

# HÖYRYJÄRJESTELMÄN KUNNOSSAPIDON KEHITTÄMINEN

Tero Ijäs

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2012

Paperikoneteknologian koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





|  |                                  |  |
|--|----------------------------------|--|
| Tekijä(t)<br>IJÄS, Tero  | Julkaisun laji<br>Opinnäytetyö   | Päivämäärä<br>26.5.2012                  |
|  | Sivumäärä<br>64                  | Julkaisun kieli<br>Suomi                 |
|  | Luottamuksellisuus<br>( ) saakka | Verkkojulkaisulupa<br>myönnetty<br>( X ) |
| Työn nimi<br>HÖYRYJÄRJESTELMÄN KUNNOSSAPIDON KEHITTÄMINEN  |                                  |  |
| Koulutusohjelma<br>Paperikoneteknologian koulutusohjelma   |                                  |  |
| Työn ohjaaja(t)<br>MÄKI, Kari, Yliopettaja   |                                  |  |
| Toimeksiantaja(t)<br>METSO PAPER Oy, Teknologiakeskus, Jyväskylä<br>KAPANEN, Matti   |                                  |  |
| Tiivistelmä<br><p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Metson Paper Oy:n Rautpohjan yksikön koelaitoksen höyryjärjestelmän kunnossapitoa. Tavoitteena oli suorittaa kriittisyysanalyysi höyryjärjestelmän venttiileille ja luoda sen perusteella huolto-ohjelma. Lisäksi tavoitteeksi asetettiin höyryjärjestelmän putkistojen nimeäminen, hierarkian luominen sekä putkistojen merkitseminen fyysisiin kohteisiin.</p> <p>Kriittisyysanalyysi toteutettiin PSK 6800 -kriittisyysanalyysipohjan avulla, joka oli sopeutettu koelaitos ympäristöön. Lähtökohtana oli korostaa turvallisuuden merkitystä järjestelmään arvioidessa. Analyysin perusteella venttiilit jaoteltiin järjestykseen kriittisyyden mukaan ja luotiin huolto-ohjelma, jossa ennakoivat kunnossapitotoimet keskitettiin kriittisimpiin venttiileihin.</p> <p>Putkistojen hierarkian luominen aloitettiin nimeämällä putkistot PI -kaavioihin. Nimeämisen perustana käytettiin Metso teknistä positiointistandardia. Putkistot nimettiin ja merkittiin myös fyysisiin kohteisiin helpottamaan tunnistamista. Putkistojen nimeämisen pohjalta kokosin molempien koekoneiden osalta linjaluetelot dokumentointia varten. Viimeisenä vaiheena oli luoda järjestelmän hierarkia.</p> <p>Työn saavutuksina voidaan pitää venttiilien kriittisyystarkastelun tuloksena saavutettua mahdollisuutta keskittää kunnossapitoresurssit kriittisimpiin kohteisiin. Huolto-ohjelma tulee toimimaan hyvänä pohjana venttiilien kunnossapidolle. Työn avulla on myös mahdollisuus kohdentaa höyryjärjestelmän putkistoihin liittyviä tapahtumia. Putkistojen nimeäminen kentälle ja PI- kaavioihin helpottaa putkistojen tunnistamista, seuraamista sekä kohdentamista. Jatkossa tulisi huolto-ohjelma sekä koekoneiden hierarkiat syöttää kunnossapitojärjestelmää, jotta niiden hyöty pääsisi oikeuksiinsa ja täytäntöön.</p> |                                  |  |
| Avainsanat<br>höyryjärjestelmä, hierarkia, kunnossapito, kriittisyysanalyysi, koekone  |                                  |  |
| Muut tiedot  |                                  |  |



|  |  |   |
|--|--|---|
| Author(s)<br>IJÄS, Tero  | Type of publication<br>Bachelor's Thesis | Date<br>26.5.2012                       |
|  | Pages<br>64                              | Language<br>Finnish                     |
|  | Confidential<br>( ) Until                | Permission for web publication<br>( X ) |
| Title<br>IMPOVING THE MAINTENANCE OF A STEAM SYSTEM  |  |   |
| Degree Programme<br>Degree program in Paper Machine Technology   |  |   |
| Tutor(s)<br>MÄKI, Kari   |  |   |
| Assigned by<br>Metso Paper Inc. Paper Technology Center, Jyväskylä<br>KAPANEN, Matti   |  |   |
| Abstract<br><p>The aim of this bachelor's thesis was to develop the steam system maintenance in Metso's Technology Center. The aim was to complete a criticality analysis for the valves of the steam system and to create a maintenance plan based on that analysis. Another goal was to name those steam pipelines and to create a hierarchy.</p> <p>A criticality analysis was implemented by using the PSK 6800 criticality analysis, which was modified to fit in with the Technology Center's environment. The main point in the evaluation was safety. Based on the analysis the steam system valves were divided according to their criticality. The maintenance plan which concentrates on those critical valves was created.</p> <p>The hierarchy of the steam pipelines was started by naming those pipelines in the PI-chart. Metso's technical positioning standard was used in naming. The pipelines were named and marked also in the pipes for easier identifying. Also line charts were gathered for both pilot machines. The last phase was to create the hierarchy of those steam pipelines.</p> <p>The achievement of this thesis is the possibility to focus maintenance resources on the most critical valves. The maintenance plan will give a good base for the steam line maintenance. This thesis also gives a possibility to focus those steam pipeline events in the right place. The naming of the steam pipelines will make the pipeline identification easier and more consistent. In future, the maintenance plan and the pilot machine hierarchy should be transfer in the powermaint .</p> |  |   |
| Keywords<br>Maintenance, Steam and condensate system, Criticality analysis and Hierarchy, Pilot machine  |  |   |
| Miscellaneous  |  |   |

# SISÄLTÖ

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>JOHDANTO</b> .....                                 | <b>5</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>METSO</b> .....                                    | <b>6</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Metso konserni</b> .....                           | <b>6</b>  |
| <b>2.2</b> | <b>Metso Paper Oy</b> .....                           | <b>7</b>  |
| 2.2.1      | Metso Paper Oy.....                                   | 7         |
| 2.2.2      | Rautpohjan paperikonetehtas ja -teknologiakeskus..... | 8         |
| <b>3.</b>  | <b>KUNNOSSAPITO</b> .....                             | <b>9</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Kunnossapito ja sen määritelmä</b> .....           | <b>9</b>  |
| <b>3.2</b> | <b>Käyttövarmuus</b> .....                            | <b>10</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Kunnossapitolajit</b> .....                        | <b>12</b> |
| 3.3.1      | Perusteita kunnossapitolajeista .....                 | 12        |
| 3.3.2      | Korjaava kunnossapito .....                           | 12        |
| 3.3.3      | Huolto.....   | 13        |
| 3.3.4      | Ehkäisevä kunnossapito .....                          | 13        |
| 3.3.5      | Parantava kunnossapito.....                           | 14        |
| 3.3.6      | Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen.....          | 14        |
| <b>4.</b>  | <b>KRIITTISYYSANALYYSI</b> .....                      | <b>15</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Perusteita kriittisyysanalyysistä</b> .....        | <b>15</b> |
| <b>4.2</b> | <b>PSK 6800 -kriittisyysanalyysi</b> .....            | <b>17</b> |
| <b>5.</b>  | <b>KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ</b> .....                  | <b>18</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Perusteita kunnossapitojärjestelmästä</b> .....    | <b>18</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Kunnossapitojärjestelmä Powermaint</b> .....       | <b>20</b> |
| <b>6.</b>  | <b>HÖYRY-JA LAUHDEJÄRJESTELMÄ</b> .....               | <b>21</b> |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>6.1</b> | <b>Perusteita höyry- ja lauhdejärjestelmästä .....</b>               | <b>21</b> |
| 6.1.1      | Lauhteenpoistimet .....  | 22        |
| 6.1.2      | Automaattiventtiilit.....  | 22        |
| <b>6.2</b> | <b>Energia tehokkuus ja sen optimointi.....</b>                      | <b>22</b> |
| 6.2.1      | Putkistot .....  | 23        |
| 6.2.2      | Lauhteenpoistaminen ja -palauttaminen .....                          | 23        |
| 6.2.3      | Vuodot ja eristäminen.....   | 25        |
| <b>6.3</b> | <b>Koelaitoksen höyryjärjestelmä .....</b>                           | <b>26</b> |
| 6.3.1      | Perustietoja koelaitoksen höyry- ja lauhdejärjestelmästä .....       | 26        |
| 6.3.2      | Höyryjärjestelmän hallittu ylösajo .....                             | 28        |
| 6.3.3      | Höyryjärjestelmän odottamattoman käynnistyksen esto .....            | 29        |
| <b>7.</b>  | <b>PUTKISTOT .....</b>   | <b>30</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Putkiston kunnontodentaminen.....</b>                             | <b>30</b> |
| <b>7.2</b> | <b>Ainetta rikkomattomat menetelmät.....</b>                         | <b>30</b> |
| 7.2.1      | Perusteita ainetta rikkomattomista menetelmistä.....                 | 30        |
| 7.2.2      | Höyryputkiston kunnontodentamiseen sopivat NDT- menetelmät .....     | 31        |
| 7.2.3      | Muut soveltuvat menetelmät .....                                     | 33        |
| <b>8.</b>  | <b>HÖYRYJÄRJESTELMÄN KRIITTISYYSANALYYSI .....</b>                   | <b>34</b> |
| <b>8.1</b> | <b>Kriittisyysanalyysipohjan rakentuminen .....</b>                  | <b>34</b> |
| <b>8.2</b> | <b>Kriittisyysanalyysin toteutus .....</b>                           | <b>36</b> |
| <b>8.3</b> | <b>Kriittisyysanalyysin tulokset .....</b>                           | <b>38</b> |
| <b>8.4</b> | <b>Höyryjärjestelmän venttiilien kunnossapito-ohjelma.....</b>       | <b>38</b> |
| <b>8.5</b> | <b>Muita kehittämisehdotuksia .....</b>                              | <b>39</b> |
| <b>9.</b>  | <b>HÖYRY- JA LAUHDEJÄRJESTELMÄN PUTKISTOJEN HIERARKISOINTI .....</b> | <b>41</b> |
| <b>9.1</b> | <b>Putkistojen nimeäminen ja linjaluettelojen luominen .....</b>     | <b>41</b> |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 9.2 | Putkistojen merkitseminen .....                                 | 42 |
| 9.3 | Hierarkian luominen .....                                       | 43 |
| 9.4 | Putkiston kunnossapitoehdotukset .....                          | 43 |
| 10. | POHDINTA.....   | 45 |
|     | LÄHTEET .....   | 49 |
|     | LIITTEET.....   | 52 |
|     | Liite.2 Koe.2 kriittisyysanalyysi .....                         | 53 |
|     | Liite.3 Putkistojen nimeäminen .....                            | 54 |
|     | Liite.4 Putkistojen nimeäminen .....                            | 55 |
|     | Liite.5 Putkistojen nimeäminen .....                            | 56 |
|     | Liite.6 Putkistojen nimeäminen .....                            | 57 |
|     | Liite.7 Putkistojen nimeäminen .....                            | 58 |
|     | Liite.8 Putkistojen nimeäminen .....                            | 59 |
|     | Liite.9 Koe.1 linjaluetelo .....                                | 60 |
|     | Liite.10 Koe.2 Linjaluetelot .....                              | 61 |
|     | Liite.11 Koekone 1 höyry -ja lauhdejärjestelmän hierarkia ..... | 62 |
|     | Liite 12 Koekone 2 höyry- ja lauhdejärjestelmän hierarkia ..... | 63 |

## KUVIOT

|  |    |
|--|----|
| KUVIO 1. Liikevaihto asiakasteollisuuksittain 2011 (Metso yrityksenä 2012) .....     | 6  |
| KUVIO 2. Massa ja paperin liikevaihdot vuosina 2007–2011 (Massa ja paperi 2012)..... | 7  |
| KUVIO 3. Kunnossapidon kasvavat odotukset (Moubray 1997, 6) .....                    | 9  |
| KUVIO 4 PSK 7501, Kunnossapitolajit (Järviö ym. 2011, 50.).....                      | 12 |
| KUVIO 5. Riskimatriisi (Kunttu ym. 2004.) .....                                      | 16 |
| KUVIO 6. PSK 6800 -kriittisyysanalyysitaulukko (PSK 6800 2008) .....                 | 17 |
| KUVIO 7. Ilman aiheuttama tukos putkistossa (Motiva 2009.).....                      | 24 |
| KUVIO 8. Lauhteenpalautuksen polttoaine säästöt (Motiva 2009.) .....                 | 25 |
| KUVIO 9. Laipan eristäminen (Motiva 2009) .....                                      | 26 |
| KUVIO 10. Endoskooppitarkastelu (Erikoistyökalut 2012).....                          | 33 |
| KUVIO 11. PSK 6800 kriittisyysanalyysi pohja (PSK 6800 2008).....                    | 35 |
| KUVIO 12. Koelaitoksen tarpeisiin muokattu kriittisyysanalyysi pohja. ....           | 35 |
| KUVIO 13 Lauhteenpoistimen kytkentä (Motiva 2009) .....                              | 40 |

## TAULUKOT

|  |    |
|--|----|
| TAULUKKO 1. Kriittisyysanalyysin arviointi kriteerien pisteytys..... | 37 |
| TAULUKKO 2. Koekone 1:n kriittisimmät venttiilit.....                | 38 |
| TAULUKKO 3. Koekone 2:n kriittisimmät venttiilit.....                | 38 |

# 1. JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Metso Paper Oy:n Rautpohjan yksikön koelaitoksen toimeksiannosta. Koelaitoksella oli tarve parantaa höyryjärjestelmään liittyviä kunnossapitotoimia sekä järjestelmään liittyvää dokumentointia, joten se asetettiin tämän opinnäytetyön tavoitteeksi. Höyryjärjestelmään liittyen olin toteuttanut kunnossapidon perusteet -kurssilla projektityön, jossa toteutin kriittisyystarkastelun koelaitoksen koekone 2:n venttiileille. Tarkoituksena oli toteuttaa samanlainen kriittisyysanalyysi koekone.1:n venttiileille ja laatia huolto-ohjelma molempien koneiden osalta. Tehtävänä oli myös tutkia erilaisia ennakkohuoltomahdollisuuksia näille höyryjärjestelmän venttiileille, millä voitaisiin ehkäistä vikaantumisia tai havaita jo alkanut laitteen kunnan heikkeneminen. Lähtökohtaisesti koelaitoksella ei ole jaoteltuna höyryjärjestelmän venttiilejä eikä venttiileille suoriteta ennakoivaa kunnossapittoa, vaan kaikki venttiilit kalibroidaan kahden vuoden välein. Näin ollen tämä työ luo hyvän pohjan höyryjärjestelmän kunnossapitotoimien keskittämiseen kriittisimpiin kohteisiin.

Opinnäytetyöhön valittiin myös toinen päätavoite, joka oli höyryjärjestelmän putkistojen nimeäminen PI- kaavioihin, hierarkia luominen sekä järkevän merkkauksen laatiminen fyysisiin kohteisiin. Tämä tavoite oli tärkeä putkistojen dokumentaation kannalta, sillä ennen tätä kaikki tarkastukset ja havainnot koskien putkistoa ovat jääneet vain henkilöstön mieliin eikä niitä ole voitu kirjata järjestelmään. Selkeä hierarkkinen merkintä kentällä helpottaa myös kohdentamaan asiat aina oikeaan paikkaan. Tehtävänä oli myös tutkia eri menetelmiä, joilla höyryjärjestelmän putkistojen kuntoa voitaisiin todentaa ilman putkiston purkamista.

Tämä opinnäytetyö antaa hyvät mahdollisuudet kokonaisvaltaiseen koelaitoksen höyry- ja lauhdejärjestelmän kunnossapittoon ja sen kehittämiseen.



## 2. METSO

### 2.1 Metso konserni

Metso-konserni sai alkunsa vuonna 1999, kun silloinen paperi- ja kartonkikone valmistaja Valmet ja kivenmurskukseen, kuituteknologiaan sekä virtauksensäätöratkaisuihin keskittynyt Rauma yhdistyivät. Seurauksena syntyi kansainvälinen teknologia konserni, joka tarjoaa asiakkailleen huippuosaamista teknologia- ja palveluratkaisuilla niin kaivos-, maanrakennus-, voimantuotanto-, öljy- ja kaasu-, kierrätys- kuin massa- ja paperiteollisuudelle. Metsolla on toimintaa ympäri maailmaa yli 300 yksikössä ja yli 50 maassa, mm. tuotantoa, hankintaa, suunnittelua ja myyntiä. Metso on suuri työllistäjä, sillä Metsolla työskentelee noin 29000 työntekijää ympäri maailman ja sillä on asiakkaita yli 100 maassa. Metso-konsernin vuoden 2011 liikevaihto oli 5552 miljoonaa euroa, josta suurin osa eli noin 45 prosenttia koostui palveluliiketoiminnasta. Vuonna 2011 Vahvimpina teollisuusaloina Metsolla olivat kaivos- sekä paperiteollisuus, joiden kummankin osuus koko Metson liikevaihdosta oli 30 prosenttia (Ks. kuvio.1). Kaivosteollisuus onkin kasvanut tasaisesti ja kirinyt ohi paperiteollisuudesta, liikevaihdon saralla. Metso- konsernin liiketoiminta on jaettu kolmeen segmenttiin, jotka ovat kaivos- ja maanrakennusteknologia, energia- ja ympäristöteknologia sekä paperi- ja kuituteknologia. (Metso yrityksenä 2012.)



