

# Viilunsorvauslinjan kunnonvalvontatarpeen määrittäminen kriittisyysanalyysin avulla

Joonas Hintikka

Opinnäytetyö  
Syyskuu 2011

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) HINTIKKA, Joonas	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 1.9.2011
	Sivumäärä 39	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi Kunnonvalvontamittausten hyödyntäminen Suolahden havuvaneritehtaan viilunSORVAUSLINJALLA		
Koulutusohjelma  Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn ohjaaja(t) MÄKI, Kari		
Toimeksiantaja(t)  Metsäliitto puutuoteteollisuus, Suolahden tehtaat		
Tiivistelmä  Sain opinnäytetyölleni aiheen Finnforestin vaneritehtailta Suolahdesta. Finnforest kuuluu Metsäliitto-konserniin ja se toimii noin 30 eri maassa. Suolahden vaneritehtailta valmistetaan sekä koivu- että havuvaneria. Työni koski kunnonvalvontamittausten hyödyntämistä viilunSORVAUSLINJASTOLLA havuvaneritehtaassa. Työssäni tein kriittisyysanalyysin sähkömoottoreille, laakereille sekä hydraulipumpuille, jotka olivat tärkeitä viilunSORVAUSLINJASTOLLE sen toimivuuden kannalta. Kriittisyysanalyysi toimii perustana tuleville kunnonvalvontamittauksille. Laskin myös kustannukset laiterikon tapahtuessa, jossa huomioin tuotannolliset menetykset sekä rikkoontuneen laitteen hinnan ja laskin niille keskimääräiset vuosikustannukset per laite. Tämän lisäksi olin yhteydessä eri yrityksiin jotka tarjoavat kunnonvalvontamittauspalveluita ja pidimme yrityksille palaverieita yhdessä tehdaspalvelupäällikkö Timo Salmikuukan kanssa. Näissä palaverieissa pyysimme yrityksiltä tarjouksia kunnonvalvontamittausten aloittamisesta viilunSORVAUSLINJASTOLLA. Tarjoukset saatuamme vertailin niitä keskenään ja annoin selvityksen parhaasta tarjouksesta.		
Avainsanat (asiasanat)  Kriittisyysanalyysi, kunnonvalvonta		
Muut tiedot		



Author(s) HINTIKKA, Joonas	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 01.09.2011
	Pages 39	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title  Condition monitoring and its utilization in the spruce plywood factory's peeling line		
Degree Programme Mechanical and Production Engineering		
Tutor(s) MÄKI, Kari		
Assigned by Metsäliitto puutuoteteollisuus Suolahden tehtaat		
Abstract  <p>I got the topic for my thesis from Finnforest plywood factory which is located in Suolahti. Finnforest is part of Metsäliitto Group and it operates approximately in 30 countries. In Suolahti they manufacture birch and spruce plywood. My thesis concerned condition monitoring and its utilization in the spruce plywood factory's peeling line. In my thesis I made a criticality analysis to electric motors, bearings and hydraulic pumps which were vital to the peeling line and its functioning. The criticality analysis is the basis for future condition monitoring. I also calculated the expenses in case a device breaks up. In those calculations I considered production losses as well as broken device prices and calculated the average annual cost per unit. After that I contacted with different companies which provide condition monitoring services and we held meetings with them. In these meetings we asked companies for offers to start condition monitoring and measurements in the peeling line. After I got the offers I compared them and made a report on the best offer to Finnforest.</p>		
Keywords  Criticality analysis, condition monitoring		
Miscellaneous		

## SISÄLTÖ

<b>1 Alkusanat</b> .....	<b>3</b>
1.1 Työn tarkoitus .....	3
1.2 Työn rajausta.....	4
<b>2 Finnforest</b> .....	<b>4</b>
2.1 Suolahden vaneritehtaat .....	5
KUVIO 1. Ilmakuva Suolahden vaneritehtaista.....	5
2.2 Vanerin valmistus.....	7
3 Kunnossapito .....	9
3.1 Taloudellinen merkitys kunnossapidossa .....	10
3.2 Kunnossapitolajit .....	11
3.3 Käyttövarmuus.....	13
<b>4 RCM</b> .....	<b>16</b>
4.1 RCM:n taustaa.....	16
4.2 RCM:n päämäärät .....	18
4.3 Mitä RCM:n avulla saavutetaan.....	18
4.4 RCM prosessi.....	19
4.4 Kriittisyysanalyysi .....	22
<b>5 Kunnonvalvontamenetelmät</b> .....	<b>24</b>
5.1 Kunnonvalvonnan toteutus .....	24
5.2 Värähtelymittaukset .....	29
5.3 Sähkömoottoreiden kunnonvalvonta.....	30
<b>6 Tulokset</b> .....	<b>30</b>
6.1 Kriittisyysanalyysin teko Finnforestille .....	30
6.2 Kunnonvalvontamittausten tarjouskyselyt.....	31

6.3 Kustannuslaskennat .....	34
<b>7 Pohdinta .....</b>	<b>34</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>36</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>38</b>
LIITE 1. KRIITTISYYSANALYYSI.....	38
LIITE 2. PAINOARVOT .....	39

# 1 Alkusanat

Alkuperäinen idea hakea opinnäytetyölle aihetta juuri Suolahden vaneritehtailta, Finnforestilta tuli sen johdosta, että olen työskennellyt kyseisessä yrityksessä kesinä 2007 ja 2008. Kesällä 2007 työskentelin koivuvaneritehtaassa ja seuraavana kesänä 2008 havuvaneritehtaassa. Molemmilla puolilla toimin sorvarina. Tämä on ollut minulle hyödyksi, koska opinnäytetyöni koskee juuri havuvaneritehtaan viilunsorvauslinjastoa.

