevissa huoltoseissa. Kuvassa 10 mallikuva vaihtotarpeessa olevista toimilaitteista, jotka ovat rajattu punaisella laatikolla.



KUVA 10. Haihduttamo 5 päivitystarpeessa olevat toimilaitteet Valmet DNA tuotannonohjausjärjestelmästä.

Toimilaitteet listattiin aluksi omaan Excel-tiedostoon, johon määritettiin toimintopaikka, kriittisyysluokka, riskiluku ja lopuksi vaihtojärjestys. Vaihtojärjestyksen laatimisessa painotettiin kriittisyysluokittelua, riskilukua, sekä työryhmän mielipidettä. Kaikkien B-kriittisten toimintopaikkojen solut maalattiin keltaisella, jotta niihin pystyttiin helpommin kohdistamaan huomiota, sekä vertailemaan muihin vastaaviin toimintopaikkoihin ja laitteisiin. Tulosten luotettavuus nojautuu pitkälti kriittisyysluokittelun ja riskiluvun tuloksiin. Tuloksista ei voida julkaista kuvaa tässä työssä, joten menettely on vain kuvattuna sanallisesti.

### 8.3 Lopputulokset

Työn tuloksena saatiin laadittua kolme Excel-tiedostoa, haihduttamo 5 ja haihduttamo 6 kriittisyysluokittelut, sekä vaihdettavista toimilaitteista vaihtojärjestyslista. Työn tulosten avulla pääkäyttäjä voi päivittää haihduttamoiden kriittisyysluokittelun ja riskiluvun tulokset SAP-järjestelmään, joiden avulla voidaan suunnitella ja päivittää ennakkohuoltosuunnitelmia, sekä kohdentaa rajalliset kunnos-

sapitoresurssit merkittävimpiin kohteisiin. Myös osa haihduttamoiden toimilaitteista voidaan päivittää uusiin tulevaisuissa huoltoseisokeissa, jotka lisäävät prosessin toimintavarmuutta, luotettavuutta, ja vähentävät huollettavuutta.

Työn tuloksena saatiin päivitetty versio haihduttamoiden 5 ja 6 kriittisyysluokituista, sekä A-kriittisten toimilaitteiden riskiluvuista. Päivitystarpeessa olevista toimilaitteista saatiin taulukoitua vaihtojärjestys, jota suositellaan käytettävän tulevaisuissa huoltoseisakeissa. Työn aikana myös huomattiin erilaisia laitteiden riippuvuuksia toisistaan. Haihduttamoilla moni laite on liitetty sarjaan, jolloin yhden laitteen vikaantuessa myös muu prosessi kärsii, jolloin kustannukset sekä tuotannonpysäytysvaikutukset moninkertaistuvat.

Haihduttamo 5:n Excel-tiedostoon muodostui 82 tarkasteltavaa kohdetta, joista kahdeksan toimintopaikan kriittisyys todettiin tai päivitettiin A-kriittiseksi. Näille A-kriittisille toimintopaikoille määritettiin riskiluvut. Yhteensä kaikkia toimintopaikkoja, joille oli määritetty kriittisyysluokittelu, oli 466 kohdetta. A-kriittiset toimintopaikat olivat pääasiassa uusien projektien ja investointien myötä tulleita uusia kokonaisuuksia, jotka ovat haihdutusprosessin kannalta kriittisiä. Lisäksi tarkastelussa ilmeni muutamia prosessin kriittisiä putkilinjoja ja toimilaitteita, jotka olivat arvioitu vanhojen tarkasteluiden myötä alemmaksi luokkaan, mutta tämän päivityksen myötä nostettiin korkeampaan kriittisyysluokkaan. Myös turvallisuuteen ja ympäristöön suuremmin vaikuttavia toimintopaikkoja nostettiin ylempään kriittisyysluokkaan.

Haihduttamo 6:n Excel-tiedostoon muodostui 161 tarkasteltavaa kohdetta, joista 28 toimintopaikan kriittisyys todettiin tai päivitettiin A-kriittiseksi. Myös näille A-kriittisille toimintopaikoille määritettiin riskiluvut. Kaikkia toimintopaikkoja oli yhteensä 568 kappaletta. A-kriittisiksi luokiteltuja toimintopaikkoja olivat prosessin kriittisimmät laitteet, sekä muutama ympäristöön ja turvallisuuteen vaikuttavat laitteet. Myös haihduttamo 6:n puolella oli investointien myötä uusia toimintopaikkoja, joita ei ollut päivitetty aikaisemmissa tarkasteluissa, joten niistä muodostui suurin osa päivitettävistä toimintopaikoista. Kuvassa 11 haihduttamo 6:n toimintopaikkojen tuloksia.