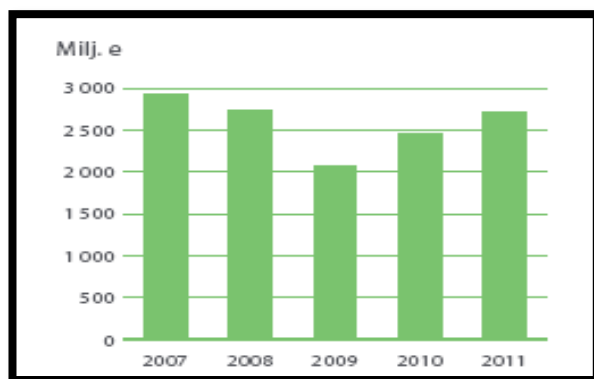
KUVIO 1. Liikevaihto asiakasteollisuuksittain 2011 (Metso yrityksenä 2012)

## 2.2 Metso Paper Oy

### 2.2.1 Metso Paper Oy

Metso Paper tuottaa koneita sekä paperi että massan valmistusta varten. Paperikoneiden osalta Metso paperin repertuaariin kuuluu laaja skaala eri konevaihtoehtoja niin paperin, kartongin kuin pehmopaperinkin valmistukseen. Tarjonta sisältää myös palveluja, prosessiparannuksia sekä koneuusintoja. Metso Paper onkin johtava paperikone valmista maailmassa, sillä se on toimittanut noin puolet kaikista maailman paperikoneista. Toiminnan laajuudesta kertoo se, että Metso Paperilla on 50 palvelukeskusta ympäri maailmaa, joiden avulla pyritään ylläpitämään ja parantamaan asiakkaiden tuotantolinjojen tehokkuutta. (Massa ja paperi 2012.)

Metso Paperin massanvalmistus puoli tarjoaa sellutehdasratkaisut aina puukentältä, sellun kuivatukseen ja palautukseen sekä talteenottoon. Tarjonta sisältää niin mekaanisen kuin kemiallisenkin massanvalmistuksen koneet, tuotantolinjat, koneuudistukset sekä modernisoinnit. Metso paperin hallitsee maailman massan valmistusta, sillä 75 prosenttia kaikesta maailman sellusta valmistetaan Metson laitteistoilla. Metso Paperin liikevaihto vuonna 2011 oli noin 2703 miljoonaa euroa, mikä oli koko konsernin liikevaihdosta noin 40 prosenttia. Metso paperin liikevaihto kasvoi vuodesta 2010 noin 10,2 prosenttia (Ks.kuvio.2).(Massa ja paperi 2012.)



KUVIO 2. Massa ja paperin liikevaihdot vuosina 2007–2011 (Massa ja paperi 2012)

### 2.2.2 Rautpohjan paperikonetehtas ja -teknologiakeskus

Rautpohjan paperikonetehtas Jyväskylässä työllistää nykyään noin 1700 henkilöä, joista tuotannossa työskentelee noin 400 henkilöä. Rautpohjan tehdasalueella on yli 50 hehtaaria ja siellä sijaitsevat paperi- ja kartonkikonetehtas, paperiteknologiakeskus, paperikoneiden huoltokeskus sekä valimo. Vuositasolla Rautpohjassa on meneillään 20 – 30 paperikone- ja uusintaprojektia. Pienempiä komponentti- ja varaosatoimituksia on satoja. (Metso paper Machines unit Jyväskylä general presentation 2011.)

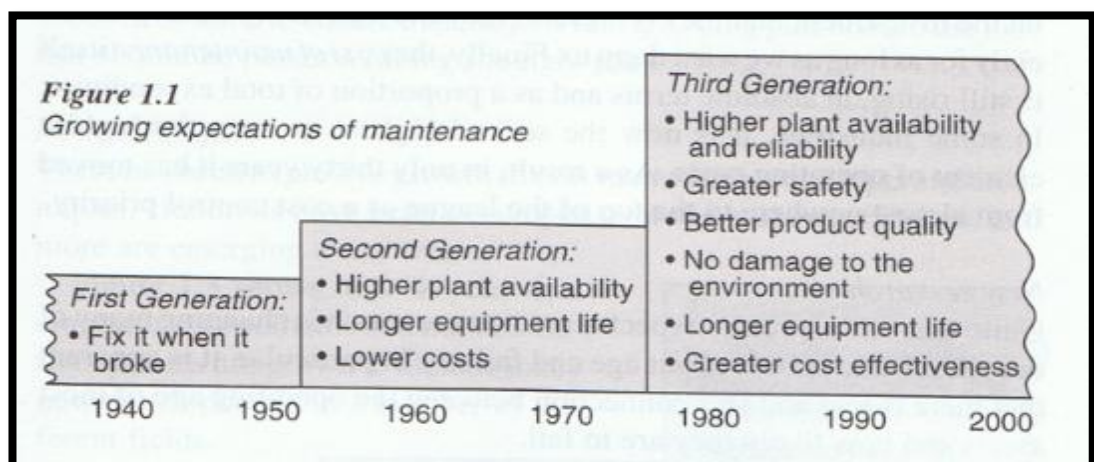
Paperikoneteknologiakeskus sijaitsee Metson Rautpohjan paperikonetehtasalueella ja siellä työskentelee yhteensä noin 60 henkilöä. Paperikoneteknologia keskuksessa on kaksi koepaperikonetta, laboratorio, erilliskoepaikka ja prosessianalyysipalvelut. Ensimmäinen koepaperikone, koekone 1 starttasi vuonna 1977, jonka jälkeen konetta on uusittu useaan otteeseen, viimeksi vuonna 2010. Koneen suunnittelu nopeus on 2000 m/min ja viiran leveys 1000mm. Koekone 1 on parahimmillaan raskaita kartonkilaatuja ajettaessa ja sillä pystytään myös ajamaan kaksi kerrosajoa. Koelaitokselle rakennettiin vuonna 1996 uusi koepaperikone, koekone 2, joka pyrki vastaamaan kasvaneeseen ajonopeus tarpeeseen. Tätä uudempaakin konetta on uusittu vuosina 2006 ja 2009, jonka jälkeen koneen suunnittelunopeus on 3000 m/min. Koekone 2:n sisältää mahdollisuuden ajaa joko tasoformerilla tai kitaformerilla. Uusintojen myötä koekone 2:lla voidaan valmistaa sekä raskaita kartonkilaatuja että kevyttä hienopaperia. (Metso paper Machines unit Jyväskylä general presentation 2011.)

Koelaitos toimii yhteistyössä yritysten kanssa ja tarjoaa asiakkaille mahdollisuuden testata ja näin kehittää omia koneitaan. Pääasiallisena käyttäjänä on kuitenkin Metson oma tuotekehitys, joka testaa uusimmat ideat ja laitteet koelaitoksella. (Metso paper Machines unit Jyväskylä general presentation 2011.)

## 3. KUNNOSSAPITO

### 3.1 Kunnossapito ja sen määritelmä

Kunnossapidon tärkeimpänä tehtävänä on pitää laitteet käyttökunnossa ja palauttaa vikaantuneet laitteet käyttökuntoon. Nykyisin laitteiden vikaantumiset pyritään ehkäisemään ennakoivilla kunnossapidon toimenpiteillä. Kunnossapidon suuntaus onkin muuttumassa enemmän luotettavuus keskeisemmäksi. Luotettavuudella tarkoitetaan todennäköisyyttä, jolla komponentti tai systeemi voi toteuttaa vaaditut toiminnot tietyissä olosuhteissa. (Coleman 2012, 14.) Kunnossapitoa ei myöskään enää pidetä vain pelkkänä kustannustekijänä, vaan toimintona, jolla ylläpidetään tuotantolaitoksen kilpailukykyä (Mikkonen 2009, 25). Kehitystä kuvaa hyvin John Moubrayn näkemys kunnossapidon sukupolvista (Ks. kuvio 3). Hän jaottelee kunnossapidon kasvavat vaatimukset kolmeen sukupolveen. Ensimmäinen sukupolvi toimi vain silloin kun jotain rikkoutui. Toinen sukupolvi kiinnostui jo laitteiden pidemmästä eliniästä sekä pienemmistä kustannuksista. Tällöin syntyi termi ehkäisevä kunnossapito. Kolmas sukupolvi halusi panostaa edelleen parempaan käytettävyyteen, tällöin alkoivat myös työturvallisuus ja ympäristön kuormitus kiinnostamaan. (Moubray 1997, 2-6.)



KUVIO 3. Kunnossapidon kasvavat odotukset (Moubray 1997, 6)

Kunnossapito määritellään PSK – standardin 6201 3. painoksen mukaan että ”*se 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.*”

Standardi määrittelee kunnossapitoon kuuluvaksi kaikki ne toimenpiteet, joilla todennetaan kohteen toimintakunto, pidetään se halutussa toimintakunnossa tai saatetaan se takaisin toimintakuntoon. (Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät PSK 6201 2011,1.) Hieman erilaisen näkökulman esittelee kunnossapidon edelläkävijä John Moubray. Hänen määrittelee kunnossapidon seuraavasti: Kunnossapidolla varmistetaan, että laitteet jatkavat sen tekemistä, mitä käyttäjät haluavat niiden tekevän. Tämä Moubrayn määritelmä eroaa muista kunnossapidon määritelmistä lähinnä siltä osin, että jonkun tulisi olla tietoinen, mitä laitteen halutaan tekevän. (Mikkonen 2009, 26.)

### **3.2 Käyttövarmuus**

Kunnossapidolla pyritään lisäämään kohteen käytettävyyttä eli minimoimaan suunnittelelemattomat katkot, jotka johtuvat mekaanisista vioista. Tähän liittyy kunnossapidon keskeisimpiin termeihin kuuluva käyttövarmuus. PSK – standardi 6201 määrittelee, että käyttövarmuus tarkoittaa ”*kohteen kykyä olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla.*” (Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät PSK 6201 2011,1.) Käyttövarmuutta voidaan mittaroida mm. käytettävyydellä ( $A = UT/UT+DT$ ), eli käytettävyys on käyntiaika jaettuna käyntiajan ja seisokkiajan summalla (Tuukkanen, 2011, 6). Käyttövarmuus jaetaan perinteisesti kolmeen ryhmään, toimintavarmuuteen, kunnossapitovarmuuteen ja kunnossapidettävyyteen:

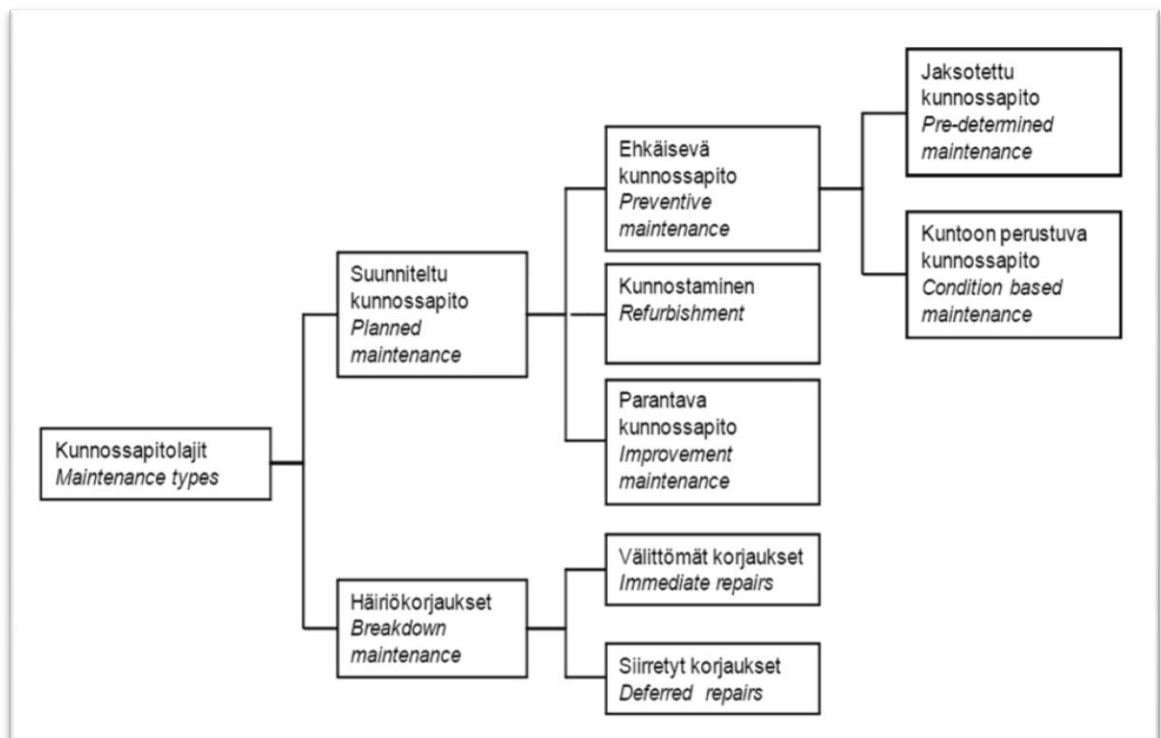
- *”Toimintavarmuus on kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson. Toimintavarmuus voidaan määritellä myös todennäköisyytenä ja se koostuu: Konstruktiosta, rakenteellisesta kunnossapidettävyydestä, asennuksesta, huollosta, käytöstä ja varmennuksesta.”*
- *”Kunnossapitovarmuus kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa vaadittu tehtävä tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaaditulla ajanhetkellä tai ajanjaksona. Annetut olosuhteet viittaavat sekä kohteeseen itseensä, että paikkaan, joissa kohdetta käytetään ja kunnossapidetään. Kunnossapitovarmuus koostuu: Hallinnosta, rutiineista, dokumentaatiosta, korjausvarusteista, kunnossapitäjistä, varaosista ja materiaaleista.”*
- *”Kunnossapidettävyys tarkoittaa kohteen kykyä olla pidettävissä tilassa tai palautettavissa tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon määritellyissä käyttöolosuhteissa, jos kunnossapito suoritetaan määritellyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja menetelmiä ja resursseja. Kunnossapidettävyys koostuu: vian havaittavuudesta, huollettavuudesta ja korjattavuudesta.”*  
(Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät PSK 6201 2011,1.)

Professori Seppo Viitanen tiivistää kunnossapidon ja käyttövarmuuden olevan puhtaimmillaan riskien hallintaa, eli kaikin keinoin yritetään pienentää satunnaisen vian todennäköisyyttä ja niistä seuraavien vikojen laajuutta. Kuitenkin ihmiset painottavat tapahtuman seurauksia eri tavalla, joten riskien määrittäminen on vaikeaa. (Viitanen n.d.)

### 3.3 Kunnossapitolajit

#### 3.3.1 Perusteita kunnossapitolajeista

Tarkasteltaessa kunnossapitolajeja eri lähteistä huomaa, että jaottelumalleja on monia erilaisia. On kuitenkin mahdollista määritellä viisi pääalajia, jotka toistuvat kaikissa. Nämä pääalajit ovat korjaava kunnossapito, huolto, ehkäisevä kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen ja vikaantumisen selvittäminen. Tavallisesti kunnossapito jaotellaan vielä suunniteltuun ja suunnittelemattomaan tai häiriökorjauksiin, kuten PSK 7501 – standardissa (Ks. kuvio.4). (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2011, 49.)



KUVIO 4 PSK 7501, Kunnossapitolajit (Järviö ym. 2011, 50.)

#### 3.3.2 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito tähtää osan tai komponentin palauttamiseen takaisin toimintakuntoon, eli korjaamaan vian mahdollisimman lyhyellä seisokilla ja tuotannon

menetyksellä. Korjaavaa kunnossapitoa on kahdenlaista, sekä suunnittelematonta häiriökorjausta, että suunniteltua kunnostusta. Kunnossapito pyrkii välttämään suunnittelematonta häiriökorjausta, sillä se voi aiheuttaa tuotannon katkeamisen ja näin tuotannon menetystä sekä kustannuksia. Korjaava kunnossapito pitää sisällään seuraavia toimia: vian määrittäminen, vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaus, väliaikainen korjaus ja toiminta kuntoon palauttaminen. (Järviö ym. 2011, 49.)

### **3.3.3 Huolto**

Huollon tarkoituksena on pitää yllä kohteen toimintakyky ja vaaditut ominaisuudet tai palauttaa kohteen huonontunut toimintakunto ja näin estää vaurion syntyminen. Huollon ja ehkäisevän kunnossapidon toiminnot ovat osittain samoja ja toisiaan tukevia. Huolto tapahtuu usein jaksotetun huoltosuunnitelman mukaisesti, eli kohteiden huoltojen tiheyteen vaikuttaa käyttöaika sekä toiminnon rasittavuus. Seuraavat toimet sisältyvät jaksotettuun huoltoon: toiminta edellytysten vaaliminen, puhdistus, voitelu, huoltaminen, kalibrointi, kuluvien osien vaihtaminen sekä toiminta kyvyn palauttaminen. (Järviö ym. 2011, 50.)

### **3.3.4 Ehkäisevä kunnossapito**

Ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on valvoa kohteen kuntoa ja pyrkiä ennakoimaan mahdollisia vikaantumisia ja sitä kautta vähentämään vikojen todennäköisyyttä sekä pyrkiä minimoimaan kohteiden toimintakyvyn heikkeneminen. Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan joko säännöllisesti aikataulun mukaan tai sitten kun tarve vaatii. Tämä mahdollistaa kunnossapidon toimien suunnittelun etukäteen, jolloin säästetään aikaa ja rahaa. Seuraavat toimet luetaan kuuluvan ehkäisevään kunnossapitoon: kunnonvalvonta, tarkastaminen, määräystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen, käynninvalvonta sekä vikaantumistietojen analysointi. (Järviö ym. 2011, 50.)



### 3.3.5 Parantava kunnossapito

Parantavan kunnossapidon tavoitteena on parantaa kohteen toimintaa paremmilla osilla, uudelleensuunnittelulla sekä suorituskyvyn parantamisella. Parantava kunnossapito jaetaan näillä perusteilla kolmen pääryhmään. Ensimmäinen ryhmä sisältää kohteen muuttamisen käyttämällä parempia osia tai komponentteja, muuttamatta kuitenkaan kohteen suorituskykyä. Toinen pääryhmä parantaa kohdetta suunnittelemalla sen osittain tai jopa kokonaan uudelleen. Taaskaan ei kohteen suorituskyky muutu vaan tarkoitus on tehdä kohteesta luotettavampi. Kolmas pääryhmä koostuu modernisaatioista, joilla parannetaan kohteen suorituskykyä. Parannettaessa kohteen suorituskykyä, tulee vastaan tilanne, jolloin joudutaan uudistamaan myös muuta prosessia, jotta modernisointi voitaisiin hyödyntää parhaiten. Vanhentuvilla laitekannoilla käy usein niin, ettei niiden suorituskyky voi enää vastata markkinoiden kysyntään. Tällöin vaihtoehtoina on modernisointi tai kokonaan uusi investointi. (Järviö ym. 2011, 51.)