## 1.1 Työn tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena on kunnonvalvontamittausten hyödyntäminen Suolahden havuvaneritehtaan viilunsorvauslinjalla. Tavoitteena on kartoittaa sorvauslinjaston kriittisimmät moottorit, vaihdemoottorit, hydraulipumput sekä laakeroinnit ja tehdä niistä kriittisyysanalyysi. Tähän tehtävään saan hyödyntää Finnforestin vanhaa kunnonvalvontamittautietokantaa Arrowia. Arrowiin on tilastoitu noin kymmenen vuoden ajalta lähes kaikki vikatilanteet ja laiterikot joita havuvaneritehtaalla on tapahtunut. Kriittisyysanalyysin valmistuttua tarkoituksena on selvittää eri yrityksiltä heidän mahdollisuuksistaan aloittaa kunnonvalvontamittaukset Suolahden vaneritehtailla ja pyytää tarjoukset mittausten kustannuksista. Tämän lisäksi opinnäytetyöni pohjalta Finnforestin tulisi saada selkeä käsitys kunnonvalvontamittauksista ja heille parhaasta vaihtoehdosta kunnonvalvontamittausten suhteen.

## 1.2 Työn rajaus

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan havuvaneri-tehtaan viilunsorvauslinjastoa. Rajaus perusteltiin sillä, että kyseessä on pilottityö jonka onnistuessa kunnonvalvontamittauksia laajennetaan mahdollisesti kaikille kriittisille linjastoille koivu- havu sekä jalostetehtaassa. Sorvauslinjastoon kuuluvia laitteita ovat pöllikuljettimet jotka kuljettavat pöllit sorville, itse sorvi ja sen jälkeiset viilukuljettimet jotka kuljettavat viilun automaattileikkurille. Automaattileikkurin jälkeen viilukappaleet kulkevat kuljettimia pitkin pinkkareille jotka myöskin kuuluvat sorvauslinjastoon. Tämän lisäksi linjastoon kuuluu vielä hakkurihuone kuljettimiseen sekä purilaiskuljetin telineineen.

## 2 Finnforest

Metsäliitto-konserni on noin 30 maassa toimiva metsäteollisuuskonserni, jonka alaisuuteen Finnforest kuuluu. Metsäliitto-konsernin liiketoiminta-alueet ovat puunhankinta, puutuoteteollisuus, sellu, kartonki ja paperi sekä pehmo- ja ruoanlaittopaperit, joista Finnforest luokituu puutuoteteollisuuteen. Finnforest toimii 20 maassa ja sen erityisosaamista on tuotteiden ja palveluiden toimittaminen teolliseen rakentamiseen, teollisuuden asiakkaille sekä kotien ja asumisen tarpeisiin.

Yrityksen liikevaihto on noin 900 miljoonaa euroa ja sen palveluksessa toimii noin 3000 työntekijää. Raaka-aineena yritys käyttää pohjoismaista puuta jolla on hyvät kestävyys- ja ulkonäköominaisuudet. (Finnforest 2011.)

## 2.1 Suolahden vaneritehtaat



KUVIO 1. Ilmakuva Suolahden vaneritehtaista. (Metsäliitto Osuuskunta 2011)

Suolahdessa toimivat koivu- ja havuvaneritehdas kuuluvat Metsäliitto-konsernin alaisuuteen. Alunperin Suolahteen perustettiin vuonna 1920 saha ja moninaisten vaiheiden ja vuosikymmenten jälkeen tehtaat siirtyivät vuonna 2006 Metsäliitto Osuuskunnan omistukseen. Finnforest on kuitenkin pysynyt puhekielessä tehtaiden nimenä.



Liikevaihto vuonna 2010 koivutehtaalla oli 40 miljoonaa euroa ja havutehtaalla 49 miljoonaa euroa. Vastaavasti tuotantomäärät koivutehtaalla olivat 42 000m<sup>3</sup> ja havutehtaalla 132 000m<sup>3</sup>. Tämä huomattava ero verrattaessa tuotantomääriä ja liikevaihtoa selittyy sillä, että koivuvaneri on huomattavasti arvokkaampaa kuin havuvaneri. Nämä luvut tosin ovat huomattavasti pienemmät verrattuna esimerkiksi vuoteen 2008 jolloin taantuma ei ollut vielä vaikuttanut tuloksiin. Esimerkiksi vuonna 2008 koivutehtaan liikevaihto oli 56 miljoonaa euroa ja havutehtaan 63 miljoonaa euroa.

Työntekijöitä Suolahdessa on yhteensä 516 henkilöä. Koivutehtaassa työskentelee 273, havutehtaassa 167, kunnossapidossa 41 ja hallinnossa 35 työntekijää. Keski-ikältään työntekijät ovat noin 40-vuotiaita.