KP-HO6-QI023	HO6 H2S LAIHAPÄÄ	1	3	3	1	3	3	A				0
								#####				0
IM_HO6-QE23	Anturi pitoisuus 50457-9							#####	4	1	0	4
IM_HO6-QM23	Muunnin I/I 82-33-114							#####	4	1	0	4
IM_HO6-QT23	Lähetin pitoisuus ST210							#####	4	1	0	4
IM_HO6-QX23	Hälytyslaite YODALIGHT YL8							#####	4	1	0	4
								#####				0
KP-HO6-QI024	HO6 H2S TPH TILA	1	3	3	1	3	3	A				0
								#####				0
IM_HO6-QE24	Anturi pitoisuus 50457-9							#####	4	1	0	4
IM_HO6-QM24	Muunnin I/I 82-33-114							#####	4	1	0	4
IM_HO6-QT24	Lähetin pitoisuus ST210							#####	4	1	0	4
IM_HO6-QX24	Hälytyslaite YODALIGHT YL8							#####	4	1	0	4
								#####				0
KP-HO6-QI025	HO6 VTL KS3:LLE	3	3	3	1	3	3	C				0
								#####				0
IM_HO6-QE25	Anturi johtokyky 8317							#####	2	1	0	2
IM_HO6-QT25	Lähetin johtokyky MONEC 8925							#####	1	1	0	1
								#####				0
KP-HO6-QI026	HO6 H2S HUOLTOKÄYTTÄVÄ	1	1	3	1	3	3	A				0
KP-HO6-QI027	HO6 EPE TAINIO ALKALI	3	3	3	1	3	3	C				0
KP-HO6-QI201	HO6 VJP VIEMÄRI JV	3	3	3	1	3	3	C				0

KUVA 11. Haihduttamo 6:n kriittisyysluokittelun tuloksia.

Vaihtotarpeessa olevista toimilaitteista saatiin määritettyä listaus vaihtojärjestyksestä. Vaihtotarpeessa olevia toimilaitteita kertyi haihduttamo 5:n alueelta 41 kappaletta ja haihduttamo 6:n alueelta 35 kappaletta. Listauksessa priorisoitiin ensisijaisesti kaikki A-kriittiseksi luokitellut laitteet, mutta niitä ei ollut päivitystarpeessa tällä hetkellä. B-kriittisistä toimilaitteista priorisoitiin ne laitteet, joiden riskiluku oli suurempi ja ne olivat sijoitettuna prosessin kriittisemmissä kohdissa, jolloin niiden kriittisyys ja riski toimintakyvyttömyydelle on suurempi.

#### 8.4 Tulosten luotettavuuden arviointi

Kriittisyysluokittelun tulosten luotettavuuden arvioimisessa hyödynnetään kvantitatiivisen tutkimusmenetelmän validiteetti- ja reliabiliteettikysymyksiä. Validiteetti mittaa tutkimuksessa sitä, mitä mittausten menetelmän kuuluu mitata. Käytetään tässä työssä sisäistä ja ulkoista validiteettia, sekä rakennevaliditeettia. Nämä validiteettikysymysten alalajit mittaavat syys-seuraus-suhdetta, yleistettävyyttä, sekä toimivatko muuttujat halutulla tavalla. (Kananen 2008, 81.)

Ulkoinen validiteetti tarkoittaa tulosten yleistettävyyttä (Kananen 2008, 81). Yleistettävyyden todetaan tässä työssä siten, että arvioitavat tekijät ja kriteerit määritetään, joita sitten voidaan vertailla toisiin samankaltaisiin kohteisiin. Kriittisyysluvut käydään läpi työryhmän kesken, joten se voi vaikuttaa yleistettävyyden tasoon ja tulosten luotettavuuteen.

Sisäinen validiteetti tarkoittaa tulosten syys-seuraus-suhdetta (Kananen 2008, 81). Syy-seuraus-suhdetta mitattiin ja todettiin tässä työssä siten, että pohditaan työryhmässä arviointimenetelmän ja kokemuksen perusteella laitteiston vikaantumistilan vaikutuksia ja kustannuksia, sekä käytetään pohjana RCM-prosessin menettelykysymyksiä. Vikaantumistilat useasti tuottavat myös muun laitteiston toiminnan estymisiä, joten siksi on hyvä pohtia sisäisen validiteetin avulla tapahtumia.