### 3.3.6 Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen

Nykyään eräs tärkeimmistä kunnossapidon osa-alueista on vikahistoriatiedon ja riskianalyyysien hyödyntäminen, kun kohteiden luotettavuutta halutaan parantaa. Toistaiseksi kuitenkin vikojen ja vikaantumisten selvittämistä ei ole pidetty toimintona, joka kuuluisi kunnossapitoon. Käsitteellä vikojen ja vikaantumisten selvittäminen, tarkoitetaan vikaantumisprosessin ja vian syyn selvittämistä. Niiden perusteella on mahdollista estää samantyyppiset vahingot. Menetelmät, joita voidaan käyttää apuna vikojen selvittämisessä: vika-analyysi, simuloinnin avulla vikaantumisen selvittäminen, mallintaminen, perussyyn selvittäminen, materiaalianalyytit, suunnittelun analyytit sekä vikaantumispotentiaalinen kartoitus. (Järviö ym. 2011, 51.)

## 4. KRIITTISYYSANALYYSI

### 4.1 Perusteita kriittisyysanalyysistä

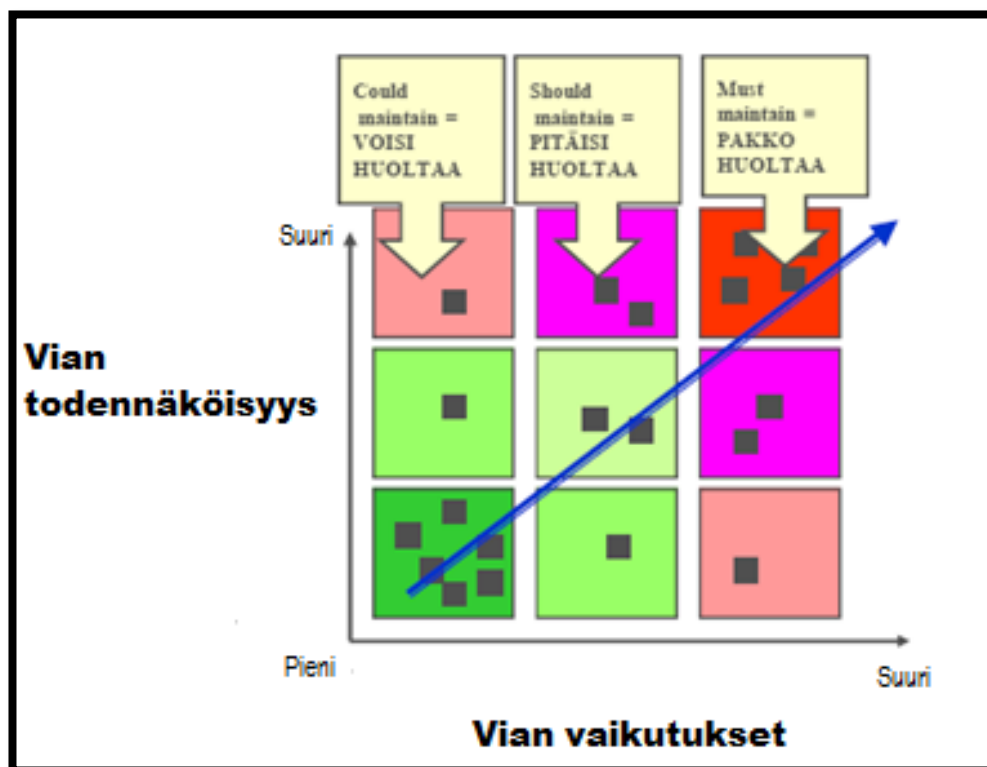
Kriittisyys määritellään standardin PSK 6800 mukaisesti, että kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski (henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin ja tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seurauksiin liittyvä riski) ei ole hyväksyttävällä tasolla. (Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa PSK 6800 2008)

Kriittisyysanalyysin tarkoituksena on löytää tuotantolinjan heikoin lenkki, eli se toiminto, mikä vaikuttaa eniten turvallisuuteen, epäkäytettävyyteen tai johonkin muuhun analyysinlaatijan valitsemaan mittariin. Kohteen rajaaminen on kriittisyysanalyysin onnistumisen kannalta tärkeää ja luotettavimmat tulokset saadaan, jos analyysi suoritetaan prosessi tai osaprosessi kerallaan. (Marjakoski 2011.)

Kriittisyysanalyysin onnistuminen vaatii runsaasti tietoa, niin kohteen laitteista, niiden vikaantumisista sekä vikaantumisten seurauksista. Kyseisiä tietoja löytyy kunnossapidon tietojärjestelmistä, päiväkirjoista, tuotannonseurausjärjestelmistä sekä tapaturmien ja riskitilanteiden seurantajärjestelmistä. Aina tietoja ei ole saatavilla, johtuen yrityksen tavasta toimia ilman järjestelmällistä dokumentointia tai työntekijöiden motivaatiosta kirjata asioita ylös. Oli syy mikä tahansa, voi tietojen puute aiheuttaa todellisia ongelmia analyysin laatimiseen. Tärkeää onkin suunnitella mitä tietoa halutaan kerätä ja hyödyntää, jolloin koko prosessi helpottuu ja nopeutuu. Hiljainen tieto on erittäin arvokas historiatiedon lähde, sillä ne henkilöt, jotka ovat työskennelleet kohteen parissa jopa vuosikymmeniä, tuntevat kohteen hyvin ja voivat näin antaa luotettavia vikahistoriatietoja. Osa tärkeistä vikatiedoista merkitään päiväkirja – tyyppiseen, lähinnä vuorojen väliseen kommunikointiin tarkoitettuun vihkoseen. Tähän vihkoseen merkitään usein pienemmät viat, jotka eivät päädy mihinkään järjestelmään. Nämä pienemmät viat voivat toistuessaan kuitenkin olla todella merkittävä osa kokonaisuudesta. Ongelmaksi historiatietoja etsittäessä, voi

muodostua epätarkat merkinnät katkojen ja korjausten pituuksista. Tällainen tieto voi kuitenkin löytyä tuotannonseuranta järjestelmästä, sillä sinne kirjataan kaikki tuotannonkatkot ja seisokit. (Kunttu, Tolonen, Reunanen & Valokari. 2004.)

Kriittisyysmatriisi on paljon käytetty kriittisyysanalyysin muoto, joka perustuu matriisimuotoiseen tarkasteluun, siten että pystyakselilla on vian tapahtumisen todennäköisyys ja vaaka-akselilla vian vaikutukset (Ks.kuvio.5). Tämä aiheuttaa sen, että on ongelmallista päättää kumpi on kriittisempää, harvoin tapahtuva suuren kustannuksen vikaantuminen vai usein tapahtuva pienen kustannuksen vikaantuminen. Kriittisyysmatriisin hyvänä puolena on se, ettei määritettäviä asioita ole välttämätöntä yhteismitallista, esimerkkinä henkilöturvallisuuteen liittyen. Se antaa myös mahdollisuuden nopeampaan ja suurpiirteiseen hahmotukseen. (Kunttu ym. 2004.)



KUVIO 5. Riskimatriisi (Marjakoski 2011.)

## 4.2 PSK 6800 -kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysi -menetelmää käytetään kunnossapitosuunnitelman lähtötiedon tuottamiseen. Se toimii myös hyvänä apuna määriteltäessä uuden hankittavan laitteen ominaisuuksia, laatutasoa tai vastaanottokriteerejä. (Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa PSK 6800 2008) PSK 6800 -kriittisyysanalyysi tarvitsee lähtötietoina analysoitavasta kohteesta vikaantumisherkkyden eli vikataajuuden (MTTF) tai vikaantumisvälin (MTBF). Lisäksi lähtötietoina tarvitaan vikaantumisen aiheuttamat turvallisuus-, ympäristövaikutukset sekä tuotannon menetys-, lopputuotteen laatu- ja vikaantumisen korjauskustannukset. (Marjakoski 2011.) PSK 6800 -kriittisyysanalyysi etenee seuraavasti:

- Määritetään tarkastelun laajuus.
- Määritetään tuotannon menetyksen painoarvo WP.
- Arvioidaan sopivatko muut painoarvot sovellettavalle teollisuuden toimialalle. Tarvittaessa standardissa annettuja painoarvoja muutetaan.
- Listataan standardin taulukkolaskentaohjelmaan tarkasteltavat laitteet (Ks. kuvio.6).
- Valitaan tarkasteltaville laitteille käytettävät kertoimet.
- Ohjelma laskee laitteiden kriittisyysindeksin (K) ja sen osaindeksit (Ks, Ke, Kp, Kq ja Kr) käyttäen hyväksi annettuja parametreja.
- Kriittisyysluokittelu tehdään lajittelemalla laitteet kriittisyysindeksin K mukaiseen järjestykseen. (Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa PSK 6800 2008.)

| Laitos                       |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |   |                    |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------------|---|--------------------|
| Kriittisyysluokittelun kohde |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |   |                    |
| Tekijät                      |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |   |                    |
| Versio                       |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |   |                    |
| Päiväys                      |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |   |                    |
|                              |                        |                         |                       |                  |                           |                                      | Kriittisyyden raja-arvo                 | 400                |
|                              |                        |                         |                       |                  |                           |                                      | Tuotannon menetyksen painoavokerroin Wp | 100                |
| Toimintopaikan tunnistus     | Toimintopaikan nimitys | Vikaantumisväli (1...8) | Turvallisuus (0...16) | Ympäristö 0...16 | Tuotannon menetys (0...4) | Lopputuotteen laatukustannus (0...4) | Korjauskustannus (0...4)                | Kriittisyysindeksi |
|                              |                        | Painoarvot<br>W -->     | 30                    | 20               | 100                       | 30                                   | 20                                      | K                  |
|                              |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |   | 0                  |

KUVIO 6. PSK 6800 -kriittisyysanalyysitaulukko (PSK 6800 2008)

## 5. KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ

### 5.1 Perusteita kunnossapitojärjestelmästä

Kunnossapitoon liittyy paljon erilaista tietoa, kuten vikahistoriaa, laitekortteja, huoltotietoja, varaosatieoja, käyttö ja huolto-ohjeita sekä laitteisiin liittyviä piirustuksia ja dokumentteja. Kaiken tämän informaation organisoituun dokumentointiin tarvitaan kunnossapitojärjestelmää, jolla hallinnoidaan, seurataan ja suunnitellaan kunnossapito- ja huoltotöitä. Järjestelmän avulla hallitaan varaosia ja hoidetaan varaosien tilauksia sekä voidaan hoitaa myös kunnossapidon talouspuolta. Tiivistettynä voisi sanoa, että kunnossapitojärjestelmällä pidetään kaikki kunnossapidon narut hallinnassa. (Antikainen 2005.)

Tavoitteena on optimoida käytössä olevat resurssit, kuten työntekijät, laitteet, materiaalit ja taloudelliset varat siten, että ylläpidetään kunnossapidolle kuuluvien laitteiden toimintakuntoa ja ympäristöä. Kunnossapitojärjestelmä pitää sisällään laitepaikat, laitteet, resurssit, turvallisuus suunnitelmat, työpyynnöt, töiden johtamisen, töiden raportoinnin sekä ennakoivat kunnossapitotoimenpiteet. Järjestelmän avulla voidaan hallita yksittäisen rakennuksen tai kokonaisen tehtaan kunnossapitoa. Yleensä järjestelmät on myös muokattavissa omia tarpeita vastaaviksi, jolloin järjestelmästä saadaan kaikki hyöty irti. (Computerized maintenance management systems 2012.)

Kunnossapitojärjestelmän tehtävänä on kerätä ja tallettaa kunnossapitotiedot järkevästi, jotta niitä voidaan tarvittaessa hyödyntää. Miksi tietoa sitten halutaan kerätä? Tiedon keruu on tärkeä osa kunnossapito toiminnan ylläpitoa ja kehittämistä. Tiedon keruun avulla voidaan perustella investointien tarvetta, helpottaa kunnossapito resurssien kohdentamista sekä kunnossapitostrategian laatimista ja seuranta, mahdollistaa käyttövarmuustarkastelut tehtaiden ja laitetoimittajien kesken ja

ongelmatilanteissa laitepaikkakohtaiset tiedot nopeuttavat tilanteen selvittämisessä. (Konola & Mäki 2000.)

Kaikkea tietoa ei kuitenkaan kirjata järjestelmään. Syynä voi olla vian kiireellisyydestä johtuen, että kirjaaminen tehdään myöhemmin, mutta se kuitenkin unohtuu. Henkilöstö saattaa toisinaan olla tietämättömiä tiedonkeruulla saatavasta hyödystä jolloin se koetaankin ylimääräiseksi työtehtäväksi. Kyseessä voi olla myös opittu tapa, joka siirtyy henkilöstön sisällä, kun joku päättää olla kirjaamatta pienimmät ja usein toistuvat viat niin muut ottavat mallia ja näin voi jäädä kokonaisuuden kannalta tärkeät huomiot kirjaamatta. Vian syyn selvittäminen voi olla joskus hankalaa ja sen selvittäminen vie aikaa, jolloin kirjaaminen ei enää vaikuta merkitsevältä. Usein myös inhimilliset virheet jäävät kirjaamatta, sillä niitä ei haluta kirjata. (Konola ym. 2000)

Kunnossapitojärjestelmässä olevat vikatiedot tulee kohdistaa oikein, jotta suurella työllä kerätty tieto olisi hyödynnettävissä mahdollisimman hyvin. Tiedot sattuneista vikaantumisista, niiden korjaamistoimenpiteistä, ennakkohuoltotoimenpiteistä sekä muunlaisista toimenpiteistä tulee aina kohdistaa laitepaikkatasolle, kuten myös laitteiden vaihdot syystä riippumatta. Tärkeää on myös kuvailla vikaa, jolloin on mahdollista kohdistaa se tarkemmin laitteelle tai osalle, sillä laitepaikka voi sisältää useita laitteita. Lisäksi laitteet voivat vaihtua laitepaikalla, jolloin eri laiteyksilöiden tiedot kertyvät kyseiselle laitepaikalle. (Konola ym. 2000)

Kunnossapidon vikatietoja kertyy runsaasti, mikäli tiedon kerääminen toteutetaan järjestelmällisesti. Runsaasta tietomassasta olisi hankala löytää haluamiaan tietoja, jos niitä ei ole luokiteltu. Luokitellun tiedon käyttäminen analyyseissä tehostuu, helpottuu ja nopeutuu. Suurimpana hyötynä järjestelmällisessä vikojen luokittelussa voidaan pitää tiedon jatkoanalysoinnin helpottumista, tiedon ollessa määrämuotoisena. Järjestelmään kirjattavan tiedon määrä pienenee, mikä lisää motivaatiota vikatiedon kirjaamiseen. Toki kuvailukenttä on hyvänä lisänä, tukemassa ja lisäämässä informaation määrää vikaantumisesta. Vian havaitsijan luokittelu voi pitää sisällään

vikaantuneen laitteen, vian ilmeneminen, vian havaitseminen, ympäristöolosuhteet sekä vian kriittisyyden määrittelyt. Kohteen korjaajan luokitteluun voisi kuulua vikaryhmittely, korjauksen kesto, tehdyt toimenpiteet sekä vian syy. (Konola ym. 2000)

## **5.2 Kunnossapitojärjestelmä Powermaint**

PowerMaint -kunnossapitojärjestelmä on kunnossapidon ja materiaalihallinnan tietojärjestelmä. PowerMaint pohjautuu ORACLE -relaatiotietokantaan ja –sovelluskehittimeen, joiden ansiosta tiedon etsintä on helppoa ja nopeaa isoistakin tietomääristä. Järjestelmän hyvänä puolena on myös sen muokattavuus yrityksen tarpeita vastaavaksi. Käytönllyttymänä toimii hiiriohjattu graafinen MS Windows -käyttöliittymä. Ohjelman kielivaihtoehtoina on suomi, saksa ja englanti. PowerMaint -järjestelmä on käytössä jo yli 200 yrityksessä, kymmenessä eri maassa. Ohjelmiston tavoitteena on optimoida laitteiden luotettavuus pienin kustannuksin, huomioiden myös ympäristön ja turvallisuuden. Järjestelmä välittää reaaliaikaisia tietoja käytettävissä olevista resursseista sekä vikatiedoista, jolloin niiden hallinta helpottuu. (Solteq 2012)

## 6. HÖYRY-JA LAUHDEJÄRJESTELMÄ

### 6.1 Perusteita höyry- ja lauhdejärjestelmästä

Teollisuuden prosessien energian tarpeisiin on olemassa kolme vaihtoehtoa: sähkö, suora lämpö sekä höyry. Höyryllä on monia hyviä puolia, joiden takia sitä käytetään laajasti eri teollisuuden aloilla, esimerkiksi lämmittämään prosessia tai kontrolloimaan painetta. Höyryn etuina ovat myös sen myrkyttömyys ja turvallisuus, suhteellisen edullinen hinta, höyryn siirtämisen helppous ja tehokkuus sekä lämpötilan helppo hallittavuus paineen avulla. Höyry sisältää paljon energiaa sen massaansa nähden, mikä voidaan muuttaa mekaaniseksi työksi tai prosessin lämmöksi. (US Department of energy 2012.)