Finnforest käyttää raaka-aineenaan suurimmaksi osaksi kotimaisia koivu- ja havutukkeja. Koivutukkien tuonti ulkomailta on 39% ja havutukkien 10%. Vastaavasti koivuvaneria myydään Suomeen 14% ja havuvaneria 15%. Loput vanerin myynnistä sijoittuu pääosin Eurooppaan.

Yleisimpiä vanerin käyttökohteita rakentamisessa ovat pienrakennusten seinät, katot ja verhoilut, betonimuotit, ovet ja ovipinnat sekä lattiat mm. tehdas- ja urheiluhalleihin. Teollisuudessa vanerin käyttökohteita ovat esimerkiksi huonekalut, veneet, perävaunujen lattiat sekä junissa, kuorma- ja pakettiautoissa niiden seinät ja lattiat. Seinä- ja lattiamateriaalina käytetään koivuvaneria sen paremman kestävyysjohdosta. Myös liikennemerkkit valmistetaan usein vanerista (KUVIO 2). (Metsäliitto Osuuskunta 2011)



KUVIO 2. Vanerista valmistettu liikennemerkki. (Metsäliitto Osuuskunta 2011)

## 2.2 Vanerin valmistus

Vanerin valmistus alkaa raaka-aineen hankinnalla ja sen kuljetuksella tehtaalle. Suurin osa Finnforestin käyttämästä raaka-aineena toimivasta havu- sekä koivupuusta tulee Suomesta. Tehtaalle saavuttuaan tukkipuut haudutetaan noin 50°C vedessä vähintään vuorokausi. Tämä sen vuoksi, että märkä puu on helpompaa sorvata ja siitä saatu viilu on laadultaan parempaa. Seuraavaksi tukit nostetaan haudonta-altaasta linjalle jossa seuraava vaihe on puun kuorinta. Kuorinnan jälkeen tukit katkotaan haluttuun mittaan, jonka jälkeen ne ovat valmiita sorvattavaksi.

Sorvauksessa puupölliä pyöritetään halutulla nopeudella ja samaan aikaan sorvinterä liikkuu pölliä kohti leikaten siitä tasaisen viilumaton. Kun puusta on sorvattu kaikki mahdollinen puuaines siitä jää jäljelle pyöreä keskiosa, purilas. Viilun paksuus vaihtelee 1,4 – 3,2mm välillä (KUVIO 3). (PuuProffa 2011.)



KUVIO 3. Puun sorvaus. (PuuProffa 2011)

Tämän jälkeen viilumatto leikataan tiettyyn arkkikokoon jonka jälkeen ne siirtyvät kuivauslinjastolle. Kuivauslinjastolla viiluarkit kulkevat kuuman uunin läpi jossa ylimääräinen kosteus haihtuu niistä pois. Kuivauksen jälkeen viilut lajitellaan niiden laadun mukaan. Nyt viilut ovat valmiita ladottavaksi. Ladontavaiheessa viilut ladotaan siten, että päällekkäisten viilujen syysuunta tulee kohtisuoraan toisiinsa nähden. Näin vanerista saadaan kestävämpää. Pintaviilut vanerissa ovat parempilaatuisia, jotta vaneri näyttäisi kauniimmalta. Ladottaessa joka toinen viilu tulee valssin läpi, jossa se saa molempi puoleisen liimakerroksen. Tämän ansiosta viilut pysyvät toisissaan kiinni. Viiluja on yleensä vanerissa pariton määrä, jolla saavutetaan pintaviilujen syiden samansuuntaisuus. Ladonnan jälkeen useista viiluista koostuva vaneri menee puristimeen. Puristimessa viiluissa oleva liima kiinnittyy paremmin viiluihin joissa ei liimaa ole. Kun

liima on kuivunut vanerista sahataan reunat, jolloin niistä saadaan tasaiset ja samalla vaneri saa oikean kokonsa. Tämän jälkeen vaneri vielä hiotaan, jotta siitä saadaan myös oikean paksuinen. Osa vanereista menee pinnoitettavaksi ja osa on jo tässä vaiheessa valmiita.