Rakennevaliditeetti liittyy tutkimusaiheen teoriaan ja sieltä johdettuihin mittareihin (Kananen 2008, 82). Rakennevaliditeetti todettiin tässä työssä siten, että valitaan standardin ja yhtiön sisäisen ohjeistuksen mukaiset ja hyväksi todetut arviointitekijät. Tällöin tutkimuksen taustalle ei jää tuntemattomia tai yllättäviä muuttujia, jolloin työn tuloksen luotettavuus heikkenee.

Kriittisyysluokittelun taulukossa on määritetty painoarvokertoimet siten, että kriittisyyspainoarvot määräytyvät kuuden tekijän avulla, joista jokainen arvioidaan asteikolla 1, 2 tai 3. Tulosten luotettavuus voi olla hyvällä tasolla yleisesti, sillä se ei anna ylimääräisiä välivaihtoehtoja kriittisyyttä määrittäessä. Lisäksi se auttaa kunnossapitosuunnittelussa, jos suunnittelijan ei tarvitse käyttää aikaa kriittisyyden arviointiin, vaan se on selkeää. Haasteita luotettavuudessa voi tulla siitä, että osa arvioinneista pyöristetään liian alhaiseksi tai korkeaksi, jolloin todellinen kriittisyys voi olla toisella tasolla.

Muita luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat luotettavuus ja validiteetti, jolloin samantapaisista kohteista saadaan samankaltaisia vastauksia, mikäli ne ovat prosessin kanalta samalla kriittisyysasteikolla. Luokittelun tulokset ovat myös sen puolesta luotettavia, että ne osoittavat selkeästi tietyt kriittisyysluokat joihin toimintopaikat ja laitteet kuuluvat. Nämä havainnot voidaan vahvistaa suurella otantajoukolla, joka osaltaan parantaa toistettavuuden kautta luotettavuutta. Työryhmän kanssa saatiin luotettavuutta parannettua sillä, että prosessi ja asiat ymmärrettiin selkeästi standardin luoman ohjeistuksen avulla.

Riskiluvun määrittelyssä on vähemmän muuttujia, mutta enemmän painoarvokeroinvaihtoehtoja. Tässä luotettavuutta parantavat ohjeissa annetut kustannusalu-

eet ja tarkemmat määritelmät vikaantumisen ajalle, jolloin kertoimet ovat helpommin määritettävissä ja antavat tarkemman riskilukuarvon. Haasteina taas ovat tässä laajemmassa painoarvokerroinvalinnassa se, että vikaantumistilan kustannuksia on vaikeampi arvioida todellisuudessa, jolloin todelliset kustannukset voivat olla reilusta korkeammalla. Tällöin riskiluvun todellinen arvo olisi korkeammalla.

## **8.5 Tulosten eettisyys**

Työssä on noudatettu pääsääntöisesti hyvän eettisen toiminnan ja tieteellisiä käytäntöjä. Opinnäytetyössä esitetyt tulokset ovat luokiteltu avoimeksi, eikä niissä esitetä mitään tarkkoja kustannuslukemia, yrityksen salassa pidettäviä dokumentteja tai henkilötietoja. Kaikki työssä käytetyt ulkopuoliset tietolähteet ovat merkittynä asianmukaisilla lähdemerkinnöillä ja niitä ei ole plagioitu suoraan tietolähteestä, sekä yleisesti työssä on käytetty korkeakoulu yhteisön laatimia hyvän tieteellisen käytännön tapoja.

## 9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää haihduttamoiden kriittisyysluokittelua ja määrittää kriittisimpien A-kriittisten toimintopaikkojen laitteistolle riskiluvut. Lisäksi osaan haihduttamoiden toimilaitteista oli tarpeen määrittää päivityssuosituksia, joissa vaihtotarpeessa olevat toimilaitteet taulukoitiin kriittisyysluokittelun pohjalta tärkeysjärjestys.

Kriittisyyttä on hyvä tehdä säännöllisin väliajoin uusien investointien ja muuttuvien prosessilaitteistojen vuoksi, jotta kriittisyysluokittelun tulokset ovat ajantasaiset ja luotettavat. Tiedostamattomat laitteistot voivat luoda prosessiin piileviä viikoja, joita ei osata tiedostaa. Stora Enso Imatran tehtaiden laitosalue sisältää paljon erilaisia tuotantolaitoksia, jotka ovat kaikki riippuvaisia toisistaan. Tämän vuoksi kriittisyystarkastelua olisi hyvä tehdä laajalti ympäri tehdasaluetta ja vähentää suunnittelelmattomia tuotannonseisahduksia ja kunnossapitotöitä.