Paperiteollisuus on yksi höyryn pääkäyttäjistä, sillä jokaisesta paperikoneesta löytyy höyryjärjestelmä. Paperikoneissa höyry- ja lauhdejärjestelmät ovat yleisesti niin sanottuja läpivirtausjärjestelmiä, joissa tehdään oma tai voimalaitoksen höyrykattilasta tuleva höyry johdetaan tehtaan höyryjärjestelmään. Tehtaalle johdetun höyryn lämpöenergia hyödynnetään ja tuloksena syntynyt lauhde palautetaan takaisin höyryn tuotanto paikalle. Järjestelmän tarkoituksena on kuljettaa höyryä paperikoneen eri osille, joissa lämpöenergiaa käytetään esimerkiksi kuivatussylintereiden lämmittämiseen, höyrylaatikoilla suoraan paperin kuivattamiseen sekä prosessivesien lämmittämiseen. Järjestelmän päätehtävinä on varmistaa kuivatussylintereihin kertyvän lauhteen poistaminen, poistaa höyryn mukana järjestelmään tulevat lauhtumattomat kaasut sekä säätää sylinterien pintalämpötilaa siten että lämmön siirtyminen paperiin on mahdollisimman tehokasta. Paperikoneiden höyry- ja lauhdejärjestelmät koostuvat putkistoista, erilaisista venttiileistä, lauhteenpoistimista, paineen mittauksista sekä lauhdesäiliöistä. (Marttinen 2011.)



### **6.1.1 Lauhteenpoistimet**

Lauhteenpoistimien tehtävänä on päästää lauhdevesi ja lauhtumattomat kaasut höyryverkostosta lauhdeverkostoon. Yleisimmät ongelmat lauhteenpoistimissa ovat vuodot, kuluminen ja tukkeutuminen. Putkistosta irtoava lika ja ruoste saattaa aiheuttaa lauhteenpoistimen tukkeutumisen, mistä voi pahimmillaan syntyä vaaratilanne koneenkäyttäjille. Varsinkin koelaitoksen ympäristössä höyrylinjojen jatkuva linjojen alasajo ja ylösajo aiheuttaa korroosiota, jolloin putkista irtoaa ruostetta, mikä saattaa kertyä lauhteenpoistimiin. (Hautala 2011.)

### **6.1.2 Automaattiventtiilit**

Automaattiventtiilit ovat toiminnaltaan samanlaisia kuin käsiventtiilit, mutta niiden ohjaus tapahtuu ohjausyksikön kautta joko pneumaattisesti tai sähköisesti. Venttiilien ohjaus voi tapahtua, joko on/ off- tavalla tai siten, että venttiili aukenee ja sulkeutuu osittain säädellen virtausta halutunlaiseksi. Koelaitoksen venttiilit toimivat lähinnä pneumaattisesti kosteista käyttöolosuhteista johtuen. (Automation 2012.)

Automaattiventtiilit saattavat vikaantua hieman helpommin kuin käsiventtiilit, sillä ohjausyksikkö sisältää sähköisiä tai pneumaattisia komponentteja. Yleisimmin vikaantumiset johtuvat epäpuhtauksista. Nykyaikaiset automaattiventtiilit ovat kuitenkin erittäin toimintavarmoja ja oikein asennettuina sekä sijoitettuina helppoja ja edullisia huoltaa. (Automation 2012.)

## **6.2 Energia tehokkuus ja sen optimointi**

Teollisuudessa energia tehokkuudella tarkoitetaan tuotteiden tuottamista pienemmällä energiamäärällä eli samalla määrällä energiaa saavutetaan suurempi tuotanto. Energiatehokkuuteen kuuluu myös tuotannosta aiheutuvien päästöjen pienentäminen tai jopa kokonaan poistaminen. Tavoitteena on tuottaa energiaa kestäväen kehityksen mukaisesti sekä valmistaa tuotteita mahdollisimman pienillä

päästöillä. Höyry- ja lauhdejärjestelmän energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa putkistoilla, lauhteenpoistolla ja palautuksella, eristämällä sekä yleisellä kunnossapidolla. (Ahtila. n.d.)

### **6.2.1 Putkistot**

Höyry- ja lauhdejärjestelmän keskeinen elementti on siihen kuuluva putkisto, jonka tehtävänä on kuljettaa höyryä koneelle. Putkistoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon useita seikkoja, jotta höyryn siirtäminen olisi mahdollisimman energiatehokasta. Ensiksi täytyy putkistoon syötettävän höyrynpaine mitoittaa mahdollisimman pieneksi, laitteiden tarvitsemaan paineeseen nähden. Kun syötettävä höyrynpaine on tiedossa, tulevat putkistot mitoittaa optimaaliseksi syötettään paineeseen nähden. Liian suuri putken halkaisija aiheuttaa lämpöhäviöitä sekä lisää investointi kustannuksia. Taas liian kapea putkisto rajoittaa riittävän höyrymäärän syöttämistä. Liialliset mutkat, venttiilit, putkiston pituus sekä käyttämättömäksi jääneet putkistot aiheuttavat myös lämpöhäviöitä. (Motiva 2009.)

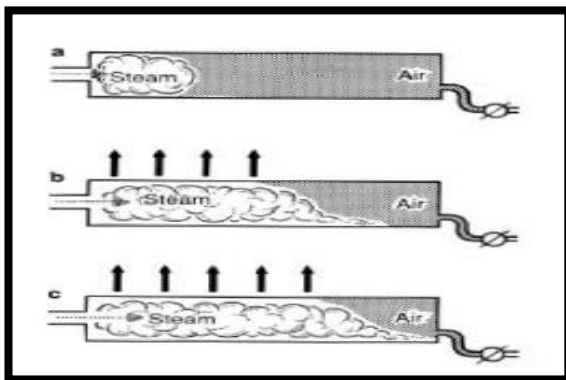
### **6.2.2 Lauhteenpoistaminen ja -palauttaminen**

Yksi tärkeimmistä keinoista vaikuttaa höyry- ja lauhdejärjestelmän energiatehokkuuteen on tehokas ja oikein toteutettu lauhteenpoisto. Sen avulla minimoidaan energian kulutusta sekä lisätään tuottavuutta. Seuraavassa listattuna syitä miksi lauhde tulee putkistoista poistaa:

- Lauhde vähentää höyrynkulku tilavuutta.
- Lauhde vaurioittaa höyryputkistoa sekä siihen kuuluvia laitteita.
- Lauhde huonontaa lämmönsiirtoa.
- Lauhde voi tukkia putkiston ja estää järjestelmän toiminnan. (Motiva 2009.)

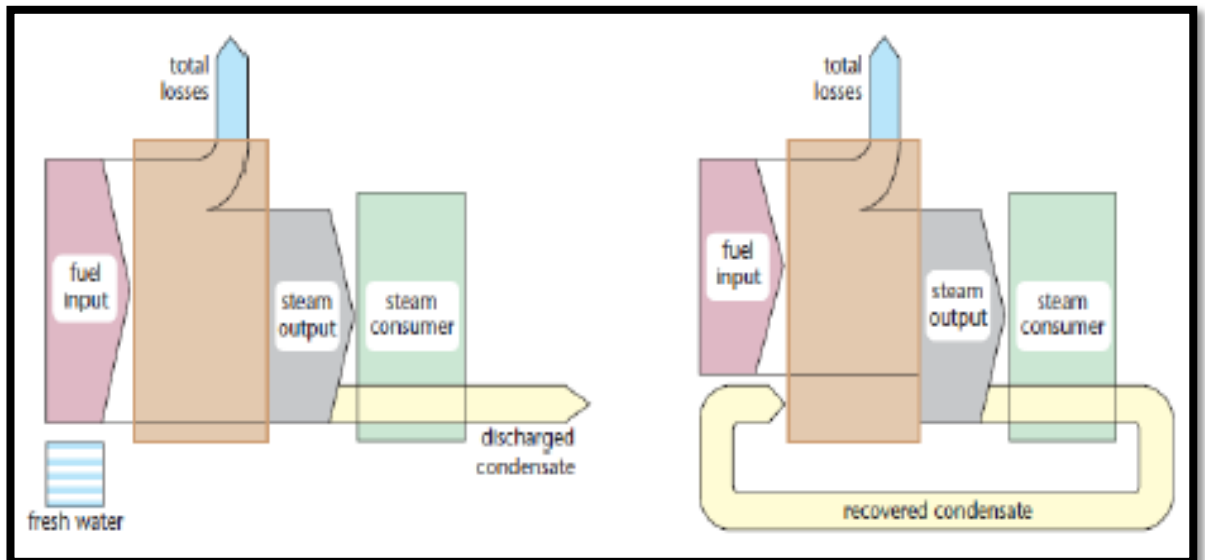
Höyry- ja lauhdejärjestelmässä lauhteen poisto tapahtuu lauhteenpoistimilla, joiden päätehtävät ovat: nopea lauhteenpoistaminen, estää höyryn karkaaminen sekä ilman ja muiden kaasujen poistaminen. Lauhteenpoistin tyyppinä on monia erilaisia ja ne soveltuvat käyttötarkoitukseltaan erityyppisiin tilanteisiin. Toimintaperiaatteen mukaan poistimet lajitellaan mekaanisiin, termodynaamisiin sekä termostaattisiin lauhteenpoistimiin. Valittaessa lauhteenpoistinta on syytä kiinnittää huomiota ainakin maksimi ja minimi paineeseen, paineen vaihteluihin, lauhteen määrään, lämpötilojen vaihteluihin sekä putken kokoon ja liitännätapaan. Lauhteenpoistimilla voidaan poistaa höyry- ja lauhdejärjestelmästä myös likaa ja ylimääräistä ilmaa. Tämä on tärkeää, sillä ilma toimii tehokkaana eristeenä ja aiheuttaa putkistoon kylmiä kohtia ja näin ollen huonontaa lämmönsiirtoa. Ilma on myös osa syyllisenä putkistoihin syntyviin korroosiovaurioihin. Lisäksi höyryn sekaan joutuva ilma alentaa höyryn tehollista lämpötilaa ja voi pahimmillaan tukkia putkistoja (Ks.kuvio.7). (Motiva 2009.)

Energiatehokkuuden kannalta on myös erittäin tärkeää pitää huolta lauhteenpoistimien kunnosta. Usein lauhteenpoistimet jäävät kunnossapidolla liian pienelle huomiolle, vaikka niiden oikeanoppisilla kunnossapitotoimilla on mahdollista säästää paljon energiakustannuksissa. Yleisimpiä vikaantumisia lauhteenpoistimilla ovat vuoto ja tukkeutuminen. Vuotava lauhteenpoistin voi aiheuttaa suurempia energia laskuja, päästöjä sekä vesimaksuja ja lisäainekuluja. Toisaalta kokonaan tukkeutunut lauhteenpoistin voi aiheuttaa vesi-iskuja ja märkää höyryä, kasvavaa huollon tarvetta, pidempiä käynnistys aikoja sekä tuotannon tehokkuuden heikkenemistä. (Motiva 2009.)



KUVIO 7. Ilman aiheuttama tukos putkistossa (Motiva 2009.)

Lauhteen poistamisen jälkeen lauhde kerätään talteen ja palautetaan takaisin voimalaitokselle. Tarkoituksena on hyödyntää lauhteeseen jäänyt lämpöenergia ja näin lisätä koko höyryjärjestelmän energiatehokkuutta. Lauhteenpalautuksella saavutetaan seuraavia hyötyjä: prosessi tehostuu ja polttoainetta säästyy (Ks. kuvio.8) sekä lisäveden tarve vähenee. Lauhdejärjestelmään ei kiinnitetä huomiota yhtä paljon kuin höyryjärjestelmään. Usein lauhdejärjestelmä mitoitetaan liian pieneksi, jolloin todellinen hyöty jää saamatta. Lisäksi ei tajuta sen säästöpotentiaalia ja päädytään johtamaan lauhde suoraan kanaaliin. (Motiva. 2009.)

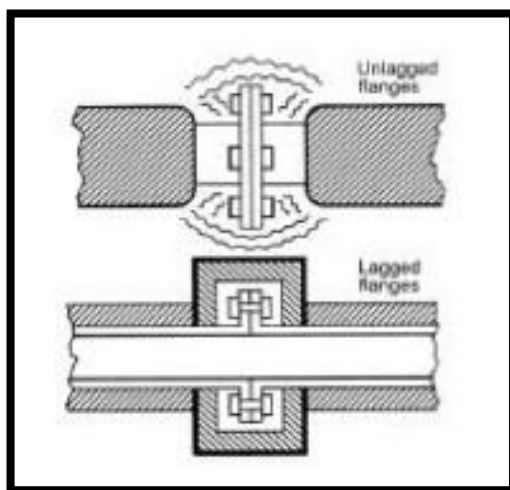


KUVIO 8. Lauhteenpalautuksen polttoaine säästöt (Motiva 2009.)

### 6.2.3 Vuodot ja eristäminen

Energiatehokkuuden kannalta höyry- ja lauhdejärjestelmien vuodot ovat suuri kustannuksien aiheuttaja. Vuodon vakavuuteen ja määrään vaikuttavat vuotokohdan koko ja putkiston paine. Järjestelmässä olevat vuodot aiheuttavat esimerkiksi verkoston paineen alenemista, lauhteen tuhlausta, putkistojen eristeiden kastelua sekä työturvallisuusriskin. Tyypillisesti järjestelmän vuodot sijaitsevat lauhteenpoistimissa, laippaliitoksissa ja venttiileissä. Vuotojen ehkäisemiseksi tulisi järjestelmää valvoa säännöllisesti silmämääräistarkastuksin sekä lämpökamerakuvauksin. Lisäksi höyrynsyöttö tulisi sulkea kun laite ei ole käytössä. (Motiva 2009.)

Lämpöhäviötä voi tapahtua vaikka vuodot olisikin saatu järjestelmässä kuriin, sillä putkistojen huono eristäminen tai eristämättä jättäminen on varma keino huonontaa höyry- ja lauhdejärjestelmän energiatehokkuutta. Eristäminen on helppo ja halpa tapa minimoida lämpöhäviöt myös laippojen ja venttiilien kohdalla (Ks. kuvio.9). Eristeet tulisi tarkistaa säännöllisesti, esimerkiksi ultraäänitutkimuksella. (Motiva 2009.)



KUVIO 9. Laipan eristäminen (Motiva 2009)

## 6.3 Koelaitoksen höyryjärjestelmä

### 6.3.1 Perustietoja koelaitoksen höyry- ja lauhdejärjestelmästä

Tarkastelun kohteena oleva koelaitoksen höyry- ja lauhdejärjestelmä saa höyrönsä Savelan voimalaitokselta, joka sijaitsee Rautpohjan tehdasalueen vieressä. Voimalaitokselta tulevan höyryn paine on maksimissaan 10 bar:ia ja sen lämpötila on noin 180 astetta. Koelaitoksen höyryjärjestelmä koostuu kahdesta itsenäisestä järjestelmästä koekone 1:llä ja konekone 2:lla, joissa höyryä käytetään kuivatus sylintereihin, prosessivesiin sekä höyrylaatikoihin. Järjestelmä sisältää erityyppisiä lauhteenpoistimia, automaatti ja käsiventtiilejä, vesitysventtiilejä sekä mittauksia. (Marttinen 2011.)

Koelaitoksen höyry ja lauhdejärjestelmän käyttö poikkeaa hieman normaalista paperikoneen höyryjärjestelmän käytöstä, sillä koekoneita ei ajeta vuorokauden ympäri ja läpi vuoden. Käytäntönä on sulkea molempien koneiden päähöyryventtiilit viikonlopuksi ja vain ohikierto jää hieman auki. Yli viikon kestävässä seisokeissa höyry suljetaan kokonaan. Näin ollen höyrylinjat ovat välillä kuumana ja välillä kylmänä. Tämä kuumen ja kylmän vaihtelu aiheuttaa järjestelmään erityisen vaaran altistua korroosiolle ja sitä kautta järjestelmän toiminta ongelmille, esimerkkinä tukkeumat lauhteenpoistimissa ja venttiileissä. (Marttinen 2011.)

### 6.3.2 Höryjärjestelmän hallittu ylösajo

Koelaitoksella suoritetaan useita suurempia remontteja vuodessa, jolloin höyrylinjat suljetaan kokonaan. Remonttien jälkeen höyrylinjojen avaaminen ja käyttöön ottaminen on vaativaa, kylmien putkien ja kertyneiden lauhteiden vuoksi. Kertynyt lauhde ja putken tukkeuma voivat yhdessä aiheuttaa paineiskun, jolla voi olla vakavia seurauksia. Järjestelmän hallitun ylösajon suorittaa useimmiten kunnossapidon henkilöstö, sillä heillä on eniten kokemusta kyseisestä järjestelmästä ja sen käyttöön otosta. Haastattelin kunnossapidon nokkamiestä Heikki Kovasta, höyry- ja lauhdejärjestelmän ylösajoon liittyen ja tiedustelin kuinka se tulisi oikeaoppisesti suorittaa. Seuraavassa on listattu oikeaoppinen kylmän höyryjärjestelmän ylösajo koekone 1:n osalta:

1. Lähtötilanteessa höyrylinja on kylmänä ja pääventtiilit (HV-3430 ja 34594) sekä ohikierto (34135) ovat kiinni.
2. Vesitysventtiilejä avataan eri puolilta järjestelmää.
3. Ohikiertoventtiilin (34135) avaaminen.
4. Peltihallin käsiventtiilin (34594) vähäinen avaaminen.
5. Ohikiertoventtiilin (34135) avulla säädetään tässä vaiheessa höyryn määrää.
6. Tarkkaillaan vesitysventtiilejä, kunnes jokaisesta tulee höyryä, jolloin vesitysventtiilit suljetaan.
7. Avataan ohikiertoventtiili (34135) kokonaan auki.
8. Avataan pääautomaattiventtiili (HV-3430).
9. Avataan käsiventtiili (34594) hiljalleen kokonaan auki. (Kovanen 2012.)