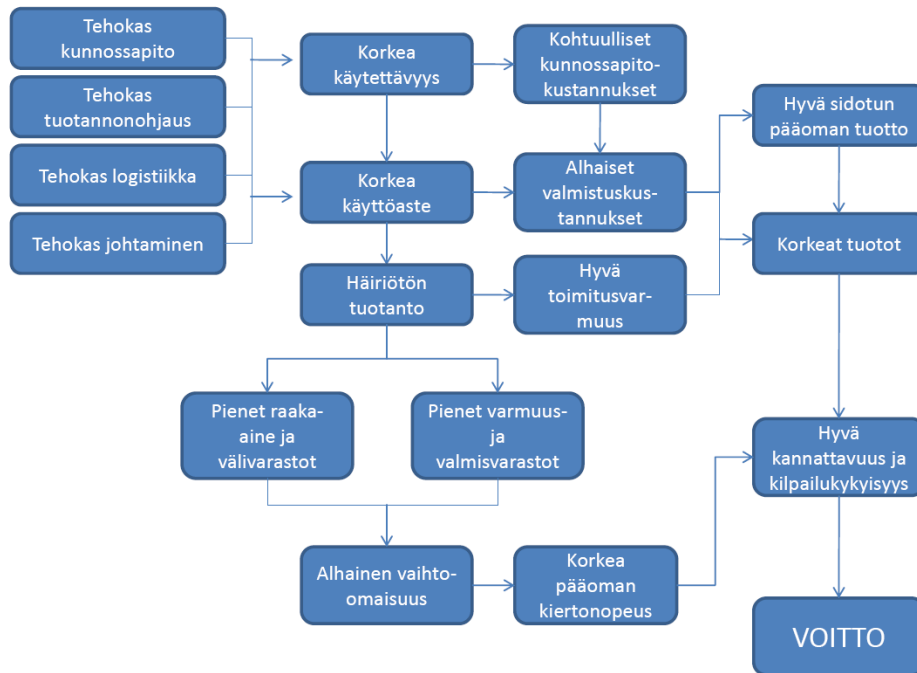
Pinnoitettavaan vanereihin liimataan vielä jokin erikoispinta. Pinnoitus vaihtoehtoja on useita kymmeniä. Perusominaisuuksiltaan vaneri poikkeaa tavallisesta puusta sen lujuuden, iskunkestävyyden tiiviyden ja monikäyttöisyyden puolesta.

### **3 Kunnossapito**

*”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.”* (Järviö ym. 2006, 29.)

Kunnossapidon pääasiallinen tehtävä nykyäskäityksen mukaan on laitteiden jatkuvan käyttökunnon ylläpitäminen. Kunnossapito toki kattaa edelleen rikkoontuneiden laitteiden ja komponenttien korjaustyöt, mutta se ei ole enää nykyään kunnossapidon pääasiallinen tarkoitus.

Kunnossapito on nykyäskäityksen mukaan myös tärkeä tuotannontekijä, jonka avulla tuotantolaitos voi ylläpitää ja nostaa tuottavuutta, käytettävyyttä sekä kilpailukykyä (KUVIO 4). (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 25.)



KUVIO 4. Kunnossapidon vaikutus kannattavuuteen. (Järviö ym. 2006, 21.)

### 3.1 Taloudellinen merkitys kunnossapidossa

Useilla teollisuuden aloilla kunnossapito on merkittävä tuotannon tekijä. Sen taloudellisen merkityksen määrittäminen on hankalaa, koska sillä ei ole selkeää kansallista tai kansainvälistä tilastointia. Tämä johtuu siitä, että kunnossapitoa ei pidetä omana toimialana. Kunnossapidon järjestelmä-, komponentti- ja laitevalmistajat tosin ovat jo pitkään huomioineet kunnossapidon normaalien liiketalouden mittareiden mukaan. Kontrolloitujen pääoma ja raaka-aine kustannusten jälkeen kunnossapito on yrityksen suurin kontrolloimaton kustannuserä.

Kunnossapidon kustannukset jakaantuvat teollisuudessa kolmeen pääryhmään. Näistä pääryhmistä oma työ kattaa 37%, ostetut palvelut

35% ja materiaalit 28%. Kunnossapito kuuluu välillisiin eli epäsuoriin yrityksen kustannuksiin. Tämä on hyvä sisäistää, jotta pystyttäisiin ymmärtämään kunnossapitoon investoitujen kustannusten synnyttämät tuotot. Viime aikoina yritysten trendinä on ollut kasvanut kunnossapitopalveluiden ostoa. Tämä trendi tulee todennäköisesti vielä jatkumaan, koska kunnossapitopalvelut yleistyvät ja samalla suurten ikäluokkien poistuessa työelämästä yritykset eivät enää palkkaa uutta työvoimaa tehtävään vaan ulkoistavat sen. (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 37-40.)

### **3.2 Kunnossapitolajit**

PSK 7501 -standardissa kunnossapitolajien jakoperusteet määritellään vikaantumisen seurannaisvaikutusten suhteen tuotannossa.

Kunnossapidon kaksi pääryhmää ovat suunniteltu kunnossapito sekä häiriökorjaukset eli suunnittelemattomat korjaukset. Häiriö määritellään viaksi joka estää laitteen toimimasta suunnitellulla tavalla.

Suunnitelmalliset kunnossapidon työt tehdään suunnitelmien mukaisesti, mutta häiriökorjaukset tehdään aina häiriön vaatimalla tavalla.