Opinnäytetyön tutkimuksen aiheena on pääosin ollut standardiin ja muihin menetelmiin perustuva systemaattinen menetelmä, jonka avulla saadaan luokiteltua laitteistoa kriittisyysjärjestykseen. Työn tekemisen aikana todettiin, että todellisten kustannusten arvioiminen on välillä haasteellista ja siten todelliset luvut voivat olla korkeampia. Työssä käytettävät kaavat ovat kuitenkin yksinkertaisia, joten toistettavuuden näkökulmasta tapahtuvaa virhettä on vähän. Lisäksi työn luotettavuutta tukevat monipuolisen aineiston käyttö useammasta eri lähteestä,

Koin, että työ sujui hyvin ja sain aina apua tarvittaessa Stora Enson henkilökunnalta, sekä koulun ohjaavalta opettajalta. Eniten haasteita työssä tuotti valmiiden tietojen siirtäminen standardin taulukkopohjaan, sekä sähkö-automaatio-puolen laitteiston lukujen arvioiminen. Työssä helpotti paljon se, että aiemmista kriittisyysluokittelun tuloksista saatiin vertailuja, josta nähtiin miten samankaltaisia kohteita, on arvioituna.

Mahdollisia jatkokehityskohteita on kyseisellä voimalaitosalueella paljon, sillä tämä opinnäytetyö on vain osa koko prosessia. Aikaisempia kriittisyysluokittelutarkasteluita on tehty vain soodakattiloille, mutta koko muuhun prosessiin kuuluu myös kaustistamo, meesauunit, höyryturbiinit ja vedenkäsittelylaitos.

## LÄHTEET

Huhtinen, M. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5. uusittu painos. Helsinki: Oy Edita Ab.

Järviö, J. 2012. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Kananen, J. 2008. Kvantti. 1. painos. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.

KnowPulp. 2023a. Haihdutuksen tarkoitus ja periaate. Taitotalo KnowPulp oppimisympäristö. Viitattu 29.11.2023. [http://www.knowpulp.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/pulping/evaporation/1\\_general/frame.htm](http://www.knowpulp.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/pulping/evaporation/1_general/frame.htm)

KnowPulp. 2023b. Haihdutinrakenteet. Taitotalo KnowPulp oppimisympäristö. Viitattu 29.11.2023. [http://www.knowpulp.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/pulping/evaporation/2\\_evaporators/frame.htm](http://www.knowpulp.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/pulping/evaporation/2_evaporators/frame.htm)

KnowPulp. 2023c. Haihduttamotyypit. Taitotalo KnowPulp oppimisympäristö. Viitattu 29.11.2023. <http://www.knowpulp.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/kps/ui/process/recovery/evaporation/ui.htm>

Limble. 2023. Reliability centered maintenance. Limble CMMS verkkosivut. Viitattu 2.1.2024. <https://limblecmms.com/strategies/reliability-centered-maintenance/>

Logistiikan maailma. 2023. Toiminnanohjausjärjestelmä. Verkkosivu. Viitattu 16.12.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjausjarjestelma/>

Moubray, J. 1992. Reliability-centered maintenance. 2. painos. New York: Industrial press inc. Viitattu 5.1.2024. E-kirja. [https://books.google.fi/books?id=bNCVF0B7vplC&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=twopage&q&f=false](https://books.google.fi/books?id=bNCVF0B7vplC&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=twopage&q&f=false)

PSK 6201. 2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry

Stora Enso. 2019. PRO-S788 Kriittisyysanalyysiohje. Yhtiön sisäinen tiedosto. Pääsy rajattu. Helsinki: Stora Enso. Viitattu 7.1.2024.

Stora Enso. 2020. Kriittisyysluokittelun taulukko. Yhtiön sisäinen tiedosto. Pääsy rajattu. Helsinki: Stora Enso. Viitattu 31.1.2024.

Stora Enso Oyj. 2023a. Tietoa Stora Ensosta. Verkkosivu. Viitattu 27.11.2023. <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso>

Stora Enso Oyj. 2023b. Historiamme. Verkkosivu. Viitattu 27.11.2023.  
<https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso/our-history>

Stora Enso Oyj. 2023c. Imatran tehtaat. Verkkosivu. Viitattu 27.11.2023.  
<https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso/stora-enso-locations/imatra-mill>