### 6.3.3 Höryjärjestelmän odottamattoman käynnistyksen esto

Höyry- ja lauhdejärjestelmää huollettaessa on tärkeää noudattaa erityistä varovaisuutta höyryn kulun estämisessä. Ohjeellisena varmuutena höyryjärjestelmän odottamattomalle käynnistymiselle pidetään vähintään kahta saman linjan käsiventtiiliä. Nykyisien käytäntöjen selvittämiseksi, haastattelin koekoneiden miehistöjä siitä, kuinka heillä on tapana estää höyryn kulku järjestelmää huollettaessa. Koekone 1:n osalta höyryn estäminen suoritetaan sulkemalla peltihallin pääventtiili (HV-3430) sekä käsikulku venttiilit (143068 ja 143103), lisäksi usein suljetaan myös huoltokohtaa lähinnä oleva käsiventtiili. Koekone 2:lla höyryn estäminen suoritetaan sulkemalla pääventtiili (HV-3400) sekä ohikiertoventtiili (34136) sekä huoltokohtaa lähinnä olevan käsiventtiilin. Pidempien remonttien aikana on tapana vielä varmistaa höyryn sulkeminen vielä asentamalla putken päähän sokealaippa. Näin ollen molempien koneiden osalta höyryjärjestelmän odottamattoman käynnistyksen estäminen on hyvin hallussa. Yhteisenä ohjeellisena käytäntönä olisi sulkea kaksi pääkäsikulkuventtiiliä sekä huoltokohtaan lähin käsiventtiili.



## 7. PUTKISTOT

### 7.1 Putkiston kunnontodentaminen

Teollisuusputkistojen kunto ei usein kiinnosta kunnonvalvontaa eikä muutenkaan kunnossapitoa. Putkistoissa kuitenkin tapahtuu monenlaista kulumista sekä kemiallisia reaktioita, mitkä huonontavat putkiston kuntoa ja lyhentävät sen elinikää. Varsinkin ne teollisuusputkistot, joissa kuljetetaan sellaisia aineita, joiden tiedetään aiheuttavan korroosiota tai syöpymistä, olisi syytä tarkkailla ja todentaa niiden kunto aika-ajoin. Putkiston kunnontodentamiseen on olemassa kolmenlaisia menetelmiä.

- ainetta rikkomattomat menetelmät (ndt).
- ainetta rikkovat menetelmät.
- vuotokohtien etsiminen ja paikkaaminen. (Latvala 2007.)

### 7.2 Ainetta rikkomattomat menetelmät

#### 7.2.1 Perusteita ainetta rikkomattomista menetelmistä

Kunnontodentamiseen käytettäviä menetelmiä, joilla ei rikota tutkittavaa ainetta, kutsutaan NDT -menetelmiksi. Nimi NDT tulee englannin kielen sanoista non destructive methods. Näitä NDT- menetelmiä käytetään pääasiassa koneiden ja laitteiden kunnonvalvonnassa, tuotannon laadunvalvonnassa sekä materiaalin vastaanotossa. Näillä ainetta rikkomattomilla menetelmillä pyritään etsimään kohteiden kriittisimpien alueiden epäjatkuvuuskohdat, joita ovat esimerkiksi materiaalivirheet ja kulumisen tuloksena heikentynyt kohta. (Mikkonen 2009.) Oikean menetelmän kohdentaminen tutkittavaan kohteeseen onnistuu parhaiten, jos tunnetaan kohteen vaurioitumismekanismit eli toisin sanoen on tiedettävä mitä

epäjatkuvuuskohteita ollaan hakemassa. Tunnettaessa jännitysrasitukset, vian dimensiot sekä materiaalin murtumissitkeys, voidaan NDT- menetelmien avulla todeta vian etenemisnopeus ja kriittinen koko. Oikeata menetelmää valitessa on muistettava etteivät NDT- menetelmät ole toisiaan poissulkevia vaan pikemminkin toisiaan tukevia. Siispä menetelmien tuloksia yhdistämällä, voidaan saada varmempi kuva tutkittavan kohteen tilasta. Yleisimpiä NDT- menetelmiä ovat visuaalinen, magneettijauhe-, tunkemaneste-, pyörrevirtaustarkistus, ultraäänitekniikka, radiografia, sekä termografia. Nämä menetelmät voidaan jakaa viiteen ryhmään toimintaperiaatteensa mukaan. (Introduction to non-destructive testing 2012.)

- Kappaleen lähettämä energianlähde (esim. röntgen).
  - Häiriötekijöiden ja kappaleen vuorovaikutuksesta aiheutuneiden signaalien, kuvan tai merkin luonteen muutos (esim. ultraäänen heijastuminen).
  - Muuttuneen lähdesignaalin havaitseminen.
  - Signaalien indikointia ja tallentamista tukeva menetelmä
  - Pohja tulosten tulkitsemiselle (esim. suora tai epäsuora indikaatio).
- (Introduction to non-destructive testing 2012.)

### **7.2.2 Höyryputkiston kunnontodentamiseen sopivat NDT- menetelmät**

Putkistojen kunnonvalvonta on siinä mielessä hankalaa, että putkistot ovat usein pitkiä ja avaus paikkoja on harvassa. Lisäksi teollisuusputkistot saattavat olla kokoajan käytössä eli tuotannon katkosten aikana, putkistot eivät tyhjene, tällöin on mahdotonta avata putkistoa ja tarkastaa sen kuntoa. Näin ollen NDT- menetelmät ovat ainoa keino todeta putkiston kunto.

Yleisimpänä NDT- menetelmänä höyryputkistolle on visuaalinen eli silmämääräinen tarkastus. Visuaalinen tarkastus on yksinkertainen, nopein, edullisin sekä eniten käytetty menetelmä. Huonona puolena on se, ettei visuaalisella tarkastuksella voida nähdä materiaalien sisällä olevia vikoja tai kulumia.

Silmämääräinen tarkastus vaatii hyvää valaistusta ja tietoa tutkittavasta kohteesta, jotta tarkastus olisi tehokas. Ihmissilmä kykenee havaitsemaan taustasta värillisesti eroavan viivan, jonka halkaisija on noin 50 pm, eli noin hiuskarvan verran. Menetelmän apuna voidaan käyttää erilaisia välineitä, jotka helpottavat ja tarkentavat tarkastusta. Näitä apuvälineitä ovat kiinteäputkiset boroskoopit ja taipuisat endoskoopit.

Endoskoopilla päästään tutkimaan ahtaita paikkoja, jotka muuten jäisi tutkimatta, kuten koneiden koteloiden sisäpuolet ja putkistot (Ks. kuvio 10). Endoskooppeja on monentyyppisiä ja niiden ominaisuudet voivat vaihdella, kuitenkin kaapelin halkaisija on pääasiassa 2-20 millimetriä ja kaapelin pituus voi olla jopa kymmeniä metrejä. Höyryputkistoja tutkittaessa endoskooppia voidaan hyödyntää vaikka löystyttämällä jonkin venttiilin pultteja, jolloin on mahdollista työntää endoskoopin tutkimusvarsi sisään ja todeta missä kunnossa putki on. Tällöin ei tarvitse purkaa venttiiliä kokonaan pois, jolloin säästetään aikaa ja vaivaa. Tämä menetelmä soveltuu varsinkin höyryputkiston korroosion vaikutusten tutkimiseen, lisäksi on mahdollista nähdä kuinka paljon irtoainesta on putken sisällä ja mahdollisesti venttiilissä.

Toinen toimiva menetelmä höyryputkiston kunnontodentamiseen on ultraääniluotaus. Menetelmä perustuu lähetettyyn ultraääneen, joka heijastuu epäjatkuvuuskohdissa, kuten halkeamissa, säröissä ja rajapinnoissa. Menetelmä soveltuu hyvin aineenvahvuuden mittaamiseen ja materiaalivikojen etsimiseen. Ultraääniluotaimena käytetään kulma- tai normaaliluotaimia. Kulmaluotaimella löydetään helpommin halkeamat, kun taas normaaliluotain paljastaa kerrostumat parhaiten. Ultraääniluotaus on tarkkamenetelmä, jolla voidaan mitata aineenvahvuuksia 0,01 millimetrin tarkkuudella. Menetelmä soveltuu erinomaisesti höyryputkiston seinämävahvuuksien mittaamiseen eli ultraäänellä voidaan seurata putkiston kulumista ulkoapäin. Mittauksen toteutus voisi edetä niin, että valitaan tietyt kohdat putkistosta, josta suoritetaan ainevahvuuden mittaus vuoden välein, jolloin voidaan havainnoida onko putkistossa tapahtunut kulumista. Mittaus paikoiksi voidaan valita sellaiset paikat, jotka ovat turvallisuuden kannalta merkittäviä, esimerkkinä alikulkupaikat.



KUVIO 10. Endoskooppitarkastelu (Erikoistyökalut 2012)

### 7.2.3 Muut soveltuvat menetelmät

Höyryputkiston ja koko järjestelmän kuntoa voidaan myös tutkia lämpökamerakuvauksin. Lämpökamera paljastaa vuotokohtat ja myös ne paikat, joissa eristys on vaurioitunut. Lämpökameratutkimukset kannattaa kohdistaa venttiileihin, lauhteenpoistimiin ja muihinkin liitoskohtiin. Pääasiassa vuotokohtia ovat juuri tukkeutuneet lauhteenpoistimet ja liitoskohtien kuluneet tiivisteet tai löystynyt liitos. Energiatehokkuuden ja työturvallisuuden kannalta on hyvä seurata järjestelmän kuntoa myös vuotojen osalta.

## 8. HÖYRYJÄRJESTELMÄN KRIITTISYYSANALYYSI

### 8.1 Kriittisyysanalyysipohjan rakentuminen

Tavoitteena opinnäytetyöllä oli luokitella koelaitoksen höyryjärjestelmän venttiilit niiden kriittisyyden mukaisesti, siten että turvallisuus on painoarvoltaan merkittävin. Toteutin kriittisyysluokittelun koekone 2:n osalta jo aikaisemmin kunnossapidon projektikurssilla, joten jäljelle jäi koekone 1:n tarkastelu. Päädyin käyttämään PSK 6800 kriittisyysanalyysi -pohjaa sen selkeyden ja muokattavuuden vuoksi. Tämän jälkeen tuli pohtia, miten saada kriittisyysanalyysi sopivaksi koelaitosympäristöön.

Alkuperäisessä PSK 6800 -kriittisyysanalyysissä suurin painoarvo on tuotannon menetyksellä, jonka painoarvokerroin on 100 (Ks. kuvio 11). Tämä oli ensimmäinen asia, jota muutimme koelaitoksen kriittisyysanalyysipohjaan, eli annoimme painoarvokertoimen 100 turvallisuudelle ja pudotimme tuotannonmenetyksen kertoimen 40. Kertoimien suhde kuvastaa hyvin niiden painotuksien tärkeyttä.

Seuraava muutos alkuperäiseen kriittisyysanalyysipohjaan oli korvata lopputuotteen laatukustannus, sillä tällä kohdalla ei ole mitään tarkoitusta koelaitosympäristössä. Halusimme kuitenkin löytää tilalle hyvän kriteerin, jolla voitaisiin höyryjärjestelmää arvioida. Päädyimme käyttämään hävikkikriteeriä, jolle asetimme kertoimen 40. Hävikillä tarkoitetaan talteen kerättävän lauhteen hävikkiä eli mikäli jonkin venttiilin toimimattomuus aiheuttaa palautettavan lauhteen häviämistä. Hävikkiä tapahtuu varsinkin koekone 2 lauhteenpalautuksessa.

Kolmantena muutoksena alkuperäiseen PSK:n pohjaan nähden, päädyimme käyttämään ympäristön sijaan luokse päästävyyttä. Vaikutukset ympäristöön ovat höyryjärjestelmän osalta minimaaliset, joten tällä arviointi kriteerillä ei ollut merkitystä.

Korvaavana kriteerinä käytimme luokse päästävyttä, sillä koelaitoksen höyryjärjestelmä kiemurtelee välillä todella hankalissa paikoissa, kuten korkealla katonrajalla, toisten putkistojen takana tai muissa ahtaissa väliköissä. Tämä kohta vaikuttaa erityisesti mahdollisen vian korjattavuuteen, sillä voi olla että venttiilin korjaamiseen tarvitaan erikseen rakennetut telineet, jotta työ voidaan suorittaa turvallisesti. Luokse päästävyydelle annoimme painoarvokerroimen 20 (Ks. kuvio 12).

Kriittisyysanalyysin toteutuksen kannalta oleellista oli se, ettei minulla ollut käytettävissä vikahistoriaa venttiilien osalta, joten en voinut määrittää vikaantumisväliä. Tämä johtui siitä, ettei venttiileille oltu kerätty järjestelmään vikadataa. Halusin kuitenkin selvittää, että onko miehistön mieliin jäänyt jotain yksittäistä venttiiliä, joka on ollut useasti epäkunnossa. Selvisi että höyryjärjestelmä on toiminut suhteellisen moitteettomasti, muutamia venttiilien vuotoja lukuun ottamatta. Kertomuksien mukaan ongelmat ovat olleet enemmän automaation puolella kuin varsinaisesti venttiileissä.

| Laitos                       |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |  |                    |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------------|--|--------------------|
| Kriittisyysluokittelun kohde |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |  |                    |
| Tekijät                      |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |  |                    |
| Versio                       |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |  |                    |
| Päiväys                      |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |  |                    |
|                              |                        |                         |                       |                  |                           |                                      | Kriittisyyden raja-arvo                  | 400                |
|                              |                        |                         |                       |                  |                           |                                      | Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp | 100                |
| Toimintopaikan tunnistus     | Toimintopaikan nimitys | Vikaantumisväli (1...8) | Turvallisuus (0...16) | Ympäristö 0...16 | Tuotannon menetys (0...4) | Lopputuotteen laatukustannus (0...4) | Korjauskustannus (0...4)                 | Kriittisyysindeksi |
|                              |                        | Painoarvot W →          | 30                    | 20               | 100                       | 30                                   | 20                                       | K                  |
|                              |                        |                         |                       |                  |                           |                                      |  | 0                  |

KUVIO 11. PSK 6800 kriittisyysanalyysi pohja (PSK 6800 2008)

| Laitos                       |                        |                         |                       |                        |                           |                 |  |                    |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|--|--------------------|
| Kriittisyysluokittelun kohde |                        |                         |                       |                        |                           |                 |  |                    |
| Tekijät                      |                        |                         |                       |                        |                           |                 |  |                    |
| Versio                       |                        |                         |                       |                        |                           |                 |  |                    |
| Päiväys                      |                        |                         |                       |                        |                           |                 |  |                    |
|                              |                        |                         |                       |                        |                           |                 | Kriittisyyden raja-arvo                  | 500                |
|                              |                        |                         |                       |                        |                           |                 | Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp | 100                |
| Toimintopaikan tunnistus     | Toimintopaikan nimitys | Vikaantumisväli (1...8) | Turvallisuus (0...16) | Luoksepäästävyys 0...4 | Tuotannon menetys (0...4) | Hävikki (0...4) | Korjauskustannus (0...4)                 | Kriittisyysindeksi |
|                              |                        | Painoarvot W →          | 100                   | 20                     | 40                        | 40              | 20                                       | K                  |
| HV-3430                      | Pääsulku               | 1                       | 6                     | 3                      | 3                         | 0               | 1  | 800                |

KUVIO 12. Koelaitoksen tarpeisiin muokattu kriittisyysanalyysi pohja.

## 8.2 Kriittisyysanalyysin toteutus

Kriittisyysanalyysi toteutettiin saman kaavan mukaisesti molempien koneiden höyryjärjestelmien osalta. Analyysi alkoi PI- kaavion avulla järjestelmään tutustumisella. Tällöin pyrin ymmärtämään, kuinka järjestelmä rakentuu ja sen mihin höyryä kyseisessä järjestelmässä käytetään. Tässä vaiheessa on mahdollista tunnistaa jo niin sanotut vaaranpaikat eli ne venttiilit, jotka ovat suoraan yhteydessä esim. säiliöön. Kaavion avulla kerätään myös venttiilien tunnuksat kriittisyysanalyysi taulukkoon. Tämän jälkeen tarkastelukierroksia paikanpäällä, jolloin oli mahdollista todeta mm. luokse päästävyyden osalta jokaisen venttiilin kriittisyys. Kierroksen aikana oli hyvä havainnoida muitakin oleellisia asioita liittyen järjestelmän toimintaan, kuten venttiilien välisiä etäisyyksiä.

Kriittisyysanalyysiä toteutettaessa oli tarkkaan mietittävä se, miten venttiilien kriittisyysarvoista saataisiin todellisuutta vastaavat. Turvallisuuden kohdalla oli varsinkin mietittävä se, kuinka erilaiset venttiilyhdistelmät vaikuttavat turvallisuuteen sekä miten ylipäänsä on mahdollista arvioida venttiilin turvallisuutta. Päädyin jaottelemaan venttiilit kolmeen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä sisältää ne venttiilit, jotka ovat suorassa yhteydessä, esimerkiksi säiliöön. Nämä venttiilit saivat pisteytyksen 6 tai enemmän. Seuraava ryhmä koostui venttiileistä, jotka olivat yhden venttiilin päässä suorasta yhteydestä. Näille toisen ryhmän venttiileille annoin kriittisyys arvon 3 tai 4. Viimeinen ryhmä sisälsi loput venttiilit, jotka pääasiassa olivat ohjausventtiilejä, eivätkä näin turvallisuuden kannalta merkittäviä. Kolmannen ryhmän venttiilit saivat arvon 2 tai vähemmän. Tämä kohta olikin toteutuksen kannalta oleellisin, sillä suurimman painoarvokertoimen vuoksi venttiili saattoi päätyä kriittiseksi pelkän turvallisuus kriteerin seurauksena.

Kriittisyysanalyysin toteutusta mietittäessä tuli myös määrittää se, kuinka nämä muut kohdat saataisiin vastaamaan todellisuutta. Luokse päästävyiden kohdalla jaottelu pohjautui kolmeen ryhmään, jotka olivat helposti lähestyttävä (0-1p), apuvälineen kanssa lähestyttävä (2-3p) sekä telineiltä tehtävä (4p). Puolestaan hävikin kohdalla jaottelu pohjautui suoraan arvioituun lauhteen menetykseen, samoin kuin tuotannonmenetyksiin. Vikaantumisväli sekä korjauskustannukset päättyivät arvoihin yksi, koska vikaantumisvälejä ei ollut saatavilla ja venttiilit olivat suhteellisen samanlaisia, joten niiden korjauskustannukset olisivat suhteellisen samat.