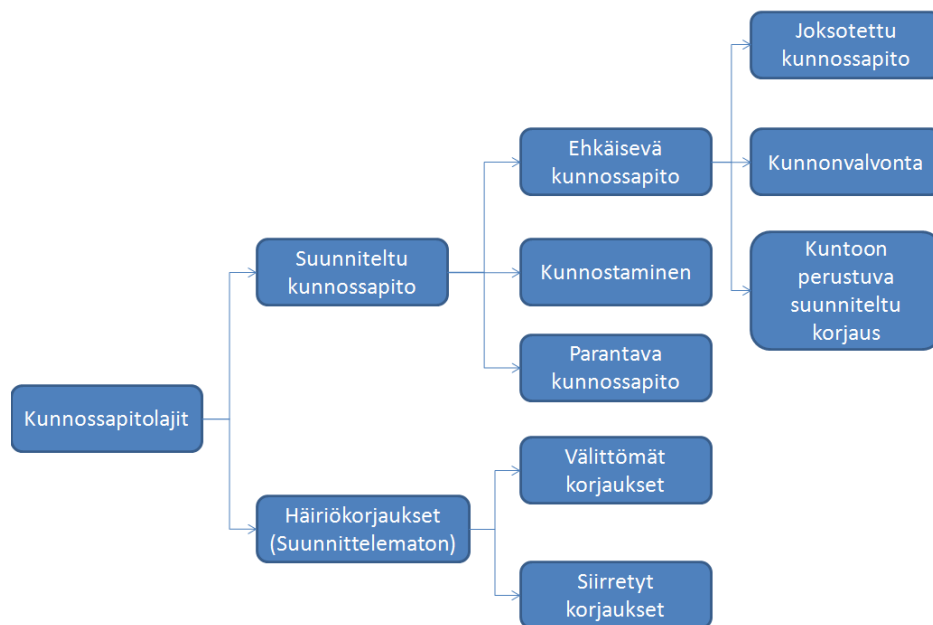
Häiriökorjausten aikana on kannattavaa tehdä myös suunniteltuja kunnossapidon töitä joilla estetään turhat seisokit.

Suunniteltu kunnossapito jaetaan kolmeen alaryhmään. Nämä alaryhmät ovat ehkäisevä kunnossapito, kunnostaminen ja parantava kunnossapito.

Kunnostamisella tarkoitetaan laitteen palauttamista toimintakuntoon korjaamalla vaikuttamatta sen prosessien toimintoihin, kun taas parantavassa kunnossapidossa laitteen toimintoja parannellaan sen rakennetta muuttamalla jolla saavutetaan laitteen toimintavarmuuden

sekä kunnossapidettävyyden paraneminen. Ehkäisevä kunnossapito jaetaan edelleen kolmeen alaryhmään: jaksotettu kunnossapito, kunnonvalvonta sekä kuntoon perustuva suunniteltu korjaus. Jaksotetulla kunnossapidolla ja kunnonvalvonnalla selvitetään tietoja joiden avulla saadaan selville laitteiden kunnostustarpeet.

Häiriökorjaukset jaetaan edelleen kahteen alakohtaan: välittömät korjaukset sekä siirretyt korjaukset. Välittömällä korjauksilla tarkoitetaan korjauksia jotka on tehtävä välittömästi, jotta laite saadaan takaisin toimintakuntoon. Siirretyt korjaukset eivät ole niin kiirreellisiä, mutta ne tehdään ensitilassa esimerkiksi suunnittelemattomien seisokkien aikana (KUVIO 5). (PSK 7501 2010, 5.)



KUVIO 5. Kunnossapitolajit. (PSK 7501 2010, 32)

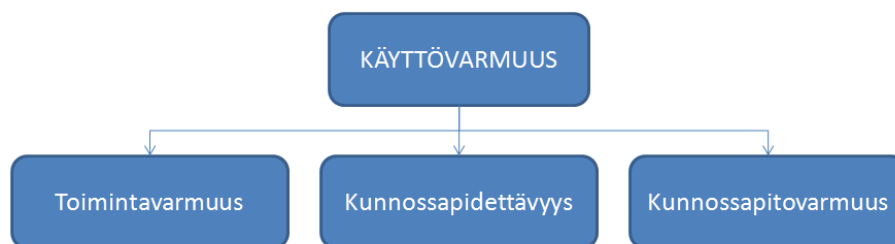
### 3.3 Käyttövarmuus

Viimeisen reilun kymmenen vuoden aikana koneiden ja laitteiden käyttövarmuutta on vasta alettu ymmärtämään tarkemmin. Heikosta käyttövarmuudesta johtuen prosesseissa esiintyy enemmän odottamattomia vikoja ja sen johdosta joudutaan pitämään ylimääräisiä seisokkeja. Kustannukset voivat kohota menetetyn tuotannon vuoksi erittäin korkeiksi. Huono käyttövarmuus on myös turvallisuusriski henkilöstön ja ympäristön suhteen.

Tuotantoa pystytään tehostamaan ja riskejä vähentämään lisäämällä käyttövarmuuden suunnittelua ja hallintaa. Tämä tarkoittaa usein resurssien kohdistamista kriittisimpiin vikoihin sekä ennakoivan kunnossapidon kustannusten lisääntymistä.

Käyttövarmuudella tarkoitetaan koneen kykyä suoriutua sille määräytyistä tehtävistä virheettää tietyissä olosuhteissa ja aikamääreissä.

Käyttövarmuus jaetaan kolmeen alakohtaan: toimintavarmuuteen, kunnossapidettävyyteen sekä kunnossapitovarmuuteen (KUVIO 6). (Ramentor 2011)



KUVIO 6. Käyttövarmuus. (Tuukkanen 2011)



Toimintavarmuus voidaan määritellä kohteen kykyyn suorittaa vaadittu toiminto määräoloissa ja vaaditun ajan. Toimintavarmuuden mittareina toimii sen keskimääräinen vikaväli (MTBF=Mean Time Between Failure) ja keskimääräinen vikaantumisaika (MTTF=Mean Time To Failure).

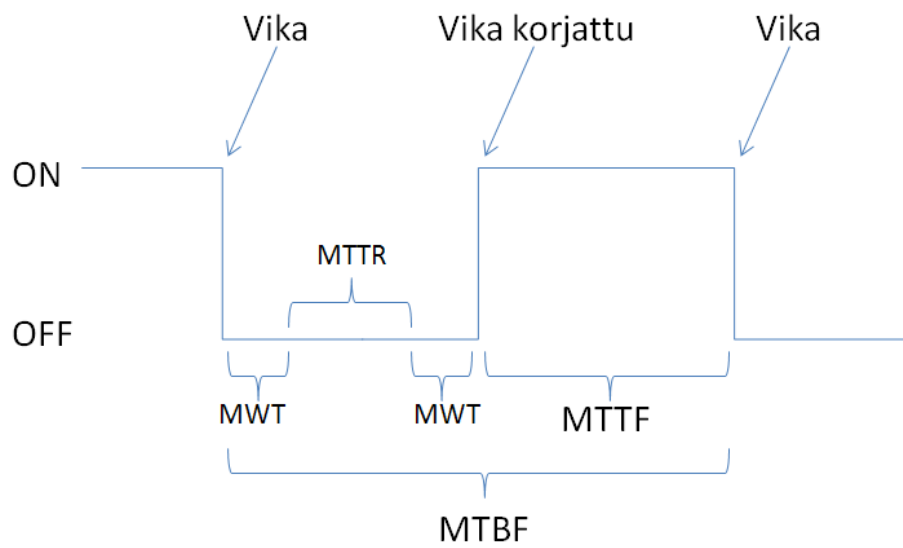
Toimintavarmuus on käsite joka sisältää useita eri alakohtia, jotka vaikuttavat keskeisesti laitteen toimintavarmuuteen. Laitteen konstruktio täytyy suunnitella kohteeseen sopivaksi materiaalien, mitoitus- ja sen kunnossapidettävyyden näkökulmista. Laitteen asennus ja siihen liittyvä käyttöopastus dokumentteineen on tärkeää. Huolto ja huollon tarve/määrä ennakoivine kunnossapitosuunnitelmineen sekä laitteen oikeaoppinen käyttö ovat myös olennaisia tekijöitä laitteen toimintavarmuudessa. Laitteen varmennus eli tarvittavat rinnankytkennät ja varaosien saatavuus kuuluu myös laitteen toimintavarmuuteen. (Tuukkanen 2011)

Kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan kuinka nopeasti laite saadaan toimintakuntoon sen rikkoontuessa. Kunnossapidettävyyden mittarina toimii sen keskimääräinen toipumisaika (MTTR=Mean Time To Restoration). Olennaisia kunnossapidettävyyteen liittyviä asioita ovat vian havaittavuus, sen korjattavuus ja huollon helppous (Mäki 2011).

Kunnossapitovarmuus on kunnossapidosta huolehtivan organisaation kykyä suorittaa vaadittu tehtävä tehokkaasti määrätyllä ajanhetkellä ja paikalla. Kunnossapitovarmuuden mittarina toimii keskimääräinen odotusaika (MWT=Mean Waiting Time). (Ramentor 2011)

Kunnossapitovarmuuteen liittyy useita eri asioita. Huoltohenkilöstö ja heidän tietotaitonsa sekä motivaationsa tulee olla hyvä. Toimiva ohjausjärjestelmä organisaatiossa takaa informaation kulun tarvittaville osapuolille. Mahdolliset ulkopuoliset huoltopalvelut ja niihin liittyvät sopimukset tulee olla kunnossa. Teknisten tietojen kuten piirustusten, huolto- ja käyttöohjeiden saatavuus vaikuttaa myös kunnossapitovarmuuteen. Oikeat korjausvarusteet oikeilla paikoilla sekä

tarvittavat varaosat jouduttavat työtä jolloin seisokkiaika saadaan lyhyemmäksi (KUVIO 7).  
(Romppainen 2002)



$$\text{Käyttövarmuus} = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + \text{MTTR} + \text{MWT}}$$

KUVIO 7. Käyttövarmuuden osatekijät. (Mäki 2011)

## 4 RCM

### 4.1 RCM:n taustaa

RCM tulee sanoista Reliability Centered Maintenance. Suomenkielille käännettynä RCM tarkoittaa luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa, mutta yleisesti puhutaan pelkästä lyhenteestä RCM. Menetelmä on vakiinnuttanut paikkansa yhtenä tärkeimmistä työkaluista kunnossapidon suunnittelussa. (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 75.)

RCM:n juuret ovat peräisin 1960-luvun alkupuolelta. Alkuperäisen kehitystyön takana on Pohjois-Amerikan siviili-ilmailun toimiala. Se kehittyi, kun sen ajan lentoyhtiöt tajusivat, että monet heidän kunnossapito filosofiansa olivat liian kalliita sekä liian vaarallisia. Tästä johtuen perustettiin useita ”Maintenance Steering Group” (MSG) ryhmiä, joiden tarkoituksena oli uudelleen arvioida kaikkia tekemiään osa-alueita jotka pitivät lentokoneita ilmassa. Nämä ryhmät koostuivat lentokoneiden valmistajien, lentoyhtiöiden sekä kansallisen ilmailualan hallinnon edustajista.