Kriittisyysanalyysin luotettavuutta lisätäkseni kävin läpi koekoneiden miehistöjen kanssa tärkeimpiä venttiilejä järjestelmän toiminnan kannalta eli niitä venttiilejä, joita käytetään aktiivisesti konetta ajettaessa. Näiden haastattelujen perusteella pystyin antamaan venttiileille suhteellisen luotettavat tuotannonmenetys pisteet. Osittain tästä syystä päädyin toteuttamaan myös koekone2:n kriittisyysanalyysin uudelleen, jotta saisin luotettavimpia tuloksia. Lisäksi analyysin uudelleen toteutukseen vaikutti tarkemmin määritellyt pisteytys kriteerit. Huomasin kuitenkin, että kriittiset venttiilit eivät muuttuneet, ainoastaan venttiilien saamat pisteet muuttuivat hieman.

Taulukko.1 Kriittisyysanalyysin arviointi kriteerien pisteytys

| <b>Turvallisuus</b>                               | <b>Luokse päästävyys</b>                                | <b>Tuotannon menetys</b>  | <b>Hävikki</b>            |
|---|---|---------------------------|---------------------------|
| 0-2p: Enemmän kuin 2 venttiiliä suoraan yhteyteen | 0-1p: Helposti lähestyttävä (esim. työtasolla)          | 0-1p: Vähäinen menetys    | 0-1p: Vähäinen hävikki    |
| 3-4p: Yksi venttiili välissä suoraan yhteyteen    | 2-3p: Apuvälineen avulla lähestyttävä (esim. tikkailta) | 2p: Kohtuullinen menetys  | 2p: Kohtuullinen hävikki  |
| 5p->: Suora yhteys                                | 4p: Telineiltä tehtävä                                  | 3p: Suuri menetys         | 3p: Suuri hävikki         |
| -   | -   | 4p: Todella suuri menetys | 4p: Todella suuri hävikki |



### 8.3 Kriittisyysanalyysin tulokset

Kriittisyysanalyysin avulla onnistuin lajittelemaan höyryjärjestelmän venttiilit järjestykseen kriittisyyden mukaan. Asetin kriittisen venttiilin pisterajaksi 500, jonka avulla koekone 1:ltä valikoitui kuusi venttiiliä(Ks.taulukko2). Koekone 2:n osalta kriittisiä venttiilejä oli 13 kappaletta(Ks.taulukko3). Kriittisyysanalyysit löytyvät kokonaisuudessaan liitteistä 1 ja 2. Kriittisyysanalyysin tuloksena saatu luokittelu höyryjärjestelmän venttiileistä, antaa hyvän mahdollisuuden keskittää kunnossapidon resursseja. Luokittelun avulla voidaan keskittyä vain kriittisimpiin venttiileihin. Tällöin voidaan olla varmempia siitä, että järjestelmä on turvallinen.

Taulukko.2 Koekone 1:n kriittiset venttiilit

|         |          |         |          |          |         |
|---------|----------|---------|----------|----------|---------|
| HV-3430 | 1TV-4344 | TV-3106 | 1PV-3402 | 1HS-3406 | PV-3428 |
|---------|----------|---------|----------|----------|---------|

Taulukko.3 Koekone 2:n kriittiset venttiilit

|         |         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 34593   | 34136   | HV-3400 | PV-3401 | TV-3143 | TV-3422 | PV-3416 |
| PV-3410 | PV-3419 | PV-3418 | PV-3477 | PV-3412 | PV-3456 |         |

### 8.4 Höyryjärjestelmän venttiilien kunnossapito-ohjelma

Kriittisyysanalyysin tuloksien perusteella oli tehtävänä laatia kunnossapito-ohjelma höyryjärjestelmän venttiileille, joka syötettäisiin kunnossapitojärjestelmään. Tällä hetkellä höyryjärjestelmälle ei tehdä muita ennakkohuoltotoimenpiteitä, kun venttiilien kalibrointi kahden vuoden välein. Tarkoituksena näillä kalibroinneilla on tarkistaa venttiilien auki - kiinni liikkeen todenmukaisuus. Ajan myötä venttiilin ohjaukseen saattaa tulla epätarkkuutta, jolloin venttiili ei joko sulkeudu tai avaudu kokonaan.

Ehdotukseni höyryjärjestelmän venttiilien kunnossapito-ohjelman suhteen on seuraava: Molempien koneiden osalta tulisi suorittaa venttiilien kuntotarkastuksia eripuolilta konetta kerran vuodessa. Tutkittavat venttiilit määräytyvät kriittisyysanalyysin perusteella kriittisiksi todetuista venttiileistä. Eri puolita konetta tarkastetut venttiilit antavat tiedon siitä, kuinka paljon likaa putkiston kyseisessä osassa liikkuu. Putkiston likaisuus aiheuttaa suurimman osan venttiilien vikaantumisista. Mikäli likaa löytyy runsaasti, on syytä tarkastaa myös läheiset venttiilit. Tarkastuksen aikana venttiilistä tutkitaan likaisuuden lisäksi venttiilin liikkuvuus ja luistin kunto. Mikäli havaitaan että venttiilin liikkeessä on jotain vialla, tällöin on perusteltua suorittaa kalibrointi suunnitelmasta poiketen. Venttiilien huolto-ohjelma koostuu siis kerran vuodessa suoritetusta tarkastuskierrroksesta, jonka tarkoituksena on selvittää kriittisimpien venttiilien kunto ja mahdollinen huollon tarve. Koelaitoksen höyryjärjestelmän venttiilien huolto-ohjelman venttiilit koneittain ovat:

1. Koekone 1:n osalta tutkittavat venttiilit ovat: HV-3420, TV-4344, TV-3106 sekä PV-3402.

2. Koekone 2:n osalta tutkittavat venttiilit ovat: HV-3400, PV-3401, PV-3416 sekä PV-3456.

## **8.5 Muita kehittämisehdotuksia**

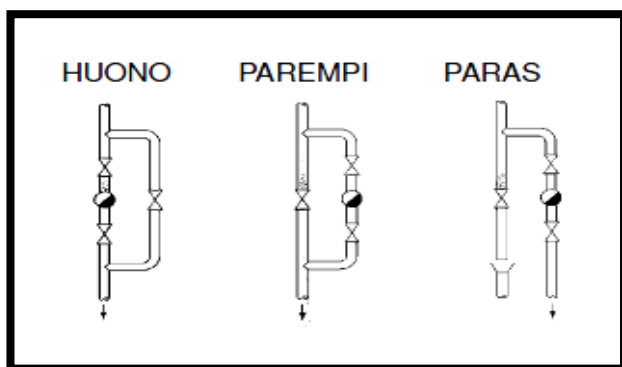
Perehtyessäni koelaitoksen höyry- ja lauhdejärjestelmään, aloin miettiä myös muita mahdollisia kehitysehdotuksia järjestelmän kunnossapidon parantamiseksi. Perusteina kehitysehdotuksille olivat turvallisuus, taloudelliset vaikutukset sekä asiantuntijoiden suositukset. Seuraavassa lista mahdollisista höyry- ja lauhdejärjestelmää koskevista kehitysehdotuksista:

1. Lauhteenpoistimille suoritetaan määräaikaistarkastus 1-2 vuoden välein, missä poistetaan tukkeumat ja vaihdetaan tarvittaessa kuluneet osat. Hankitaan Spirax Oy:ltä sen suosittelemat huoltosarjat koelaitoksella käytössä oleville lauhteenpoistintyypeille.

2. Höyrylinjojen mahdolliset vuotokohtat paikannetaan lämpökamerakuvauksella. Lämpökamerakerroksia voisi olla kerran vuodessa. Yleisimpiä vuotokohtia ovat venttiilit sekä laipat ja mahdollisia syitä vuodoille voivat olla tiivisteiden huono kunto, löystynyt liitos ja lauhteenpoistimien tukkeutuminen.

3. Tällä hetkellä koelaitoksella ajetaan noin puolet höyryjärjestelmän lauhteista suoraan kanaaliin. Ehdotuksena olisi lauhteiden kerääminen lauhdesäiliöihin, jolloin lauhteet voitaisiin palauttaa takaisin voimalaitokselle.

4. Tällä hetkellä koelaitoksella on useita lauhteenpoistimia, jotka on asennettu suositusten vastaisesti. Koekone 2:lla on 22 lauhteenpoistinta ja koekone 1:llä 9 lauhteenpoistinta. Näistä 31 lauhteenpoistimesta noin puolet on asennettu väärin, joten lauhteenpoistin ei toimi optimaalisesti ja on herkempi häiriöille. Tulevaisuudessa, jos uusia lauhteenpoistimia asennetaan, tulisi noudattaa näitä parempia esimerkkejä (Ks. Kuvio 13).



KUVIO 13 Lauhteenpoistimen kytkentä (Motiva 2009)

## 9. HÖYRY- JA LAUHDEJÄRJESTELMÄN PUTKISTOJEN HIERARKISOINTI

### 9.1 Putkistojen nimeäminen ja linjaluetteloiden luominen

Opinnäytteen keskeisiin tavoitteisiin lukeutui höyryputkistoille luotava hierarkia. Tarkoituksena oli luoda hierarkia koko koelaitoksen höyry- ja lauhdejärjestelmästä. Lähtökohtaisesti hierarkian luomisessa tuli käyttää PI- kaavioihin merkittyjä putkistojen nimeämisiä, lisäksi apuna voisi käyttää höyry- ja lauhdejärjestelmän linjaluetteloja. Tarkempi perehtyminen PI- kaavioihin kuitenkin osoitti, että putkistojen nimeämiset olivat puutteelliset, varsinkin koekone 1:n osalta putkistoja ei ollut käytännössä nimetty lainkaan. Lisäksi linjaluettelojakaan ei löytynyt, koska niitä ei ollut jostain syystä luotu.

Lähtötietojen puutteellisuuden vuoksi, höyry- ja lauhdejärjestelmän putkistojen hierarkian luominen aloitettiin siis putkistojen nimeämisellä. Nimeämisessä käytettiin Metson omaa koelaitokselle räätälöityä teknistä standardia (positiointi), joka pohjautuu PSK 7102 tehdashierarkia standardiin. Nimeäminen koostuu neljästä osiosta, esimerkkinä 134-020-HMP-DN100, jossa ensimmäinen luku (134) viittaa koekone 1:een ja sen höyryjärjestelmään. Toinen luku (020), kertoo putkiston juoksevan numeroinnin. Kolmantena positiotunnuksessa on virtaavan aineen tunnus HMP, mikä tässä tapauksessa kertoo, että putkessa on matalapainehöyryä. Viimeisenä osiona positiotunnuksessa on putkenkoko eli putken halkaisija 100 millimetriä(DN100). (Positiointijärjestelmä 2012.)

Putkistoja nimetessä pyrin nimeämään aina yhtenäisen putkilinjan kerrallaan, jonka jälkeen nimeäminen jatkui haarasta tai venttiilistä eteenpäin. Nimeämisistä jätettiin pois putkistojen osat, jotka olivat putken viimeisen venttiilin jälkeisiä. Lisäksi nimeämisistä jätettiin pois pienimmät ja lyhyimmät lauhteenpoistolinjat.

Putkiston nimeämisen jälkeen keräsin koekone kerrallaan putkistojen positiontunnukset sekä poikkeavat putkistojen materiaalit ja kirjasin ne järjestykseen Excel taulukkoon. Näiden listojen pohjalta voidaan luoda täydelliset linjaluettelot, tarkempine tietoineen. Linjaluettelot ovat käytännöllisiä selkeyttämään putkistojen tulkitsemista ja dokumentointia.

## 9.2 Putkistojen merkitseminen

Putkistojen nimeämisen jälkeen, oli vuorossa putkistojen nimeämisten merkitseminen fyysisiin kohteisiin. Putkistojen merkitseminen helpottaa niiden putkistojen tunnistusta ja identifiointia. Höyryjärjestelmään tehtävien töiden tekeminen ja kohdistaminen helpottuu merkittävästi, sillä putkistojen kiemurrellessa pitkin katon rajaa, on vaikeaa pysyä oikean putken perässä, jos niitä ei ole merkitty. Oleellista on myös merkitä materiaalin kulkusuunta, jolloin on helpompi hahmottaa järjestelmän toimintaa.

Höyry- ja lauhdeputkistojen merkinnässä käytin hyväksi suomalaista SFS-3701 standardia, josta hyödynsin värikoodit, joilla putkistoissa virtaavia aineita merkitään. SFS-3701 standardin mukaan matalapainehöyrylle käytetään harmaata värikoodia. Koelaitoksen höyrylinjat ovat nimenomaan juuri matalapainehöyrylinjoja. Standardi määritteli puolestaan lauhteelle värikoodiksi vihreän.

Merkitsin putkistolinjat käyttäen PI- kaavioihin merkittyjä nimeämisiä. Säilytin merkinnöissä myös putken kokoa ilmaisevan kohdan, sillä höyryputket kulkevat eristeiden sisällä, joten on mahdoton päällisin puolin tietää minkä kokoinen putki, juuri tietyllä kohdalla on. Pyrin sijoittamaan putkistomerkinnot niin, että ne palvelisivat koneenkäyttäjiä ja huoltomiehiä mahdollisimman tehokkaasti. Tavoitteena oli saada merkinnät näkymään mahdollisimman selkeästi. Pisimpien putkilinjojen kohdalla koin tarpeelliseksi merkitä putkistot useampaan eri paikkaan, tällaisia olivat mm. runkolinjat sekä pitkät lauhteenpalautuslinjat.

### **9.3 Hierarkian luominen**

Höyry- ja lauhdejärjestelmän putkistojen nimeämisen jälkeen, loin konekohtaisesti putkilinjoista hierarkian. Hierarkian luominen toteutettiin excel -talukkoon ja siirretään sieltä myöhemmin powermaint -kunnossapitojärjestelmään. Hierarkian luomisessa pyrin aluksi hahmottamaan runkolinjan ja siitä lähtevät päälinjat, jonka jälkeen oli helppo erottaa päälinjoista lähtevät putkilinjat. Luodut hierarkiat löytyvät molempien koneiden osalta liitteistä 11 ja 12. Höyry- ja lauhdejärjestelmän putkistojen hierarkia helpottaa tapahtumien kohdistamista oikeisiin paikkoihin.

### **9.4 Putkiston kunnossapitoehdotukset**

Putkiston kunnossapitoon kiinnitetään teollisuudessa hyvin vähän huomiota, jollei kyseessä ole lainalainen kemikaaliputkisto. Putkistoista on kuitenkin tärkeää pitää huolta ja pysyä tietoisena sen kunnosta. Niinpä ehdotankin koelaitoksen höyryputkistojen kunnossapitoon seuraavaa:

1. Putkiston kuntoa tutkittaisiin samalla kuin venttiilejä, eli kun kerran vuodessa käydään läpi kriittisiä venttiilejä, niin samalla tutkittaisiin endoskoopilla myös putkiston kuntoa. Tällöin putkistoakin tulisi tutkittua eripuolilta konetta, jolloin saataisiin yleiskäsitys putkiston sen hetkisestä kunnosta. Putkiston kuntoa todettaessa tulisi kiinnittää huomiota sen likaisuuteen, ruostuneisuuteen sekä ylipäänsä seinämien kuntoon.

2. Suoritetaan 2-4 vuoden välein putkiston kriittisimpien kohtien ultraäänikuvaus, esim. runkolinjat ja päähaarat. Ultraäänellä olisi mahdollista selvittää onko höyryputkistojen seinämän vahvuudessa tapahtunut muutoksia. Mittaukset suoritetaan aina samoista kohdista jotta vertailua voidaan suorittaa.

3. Putkiston vuotojen ja eristyksien kunnan todentamiseksi suoritetaan vuosittain höyrylinjojen lämpökamerakuvaukset. Erityisesti tulisi huomio kiinnittää venttiileihin ja laippaliitoksiin. Vuotojen paikantaminen ja niiden korjaaminen edesauttaa rahallisten säästöjen lisäksi työympäristön turvallisuutta ja työmukavuutta.

## 10. POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteen oli kehittää koelaitoksen höyry- ja lauhdejärjestelmän kunnossapitoa. Tavoite koostui höyryjärjestelmän venttiileille laadittavasta kriittisyysanalyysistä ja sen perusteella laadittavasta huolto-ohjelmasta näille venttiileille. Painotukseltaan tärkein kriteeri kriittisyysanalyysissä oli turvallisuus. Toisena tavoitekokonaisuutena oli kehittää höyryjärjestelmään liittyvää dokumentointia, mikä koostui putkistolinjojen nimeämisestä, nimeämisten merkitsemistä fyysisiin kohteisiin sekä putkistolinjojen konekohtaisista hierarkioiden luomisista. Tarkoituksena oli kehittää kokonaisuudessaan höyryjärjestelmään liittyviä kunnossapitotoimia.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi höyryjärjestelmän venttiileille luokittelu, niiden kriittisyyden mukaisesti. Analyysin perusteella koekone 1:ltä valikoitui kuusi kriittistä venttiiliä ja koekone 2:lta 13 venttiiliä, mihin koelaitoksen kunnossapitotoimia tulisi keskittää. Kriittisyysluokittelun ja venttiilien fyysisten sijaintien perusteella laadittiin huolto-ohjelma. Tämä huolto-ohjelma sisältää kriittisten venttiilien tarkastuksia eripuolilta konetta, järjestelmän kunnon yleiskuvan saamiseksi. Työn aikana tuli esille myös muita kehityskohteita koskien höyryjärjestelmän kunnossapitoa, joten niistä luotiin erillinen kehitysehdotuslista. Höyryjärjestelmän dokumentointia koskien nimettiin höyryputkistolinjat PI -kaavioihin sekä luotiin niiden perusteella konekohtaiset linjaluettelot. Putkistolinjojen nimeämiset suoritettiin käyttäen Metson positiointistandardia. Nimeämiset merkittiin fyysisiin kohteisiin siten, että niistä olisi mahdollisimman paljon hyötyä koneenkäyttäjille ja -huoltajille. Viimeisenä vaiheena oli luoda konekohtaiset hierarkiat höyryputkistoista. Tämä toteutettiin Excel taulukkoon, josta se myöhemmin siirretään koelaitoksen kunnossapitojärjestelmään.