Ensimmäiset tulokset järkevistä nollatasoon pyrkivästä kunnossapito strategiasta julkaisi ”Air Transport Association” Washingtonissa vuonna 1968. Tätä julkaisua alettiin kutsua MSG 1 nimellä. Kaksi vuotta myöhemmin päivitetty versio MSG 1:stä julkaistiin ja se ilmestyi vuonna 1970.

1970-luvun puolivälissä Yhdysvaltain puolustusministeriö halusi tietää enemmän ilmailualan kunnossapidon ajattelutavoista. He tilasivat raportin ilmailualan teollisuudesta jonka kirjoittivat Stanley Nowlan ja Howard Heap United Airlinesista. He antoivat raportille nimen ”Reliability Centered Maintenance” ja se julkaistiin vuonna 1978. MSG 3 on kirjoitettu juuri tämän teoksen pohjalta ja se julkaistiin vuonna 1980.

Sen jälkeen siitä on julkaistu uusia painoksia neljä kertaa vuosina 1988, 1993, 2001 ja 2002. (The Aladon Network 2010)

RCM on yleinen kunnossapidon työkalu prosessiteollisuudessa sekä ydinvoimaloissa. Se on systemaattinen menetelmä kunnossapidon suunnittelun apuna. Varsinaisen kunnossapitotoiminnan lisäksi RCM-menetelmässä tärkeänä tekijänä toimii myös laitteiden suunnittelu ja niiden kehittäminen käyttövarmuuden sekä kunnossapidettävyyden lisäämiseksi.

Kunnossapitoa ja etenkin ehkäisevää kunnossapitoa tehdään prosessiteollisuudessa yleisesti liikaa. Ehkäisevästä kunnossapidosta jopa 40% on turhaa. Perusongelmana on ollut ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu. Koneen valmistajan ja omien kokemusten perusteella on jouduttu suunnittelemaan kunnossapito-ohjelmat jotka usein johtavat siihen, että tehdään turhaa/ylimääräistä työtä. RCM-menetelmän mukaan kunnossapitoa tulisi tehdä mahdollisimman vähän, mutta kuitenkin niin ettei laitoksen tai laitteen toiminta vaarannu.

Systemaattisuuden ansiosta ylimääräinen työ on helppo karsia pois jolloin voidaan keskittyä olellisiin töihin kunnossapidossa. Yleinen virheellinen oletus onkin, että RCM-menetelmä lisää kunnossapitoa ja samalla sen kustannuksia. (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 75.)

## 4.2 RCM:n päämäärät

RCM prosessin tarkoituksena on järjestää tietyn prosessin laitteet tärkeysjärjestykseen, jonka avulla kunnossapito saadaan kohdistettua laitteisiin jotka sitä eniten tarvitsevat. Tavallisimmat tekijät, jotka vaikuttavat laitteiden tärkeysjärjestykseen ovat kustannukset, laatu, turvallisuus, sekä ympäristövaatimukset. RCM prosessilla selvitetään laitteiden vikaantumismekanismit, jolloin pystytään luomaan oikeanlaiset ja tehokkaat ehkäisevät kunnossapitomenetelmät nille. Laitteille, joille ei pystytä luomaan kunnollisia ennakoivan kunnossapidon menetelmiä, tehdään hyvät toimintaohjeet vikaantumisten varalle. On myös tärkeää, että laitteiden käyttäjät oppivat seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa ja näin ennakoimaan tulevia vikatilanteita. Prosessi paranee, kunnossapidon kustannukset laskevat, tuottavuus sekä laitteiden luotettavuus paranee kun kunnossapito kohdistetaan oikeisiin kohteisiin. (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 75.)

## 4.3 Mitä RCM:n avulla saavutetaan

RCM:n avulla saavutetaan parantunut suorituskyky tuotannon ja kunnossapidon alueilla. Laitteiden elinikä pitenee oikein suunniteltujen ennakoivien kunnossapitomenetelmien ansiosta. Ympäristön sekä turvallisuusasioiden huomioiminen parantuu. RCM:n tuloksena syntyy myös yhtenäinen kunnossapitotietokanta, jonka seurauksena yhteistyö kunnossapitohenkilöstöllä kasvaa ja samalla motivaatio lisääntyy, kun tiedetään mitä ja milloin täytyy tehdä. RCM:n avulla saavutetaan yleensä myös tuloksia nopeasti. (RCM, Luotettavuuskeskeinen kunnossapito)

## 4.4 RCM prosessi

RCM:n avulla selvitetään tarpeelliset tehtävät, jotta mikä tahansa tuotannon laite saavuttaa siltä vaaditun toiminnon senhetkisen ympäristön sallimissa rajoissa. RCM prosessissa on hyvä muistaa, että kaikilta vikaantumisilta ei voi välttyä, mutta vikojen seurauksilta kyllä. Tärkein asia on prosessin toiminnan varmistaminen. (Järviö ym. 2006, 127)

RCM prosessi sisältää seitsemän perus kysymystä tarkastelun alaisesta kohteesta.