Mielestäni saavutin opinnäytetyölleni asetetut tavoitteet ja onnistuin kehittämään koelaitoksen höyry- ja lauhdejärjestelmän kunnossapitoa. Onnistuin luokittelemaan venttiilit kriittisyysanalyysin avulla ja luomaan sen pohjalta huolto-ohjelman, joka



palvelee mielestäni hyvin koelaitoksen tarpeita. Venttiilien luokittelun avulla on helpompi keskittää kunnossapitoresursseja kriittisimmille venttiileille, jolloin voidaan olla varmempia järjestelmän toimivuudesta ja turvallisuudesta. Kehitin kriittisyysanalyysin pisteytys kriteereitä aikaisempaan analyysiin nähden, minkä ansiosta tuloksista saatiin luotettavimmat. Pitää kuitenkin muistaa, että analyysi toteutettiin nimenomaan turvallisuutta korostaen. Tällöin on mahdollista, että järjestelmän toiminnan kannalta, olisi järkevämpää kohdistaa huolto toimia myös muihinkin venttiileihin. Parannettavaa jäi myös vikataajuuden osalta, sillä sitä ei ollut käytettävissä. Nyt vikaistoriatietoa sain ainoastaan haastatteleamalla koneen miehistöjä sekä huoltohenkilöstöä. Haastatteleamalla sain myös tarkennusta tuotannon menetyksen arviointiin, jonka ansiosta voin pitää analyysiä siltä osin luotettavana. Vikataajuus on yksi tärkeimmistä kriittisyysanalyysin kriteereistä, jonka vaikutus on todella suuri lopullisiin tuloksiin. Mikäli muutaman vuoden kuluttua on saatu kirjattua järjestelmään höyryjärjestelmänventtiilien vikaantumisia, olisi hyvä suorittaa kriittisyysanalyysit uudelleen, muuttaen vaan vikataajuudet todellisiksi, tällöin saataisiin vielä luotettavimmat tulokset.

Mielestäni onnistuin saavuttamaan myös toisen päätavoitteen. Onnistuin kehittämään höyryjärjestelmän dokumentoitavuutta nimeämällä höyrylinjat ja merkitsemällä ne selkeästi fyysisiin kohteisiin sekä luomalla konekohtaiset putkistojen hierarkiat. Putkistojen nimeämiset ovat nyt yhtenäiset ja selkeästi ymmärrettävät. Lisäksi putkilinjat on nyt helppo tunnistaa ja niihin voidaan kohdistaa kunnossapito- ja vikaantumistietoja, jonka avulla voidaan entisestään kehittää järjestelmän kunnossapitoa. Olisi todella tärkeää että konekohtaiset hierarkiat syötettäisiin kunnossapitojärjestelmään, jolloin niiden hyöty saataisiin käyttöön.

Lähtökohdat tälle opinnäytetyölle olivat hyvät, sillä olen työskennellyt koelaitoksella useana kesänä, joten ympäristö ja ihmiset olivat entuudestaan tuttuja. Lisäksi kunnossapidon projekti- kurssilla toteutettu projekti koekone 2:n höyryjärjestelmälle, toimi hyvänä pohjana ja tausta tietona opinnäytteelleni. Tämän projektin ansiosta höyryjärjestelmä ja sen periaatteet olivat jo entuudestaan tuttuja. Tarkoituksena oli

siis syventää vielä tuota projektia ja luoda kokonaisvaltaisempi paketti koelaitoksen höyryjärjestelmän kunnossapitoon.

Opinnäytetyö prosessi alkoi projektisuunnitelman laatimisella. Kunnossapidonprojekti -kurssilla olin huomannut, että huolellinen suunnittelu ja varsinkin aikataulutus on oleellinen osa onnistunutta projektia. Niinpä käytin paljon aikaa luodakseni aikataulun, jota noudattamalla pääsisin tavoitteeseen ja saisin työn valmiiksi suunnitellussa ajassa. Aikataulusta tulikin työn suorituksen kannalta tärkeä osa, sillä seurasin ja toteutin asiat, kuten ne olin aikatauluun suunnitellut. Tällöin ei missään työn vaiheessa tullut kiire.

Suunnitelman jälkeen aloitin aiheeseen liittyvän aineiston keräämisen ja siihen paneutumisen. Pyrin löytämään mahdollisimman monipuolisia ja kansainvälisiä lähteitä niin kirjallisuudesta kuin nettilähteistäkin. Näistä lähteistä pyrin vielä suodattamaan käyttööni ”luotettavat lähteet”. Mielestäni käytinkin hyvin erilaisia lähteitä, jotka tukivat toinen toisiaan.

Varsinaisen opinnäytetyön tekemisen aloitin teoriaosuuksien kirjoittamisella. Pyrkimyksenä oli koota teorian työssä oleellisimmista osuuksista ja siinä mielestäni onnistuinkin melko hyvin. Tämä vaihe työstä sujuikin aikataulua nopeammin ja sain teoriaosuudet kasaan jo varhaisessa vaiheessa. Ainoana ongelmana oli vähäinen kirjoitettu teoria tieto kriittisyysanalyysistä. Tavoitteena oli saada kootuksi teoriaosio ennen kuin aloitan varsinaisen tutkimusosion suorittamisen ja näin tapahtuikin. Tutkimusosuuden päätin aloittaa höyryjärjestelmän kriittisyysanalyysin koekone 1:n osalta. Hyödynsin aiemmin tehtyä analyysiä, joka oli toteutettu koekone 2:lle, mutta päädyin kuitenkin hieman muuttamaan analysointi tapaa. Analyysi pohjaa en varsinaisesti muuttanut, vaan päädyin kehittämään selkeämmät kriteerit, joiden avulla järjestelmän arviointi olisi helpompaa ja tarkempaa. Uusien kriteerien ja tarkentuneiden tuotannonmenetys- tietojen vuoksi toteutin myös koekone 2 analyysin uudestaan, jotta tulokset olisivat luotettavampia. Huomasin kuitenkin, etteivät

kriittiset venttiilit muuttuneet aiempaan analyysiin verrattuna vaan muutos tapahtui ainoastaan pisteiden muodossa.

Kriittisyysanalyysien jälkeen aloin suorittamaan toista päätavoitetta eli putkistojen dokumentoinnin kehittämistä. Aloitin tämän vaiheen tutustumalla putkistojen nimeämisperiaatteisiin. Koelaitoksen putkistot on nimetty käyttäen Metson omaa positionistandardia, mikä helpotti urakkaa jonkin verran. PI- kaavioita läpikäydessäni huomasin, että putkistojen nimeämiset olivat todella puutteelliset, varsinkin koekone 1:n osalta. Nimesin siis putkistot PI - kaavioihin ja loin niiden pohjalta konekohtaiset linjaluetelot. Lisäksi merkitsin putkistot kentälle selkeillä ja standardin mukaisilla tarroilla. Merkinnät pyrin tekemään siten, että niistä olisi mahdollisimman paljon hyötyä ja pisimpien putkien kohdalla suoritin merkkeilyksen useaan paikkaan. Viimeisenä vaiheena tein konekohtaisesti putkistojen hierarkiat.

## LÄHTEET

Antikainen, J. 2005. Kunnossapidon tietojärjestelmän hankinta Turun uuteen jätevedenpuhdistamoon. Promaint 4/2005. Viitattu 21.2.2012.

<http://www.promaint.net/etusivu.asp>, Kunnossapitoyhdistys Promaint Ry.

Automation. 2012. Metson kotisivut. Viitattu 16.3.2012.

[http://www.metso.com/Automation/valve\\_prod.nsf/WebWID/WTB-090508-2256F-0C844?OpenDocument](http://www.metso.com/Automation/valve_prod.nsf/WebWID/WTB-090508-2256F-0C844?OpenDocument)

Coleman, J. 2012. Reliability – what is it?. Maintenance & asset management julkaisusarja N:o 1. Viitattu 20.2.2012. Maintworld.

Computerized maintenance management systems. 2012. Whole building desing guide –kotisivut. Viitattu 21.2.2012. <http://www.wbdg.org/om/cmms.php>

Erikoistyökalut.2012. Elekman kotisivut. Viitattu 14.3.2012.

[http://www.elekma.com/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=1282](http://www.elekma.com/index.php?main_page=product_info&products_id=1282)

Federley, J. 2009. Energiätehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä. Motiva Oy. Viitattu

10.3.2012. [http://www.motiva.fi/files/2407/Energiatehokas\\_h\\_yry-ja\\_lauhdej\\_rjestelm\\_.pdf](http://www.motiva.fi/files/2407/Energiatehokas_h_yry-ja_lauhdej_rjestelm_.pdf), Koulutusmateriaali (pdf).

Hautala, J. 2011. Technical Manager, Spirax Oy. Ohjeita lauhteenpoistimien huoltoihin. Sähköpostiviesti 18.11.2011. Vastaanottaja Anssi Hintikka..

Introduction to Non-Destructive Testing. 2012. The American Society for Nondestructive Testing (ASNT). Viitattu 12.3.2012.

<http://www.asnt.org/ndt/primer1.htm>, Classification of NDT Methods

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2011. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja N:o 10.4. lisäpainos. Kunnossapito yhdistys Ry.

Konola, J. & Mäki, K. 2000. Käyttökokemustiedon keruu ja tietojen hyödyntäminen paperiteollisuudessa. Promaint 6/2000. Viitattu 21.2.2012.

<http://www.promaint.net/etusivu.asp>, Kunnossapitoyhdistys Promaint Ry.

Kovanen, H. 2012. Kunnossapitoasentaja. Metso Paper Oy. Haastattelu 3.4.2012

Kunttu, S., Tolonen, S., Reunanen, M. & Valokari, P. 2004. Kunnossapidon kehityskohteiden tunnistaminen. Promaint 8/2004. Viitattu 20.2.2012.

<http://www.promaint.net/etusivu.asp>, Kunnossapitoyhdistys Promaint Ry.

Latvala, K. 2007. NDT-menetelmät paineastioiden ja putkistojen tarkastuksessa. Promaint 4/2007. Viitattu 10.3.2012. <http://www.promaint.net/etusivu.asp>, Kunnossapitoyhdistys Promaint Ry.

Marjakoski, M. 2011. Ennakoivan kunnossapidon suunnittelu. Opintojaksomateriaali. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Teknologiayksikkö.

Marttinen, J. 2011. Insinööri. Metso Paper Oy. Haastattelu 27.9.2011, 18.11.2011 ja 29.11.2011.

Massa ja paperi. 2012. Metson kotisivut. Viitattu 14.3.2012. [http://www.metso.com/fi/corporation/home\\_fin.nsf/WebWID/WTB-090512-2256F-28A31?OpenDocument](http://www.metso.com/fi/corporation/home_fin.nsf/WebWID/WTB-090512-2256F-28A31?OpenDocument)

Metson vuosikatsaus. 2011. Viitattu 20.3.2012 [http://www.metso.com/reports/2011/assets/pdf/metso\\_annual\\_report\\_2011\\_finnish.pdf](http://www.metso.com/reports/2011/assets/pdf/metso_annual_report_2011_finnish.pdf)

Metso paper Machines unit Jyväskylä general presentation. 2011. Viitattu 28.4.2012.

Metso yrityksenä. 2012. Metson kotisivut. Viitattu 14.2.2012. [http://www.metso.com/fi/corporation/about\\_fin.nsf/WebWID/WTB-090522-2256F-858BA?OpenDocument](http://www.metso.com/fi/corporation/about_fin.nsf/WebWID/WTB-090522-2256F-858BA?OpenDocument)

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja N:o 13.1. painos. Kunnossapitoyhdistys Promaint.

Moubray, J. 1997. RCM II Reliability- centered maintenance.

Positiointijärjestelmä. 2012. Metson tekninen standardi: positiointi. Viitattu 20.3.2012.

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. Painos. PSK Standardisointiyhdistys ry Helsinki.

Putkiston merkkaukset. n.d. Saareskoski Oy:n kotisivut. Viitattu 10.3.2012. <http://www.sareskoski.com/putkistomerkinna/C1150/>

Spiraxsarco. 2001. Höyryjärjestelmien hallinta. Viitattu 10.3.2012. [http://www.spiraxsarco.com/fi/assets/uploads/PDFs/CM/SB/GCM\\_20/iss\\_1/SB.GCM.20.pdf](http://www.spiraxsarco.com/fi/assets/uploads/PDFs/CM/SB/GCM_20/iss_1/SB.GCM.20.pdf), Mainos.

Solteq. 2012. Solteq Oy:n kotisivut. Viitattu 22.2.2012.  
<http://www.solteq.com/fi/SitePages/Tervetuloafia.aspx>

Tuukkanen, H. 2011. Kunnossapidon toiminnanohjaus. Opintojaksomateriaali.  
Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Teknologia yksikkö.

US Department of energy. 2012. Improving steam system performance. A source book for industries. Viitattu 10.3.2012.  
[http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/tech\\_deployment/pdfs/steamsourcebook.pdf](http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/tech_deployment/pdfs/steamsourcebook.pdf)

Viitanen, S. n.d. Käyttövarmuuden suunnittelu ja kunnossapito. Promaint. Viitattu 14.2.2012. [http://www.promaint.net/menu\\_description.asp?menu\\_id=144](http://www.promaint.net/menu_description.asp?menu_id=144),  
Tietopankki.

# LIITTEET

## Liite.1 Koe.1 kriittisyysanalyysi

| Versio                  |                         | Kriittisyyden raja-arvo                  |                        |                           |                 |                          |                    | 500 |
|-------------------------|-------------------------|--|------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|-----|
| Päiväys                 |                         | Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp |                        |                           |                 |                          |                    | 100 |
| Toimintopaikan tunniste | Vikaantumisväli (1...8) | Turvallisuus (0...16)                    | Luoksepäästävyys 0...4 | Tuotannon menetys (0...4) | Hävikki (0...4) | Korjauskustannus (0...4) | Kriittisyysindeksi |     |
|                         | Painoarvot W →          | 100                                      | 20                     | 40                        | 40              | 20                       | K                  |     |
| 1HV-3430                | 1                       | 6  | 3                      | 3                         | 0               | 1                        | 800                |     |
| 1HV-3406                | 1                       | 6  | 3                      | 3                         | 0               | 1                        | 800                |     |
| 1TV-3106                | 1                       | 6  | 2                      | 1                         | 0               | 1                        | 700                |     |
| 1PV-3428                | 1                       | 6  | 1                      | 1                         | 0               | 1                        | 680                |     |
| 1TV-4344                | 1                       | 4  | 3                      | 2                         | 0               | 1                        | 560                |     |
| 1PV-3402                | 1                       | 3  | 3                      | 4                         | 0               | 1                        | 540                |     |
| 1HV-4338                | 1                       | 3  | 2                      | 1                         | 0               | 1                        | 400                |     |
| 1TV-4304                | 1                       | 3  | 2                      | 1                         | 0               | 1                        | 400                |     |
| 1PV-3415                | 1                       | 2  | 3                      | 0                         | 2               | 1                        | 360                |     |
| 1PV-3410                | 1                       | 2  | 2                      | 2                         | 0               | 1                        | 340                |     |
| 1LV-3425                | 1                       | 1  | 4                      | 0                         | 2               | 1                        | 280                |     |
| 1PV-3420                | 1                       | 1  | 2                      | 1                         | 0               | 1                        | 200                |     |
| 1HV-3416                | 1                       | 0  | 1                      | 0                         | 0               | 1                        | 40                 |     |

## Liite.2 Koe.2 kriittisyysanalyysi

| Versio                  |                        | Kriittisyyden raja-arvo                  |                     |                      |                         |               |                        |                    | 500 |
|-------------------------|------------------------|--|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------|------------------------|--------------------|-----|
| Päiväys                 |                        | Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp |                     |                      |                         |               |                        |                    | 100 |
| Toimintopaikan tunniste | Toimintopaikan nimitys | Vikaantumisväli (1_8)                    | Turvallisuus (0_16) | Luoksepäästävyys 0_4 | Tuotannon menetys (0_4) | Hävikki (0_4) | Korjauskustannus (0_4) | Kriittisyysindeksi |     |
|                         |                        | Painoarvo t W -->                        | 100                 | 20                   | 40                      | 40            | 20                     | K                  |     |
| HV-3400                 | Pääsulkuventtiili      | 1  | 10                  | 1                    | 4                       | 1             | 2                      | 1260               |     |
| 34136                   | Ohikieruventtiili      | 1  | 10                  | 1                    | 1                       | 1             | 1                      | 1120               |     |
| 34593                   | Venttiili              | 1  | 8                   | 1                    | 4                       | 1             | 1                      | 1040               |     |
| PV-3412                 | Venttiili              | 1  | 8                   | 1                    | 3                       | 1             | 2                      | 1020               |     |
| PV-3456                 | Venttiili              | 1  | 8                   | 1                    | 3                       | 1             | 2                      | 1020               |     |
| TV-3143                 | Venttiili              | 1  | 8                   | 3                    | 0                       | 2             | 2                      | 960                |     |
| PV-3416                 | Venttiili              | 1  | 6                   | 1                    | 3                       | 1             | 2                      | 800                |     |
| PV-3419                 | Venttiili              | 1  | 6                   | 1                    | 3                       | 1             | 2                      | 800                |     |
| PV-3401                 | Säätöventtiili         | 1  | 6                   | 1                    | 2                       | 0             | 2                      | 720                |     |
| PV-3410                 | Venttiili              | 1  | 4                   | 1                    | 2                       | 1             | 2                      | 560                |     |
| PV-3418                 | Venttiili x2           | 1  | 4                   | 1                    | 2                       | 1             | 2                      | 580                |     |
| PV-3477                 | Venttiili              | 1  | 4                   | 1                    | 2                       | 1             | 2                      | 580                |     |
| TV-3422                 | Venttiili              | 1  | 4                   | 1                    | 0                       | 2             | 2                      | 540                |     |
| TV-4202                 | Säätöventtiili         | 1  | 4                   | 1                    | 1                       | 0             | 2                      | 480                |     |
| TV-2102                 | Venttiili              | 1  | 4                   | 1                    | 1                       | 0             | 2                      | 480                |     |
| TV-2128                 | Venttiili              | 1  | 4                   | 1                    | 1                       | 0             | 2                      | 480                |     |
| TV-2117                 | Venttiili              | 1  | 4                   | 1                    | 1                       | 0             | 2                      | 480                |     |
| TV-3302                 | Venttiili              | 1  | 4                   | 1                    | 0                       | 1             | 2                      | 480                |     |
| HW-3461                 | Venttiili              | 1  | 2                   | 4                    | 1                       | 1             | 2                      | 400                |     |
| PDV2-3415               | Venttiili              | 1  | 2                   | 4                    | 1                       | 1             | 2                      | 400                |     |
| PDV1-3417               | Venttiili              | 1  | 2                   | 3                    | 1                       | 1             | 2                      | 380                |     |
| PDV1-3415               | Venttiili              | 1  | 2                   | 2                    | 1                       | 1             | 2                      | 360                |     |
| LV1-3424                | Säätöventtiili         | 1  | 2                   | 1                    | 0                       | 2             | 2                      | 340                |     |
| LV1-3426                | Venttiili              | 1  | 2                   | 1                    | 0                       | 2             | 2                      | 340                |     |
| PDV-3413                | Venttiili              | 1  | 2                   | 1                    | 1                       | 1             | 2                      | 340                |     |
| HV-3460                 | Venttiili              | 1  | 2                   | 1                    | 1                       | 1             | 2                      | 340                |     |
| LV1-3463                | Venttiili              | 1  | 2                   | 1                    | 1                       | 1             | 2                      | 340                |     |
| LV2-3463                | Venttiili              | 1  | 2                   | 1                    | 1                       | 1             | 2                      | 340                |     |
| PDV-3408                | Venttiili              | 1  | 2                   | 1                    | 1                       | 1             | 2                      | 340                |     |
| LV2-3424                | Säätöventtiili         | 1  | 2                   | 1                    | 0                       | 1             | 2                      | 300                |     |
| LV2-3426                | Venttiili              | 1  | 2                   | 1                    | 0                       | 1             | 2                      | 300                |     |
| LV1-3427                | Venttiili              | 1  | 2                   | 1                    | 0                       | 1             | 2                      | 300                |     |
| LV2-3427                | Venttiili              | 1  | 2                   | 1                    | 0                       | 1             | 2                      | 300                |     |
| HV1-3429                | Venttiili              | 1  | 1                   | 1                    | 0                       | 2             | 2                      | 240                |     |
| HV2-3429                | Venttiili              | 1  | 1                   | 1                    | 0                       | 2             | 2                      | 240                |     |
| TV-3548                 | Venttiili              | 1  | 1                   | 1                    | 2                       | 0             | 2                      | 240                |     |
| TV-3550                 | Venttiili              | 1  | 1                   | 1                    | 2                       | 0             | 2                      | 240                |     |
| PDV2-3417               | Venttiili              | 1  | 1                   | 1                    | 1                       | 1             | 2                      | 240                |     |
| PDV2-3415               | Venttiili              | 1  | 1                   | 1                    | 1                       | 1             | 2                      | 240                |     |
| PV-3404                 | Venttiili              | 1  | 1                   | 1                    | 0                       | 1             | 2                      | 200                |     |
| TV-3421                 | Venttiili              | 1  | 1                   | 1                    | 0                       | 0             | 2                      | 160                |     |
| TV-3406                 | Venttiili              | 1  | 0                   | 1                    | 0                       | 0             | 2                      | 60                 |     |



### Liite.3 Putkistojen nimeäminen



Paper Technology Center / Vesa Suoranta

TEKNINEN  
STANDARDI  
POSITIOINTI  
12.3.2012

rev. 17

#### 1. TEHDAS- JA OSASTONUMEROINTI

Numero muodostuu kolmesta osasta, tehdas-, linja- ja osastonumerosta.

Esimerkiksi:                   - Koekone 1:n hylkyjärjestelmä on 122  
                                      - VTT Sortterin LVI-järjestelmä on 811

Tehdasta kuvaava 1. numero

- 1= Koekone 1
- 2= Koekone2 ( ei käytössä)
- 3= Koekone 3
- 4= Koekone 4
- 5= Erilliskoepaikat
- 6= Laboratorio
- 7= Vapaa
- 8= VTT
- 9= Yhteiset laitteet

Linjaa ja osastoa kuvaavat kaksi numeroa tehdaskohtaisesti.

- 1 Koekone 1:**
- 1= Yhteiset
  - 2= Massan käsittely
  - 3= Paperikone prosessiohjaukset
  - 4= Kemikaalit
  - 5= Paperikone koneohjaukset
  - 6= Kiertovoitelun valvonta
  - 7= Erillislaitteistot, esim. Jetmatic, IQ...
  - 8 Paperikoneen koneohjaukset jatkuvat

- |                      |                                 |
|----------------------|---------------------------------|
| 1 Yhteiset           | 0= Yhteiset                     |
|                      | 1= Sali-ilmastointi             |
|                      | 2= Lämmitys                     |
|                      | 3= Vesi- ja viemärijärjestelmät |
| 2 Massan käsittely   | 0=Yhteiset                      |
|                      | 1= Massankäsittely              |
|                      | 2= Hylkyjärjestelmä             |
|                      | 3= Kiertovesijärjestelmä        |
| 3 Paperikoneprosessi | 0= Yhteiset                     |

## Liite.4 Putkistojen nimeäminen



Paper Technology Center / Vesa Suoranta

TEKNINEN  
STANDARDI  
POSITIOINTI  
12.3.2012

rev.17

4 (19)

1= Lyhytkierto  
2= Tyhjöjärjestelmä  
3= Suihkuvesijärjestelmä  
4= Höyry- ja lauhdejärjestelmä  
5= Ilmastointi

### 4 Kemikaalit

0=Yhteiset  
1= Täyteaineet  
2= Kemikaalien käsittely  
3= Kemikaalien käsittely/tärvinekelys  
4= Kemikaalien käsittely

### 5 Paperikoneen koneohjaukset

0= Hydraulikka  
1= Kiertovoitelu ja yhteydet eri järjestelmiin  
2= Perälaatikko ja Viira  
3= Puristin  
4= Puristin  
5= Kuivatus  
6= Kuivatus  
7= Kuivatus  
8= Sizer ja Kalanteri  
9= Rullain

### 6 Kiertovoitelun valvonta

### 7 Erillislaitteistot

### 8 Paperikoneen koneohjaukset jatkuvat

0= Hydraulikka  
1= Kiertovoitelu ja yhteydet eri järjestelmiin  
2= Perälaatikko ja Viira  
3= Puristin  
4= Puristin  
5= Kuivatus  
6= Kuivatus  
7= Kuivatus  
8= Sizer ja Kalanteri  
9= Rullain

## Liite.5 Putkistojen nimeäminen



Paper Technology Center / Vesa Suoranta

TEKNINEN  
STANDARDI  
POSITIOINTI  
12.3.2012

5 (19)

rev.17

### 2 Koekone 2:

- 1= Yhteiset
- 2= Massan käsittely
- 3= Paperikone prosessiohjaukset
- 4= Kemikaalit
- 5= Paperikone koneohjaukset
- 6= Kiertovoitelun valvonta
- 7= Erillislaitteistot, esim. Jetmatic, Giljotinit, IQ...
- 8 Paperikoneen koneohjaukset jatkuvat

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1 Yhteiset                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>0= Yhteiset</li> <li>1= Sali-ilmastointi</li> <li>2= Lämmitys</li> <li>3= Vesi- ja viemärijärjestelmät</li> </ul>  |
| 2 Massan käsittely           | <ul style="list-style-type: none"> <li>0= Yhteiset</li> <li>1= Massankäsittely</li> <li>2= Hylkyjärjestelmä</li> <li>3= Kiertovesijärjestelmä</li> <li>4= Massankäsittely jatkuu</li> <li>5= Massankäsittely jatkuu</li> </ul>                                  |
| 3 Paperikoneprosessi         | <ul style="list-style-type: none"> <li>0= Yhteiset</li> <li>1= Lyhytkierto</li> <li>2= Tyhjäjärjestelmä</li> <li>3= Suihkuvesijärjestelmä</li> <li>4= Höyry- ja lauhdejärjestelmä</li> <li>5= Ilmastointi</li> <li>6= Tyhjäjärjestelmä</li> </ul>               |
| 4 Kemikaalit                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>0= Yhteiset</li> <li>1= Täyteaineet</li> <li>2= Kemikaalien käsittely</li> <li>3= Kemikaalien lisäykset</li> <li>4= Kemikaalien annostelu</li> <li>5= Kemikaalien annostelu</li> <li>6= Kemikaalien annostelu</li> </ul> |
| 5 Paperikoneen koneohjaukset | <ul style="list-style-type: none"> <li>0= Hydraulikka</li> <li>1= Kiertovoitelu ja yhteydet eri järjestelmiin</li> <li>2= Perälaatikko ja Viira</li> <li>3= Puristin</li> <li>4= Puristin</li> <li>5= Kuivatus</li> <li>6= Kuivatus</li> </ul>                  |

## Liite.6 Putkistojen nimeäminen



Paper Technology Center / Vesa Suoranta

TEKNINEN  
STANDARDI  
POSITIOINTI  
12.3.2012

rev. 17

6 (19)

7= Kuivatus  
8= Sizer ja Kalanteri  
9= Rullain

6 Kiertovoitelun valvonta

7 Erillislaitteistot

0= Kemikaalikeskukset (Nalco)  
1= IQ-Insight

8 Paperikoneen koneohjaukset jatkuvat

0= Hydraulikka  
1= Kiertovoitelu ja yhteydet eri järjestelmiin  
2= Perälaatikko ja Viira  
3= Puristin  
4= Puristin  
5= Kuivatus  
6= Kuivatus  
7= Kuivatus  
8= Sizer ja Kalanteri  
9= Rullain

## Liite.7 Putkistojen nimeäminen



Paper Technology Center / Vesa Suoranta

TEKNINEN  
STANDARDI  
POSITIOINTI  
12.3.2012

rev.17

### 3. PUTKILINJAT

Positio muodostuu kolmesta osasta XXX-YYY-ZZZ, jotka muodostuvat seuraavasti:

- XXX on tehdas-, linja- ja osastonumero, esim. 122
- YYY on putkilinjan juokseva numero, esim. 001
- ZZZ on virtaava aine, esim. SSU

Lisäksi position perään laitetaan putkikoko, esim. DN100.

Esimerkki: Koekone 1:n hylkyjärjestelmän ensimmäisen putken positio on

122-001-SSU DN100, joka muodostuu seuraavasti:

|                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| <u>122</u> -001-SSU DN100  | Koekone 1 hylkyjärjestelmä |
| 122- <u>001</u> -SSU DN100 | Putken juokseva numero     |
| 122-001- <u>SSU</u> DN100  | Virtaava aine, Massa       |
| 122-001-SSU <u>DN100</u>   | Putkikoko                  |

### VIRTAAVAT AINEET

#### Höyryt

|     |                  |
|-----|------------------|
| HKP | korkeapainehöyry |
| HMP | matalapainehöyry |

#### Ilmat

|     |                   |
|-----|-------------------|
| IAP | alipaineilma      |
| IIN | instrumentti-ilma |
| IPA | naineilma         |

## Liite.8 Putkistojen nimeäminen



Paper Technology Center / Vesa Suoranta

TEKNINEN  
STANDARDI  
POSITIOINTI  
12.3.2012

rev.17

### Vedet, lauhteet

|     |                       |
|-----|-----------------------|
| VRA | raakavesi             |
| VJA | jätevesi              |
| VKI | kiertovesi            |
| VLM | lämminvesi            |
| VSU | suodatettu vesi       |
| VSK | suodatettu kiertovesi |
| VSS | samea suodos          |
| VTI | tiivistevesi          |
| VLA | lauhde                |
| VJH | jäähdytysvesi         |

### Massat

|     |       |
|-----|-------|
| SSU | massa |
| SHY | hylky |

### Kemikaalit

|     |                      |
|-----|----------------------|
| ARL | riikkihappo          |
| ENA | lipeä                |
| RVA | väri                 |
| RRE | retentiosaine        |
| RYK | yleiskemikaali       |
| RMT | tärkkelys (keitetty) |
| SMT | tärkkelys (liete)    |
| STT | täytesaine           |

**Liite.9 Koe.1 linjaluettelo**

|  |
|--|
| Koe.1 Höyry- ja lauhdejärjestelmän linjaluettelo |
| 134-018-HMP-DN80                                 |
| 134-019-HMP-DN65                                 |
| 134-020-HMP-DN125                                |
| 134-021-HMP-DN80                                 |
| 134-022-HMP-DN40                                 |
| 134-023-HMP-DN65                                 |
| 134-024-HMP-DN150                                |
| 134-025-HMP-DN125                                |
| 134-027-HMP-DN80                                 |
| 134-028-HMP-DN125                                |
| 134-032-VLA-DN100                                |
| 134-033-VLA-DN100                                |
| 134-034-VLA-DN100                                |
| 134-035-VLA-DN40                                 |
| 134-040-HMP-DN125                                |

## Liite.10 Koe.2 Linjaluettelot

| Koe.2 Höyry- ja lauhdejärjestelmän linjaluettelo | Materiaali |
|--|------------|
| 234-001-HMP-DN200                                |            |
| 234-002-HMP-DN150                                |            |
| 234-003-HMP-DN50                                 |            |
| 234-004-HMP-DN80                                 |            |
| 234-005-HMP-DN80                                 |            |
| 234-006-HMP-DN80                                 |            |
| 234-007-HMP-DN80                                 |            |
| 234-008-HMP-DN150                                |            |
| 234-009-HMP-DN40                                 |            |
| 234-010-HMP-DN50                                 |            |
| 234-011-HMP-DN50                                 |            |
| 234-012-HMP-DN50                                 |            |
| 234-013-HMP-DN                                   |            |
| 234-014-HMP-DN100                                |            |
| 234-015-HMP-DN100                                |            |
| 234-016-HMP-DN100                                | st. 35,8   |
| 234-018-HMP-DN100                                |            |
| 234-019-HMP-DN50                                 |            |
| 234-020-VLA-DN65                                 |            |
| 234-021-VLA-DN50                                 |            |
| 234-022-VLA-DN40                                 |            |
| 234-023-VLA-DN40                                 |            |
| 234-024-VLA-DN25                                 | SS2333     |
| 234-026-VLA-DN25                                 | SS2333     |
| 234-027-VLA-DN25                                 | SS2333     |
| 234-030-VLA-DN65                                 | st. 35,8   |
| 234-031-VLA-DN65                                 | st. 35,8   |
| 234-032-VLA-DN40                                 | SS2333     |
| 234-033-VLA-DN40                                 |            |
| 234-034-VLA-DN40                                 | SS2333     |
| 234-035-HMP-DN65                                 | SS2333     |
| 234-036-HMP-DN25                                 |            |
| 234-050-HMP-16C1B-DN80                           |            |
| 234-051-HMP-DN100                                |            |
| 234-052-HMP-DN100                                |            |
| 234-053-VLA-16C1B-DN65                           |            |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| 234-054-VLA-16C1B-DN65  |  |
| 234-055-HMP-16C1B-DN100 |  |
| 234-056-HMP-16C1B-DN100 |  |
| 234-057-VLA-16H2A-DN40  |  |
| 234-058-HMP-16C1B-DN25  |  |
| 234-059-VLA-16C1B-DN25  |  |
| 234-060-HMP-DN15        |  |
| 234-063-VLA-DN65        |  |
| 234-064-HMP-DN65        |  |
| 234-065-HMP-DN100       |  |
| 234-066-VLA-16C1B-DN65  |  |
| 234-067-HMP-DN100       |  |







|                             |                  |                   |                   |  |                   |                  |                   |                   |  |
|-----------------------------|------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--|
| Koekone 2                   |                  |                   |                   |  |                   |                  |                   |                   |  |
| Höyry- ja lauhdejärjestelmä |                  |                   |                   |  |                   |                  |                   |                   |  |
| 234-001-HMP-DN200           |                  |                   |                   |  |                   |                  |                   |                   |  |
| 234-064-HMP-DN65            | 234-060-HMP-DN15 | 234-014-HMP-DN100 |                   |  | 234-015-HMP-DN100 |                  | 234-051-HMP-DN100 | 234-052-HMP-DN100 |  |
| 234-067-HMP-DN100           | 234-026-VLA-DN25 | 234-030-VLA-DN65  | 234-056-HMP-DN100 |  |                   |                  | 234-066-VLA-DN65  | 234-053-VLA-DN65  |  |
| 234-065-HMP-DN100           | 234-024-VLA-DN25 | 234-033-VLA-DN40  | 234-055-HMP-DN100 |  |                   |                  | 234-054-VLA-DN65  | 234-054-VLA-DN65  |  |
| 234-058-HMP-DN25            |                  |                   | 234-016-HMP-DN100 |  |                   |                  |                   | 234-057-VLA-DN40  |  |
| 234-059-VLA-DN25            | 234-019-HMP-DN50 |                   |                   |  |                   |                  |                   |                   |  |
|                             |                  | 234-018-HMP-DN100 | 234-050-HMP-DN80  |  | 234-031-VLA-DN65  | 234-027-VLA-DN25 |                   |                   |  |
|                             |                  |                   |                   |  | 234-032-VLA-DN40  | 234-024-VLA-DN25 |                   |                   |  |
|                             |                  |                   |                   |  |                   | 234-034-VLA-DN40 |                   |                   |  |