- Mitkä ovat laitteen toiminnot ja suorituskykystandardit laitteen senhetkisessä ympäristössä?
  - Millä tavoin laite rikkoontuu ja jättää täyttämättä siltä vaaditut toiminnot?
  - Mikä aiheuttaa laitteen toiminnallisen vikaantumisen?
  - Mitä tapahtuu vikaantumisien yhteydessä?
  - Millä tavoin kukin vika vaikuttaa laitteeseen?
  - Mitä voidaan tehdä, jotta voidaan ennakoida tai estää vikaantuminen kokonaan?
  - Mitä tulee tehdä jos sopivaa ehkäisevää toimenpidettä ei löydetä?
- (Moubray 1997, 7)

Ennen kuin pystytään määrittelemään mitä kunnossapidolla halutaan saavuttaa on ymmärrettävä laitteiden toiminnot. Tämän vuoksi ensimmäisenä selvitetään kunkin laitteen toiminnot ja

suorituskykystandardit laitteen toimintaympäristössä. Usein laitteen käyttäjät tietävät parhaiten miten laite saadaan toimimaan mahdollisimman taloudellisesti sekä laadukkaasti ja näin saaden parhaan hyödyn koko organisaatiolle. Tämän vuoksi on tärkeää, että juuri he osallistuvat RCM prosessiin. Seuraavaksi on tunnistettava laitteeseen aiheutuvat toimintahäiriöt. Tarkastellaan millaisissa olosuhteissa toimintahäiriö voi tapahtua ja mitkä tilanteet tai tapahtumat voivat sen aiheuttaneet. Kun toimintahäiriöt on saatu selvitettyä, RCM prosessia jatketaan vikaantumistapojen etsinnällä. Selvitetään kaikkia mahdollisia syitä, jotka todennäköisesti aiheuttavat vikaantumisen ja listataan ne ylös. Neljännessä vaiheessa selvitetään vikojen vaikutusta laitteeseen kussakin tapauksessa. Tässä vaiheessa määritellään tiedot vikojen seurausvaikutuksista laitteeseen. Määrityksissä pohditaan seuraavia asioita:

- Mistä selviää, että vikaantuminen on tapahtunut?
- Millaisia terveys- tai ympäristöriskejä vikaantumisesta on?
- Kuinka vikaantuminen vaikuttaa toimintaan tai tuotantoon?
- Mitä vahinkoja vikaantumisesta aiheutuu konkreettisesti?
- Mitä toimenpiteitä tehdään vian korjaamiseksi?

Vikaantumistapoja löydetään usein tuhansia normaalikokoisessa teollisuuslaitoksessa, ja kukin niistä vaikuttaa jollain tavoin yritykseen. Vikaantumistapojen seuraukset tosin vaihtelevat. Seuraavaksi pohditaan vikojen seurauksia, jotka RCM prosessissa jaetaan neljään ryhmään.

- *Piilevien vikojen seuraukset:* Piilevät viat eivät itsessään aiheuta vikaantumista, mutta niiden vaikutuksesta vikaantumiset kasaantuvat

suuremmiksi joukoiksi ja näillä vioilla on suuremmat vaikutukset laitteeseen.

- *Turvallisuus ja ympäristövaikutukset:* Jos vika aiheuttaa tapaturmariskin tai pahimmassa tapauksessa kuoleman se luokitellaan turvallisuusriskiksi. Jos taas vika aiheuttaa ympäristölle vahinkoa rajat ylittäneiden päästöjen muodossa vika luokitellaan ympäristöriskiksi.
- *Toiminnalliset seuraukset:* Vika aiheuttaa vahinkoa tuotantoon sen määrän, laadun, asiakasedun tai käyttökustannuksien muodossa. Lisäksi välittömät korjauskustannukset luetaan toiminnallisiin seurauksiin.
- *Ei-toiminnalliset seuraukset:* Vikaaantuminen ei aiheuta toimintaan, turvallisuuteen tai ympäristöön liittyviä seurauksia, vaan vikaantuminen liittyy vain korjauksista seuraaviin välittömiin kustannuksiin.

Tämän jaottelun perusteella kunnossapito on helpompi keskittää niihin kohteisiin joilla on suurin vaikutus organisaatioon. Lisäksi kunnossapidon henkilöstöä rohkaistaan ajattelemaan ehkäisevää kunnossapitoa laajemmin, eikä vain keskittymään vikojen korjauksiin ja estoihin.

Vikaantumisten hallintaa johtavat tehtävät voidaan jakaa kahteen pääryhmään: proaktiivisiin tehtäviin sekä korjaus- ja toimintaohjeisiin. Proaktiivisia tehtäviä tehdään ennen kuin vika on ilmennyt ja aiheuttanut laiterikon. Nämä tehtävät jaetaan edelleen kolmeen alaryhmään, jotka ovat: jaksotettu korjaus, jaksotettu uusiminen sekä kunnonvalvonta. Näistä kunnonvalvonta sisältää toimenpiteet jotka aiheutuvat kunnonvalvonnasta johtuvien havaintojen perusteella. Korjaus- ja toimintaohjeisiin luetaan sellaiset viat joille ei ole mahdollista tehdä riittävän tehokasta ehkäisevää toimintamallia. Näille vioille laaditaan toimintaohjeet valmiiksi ja näihin toimiin ryhdytään laitteen ollessa rikki. Vian etsintä ja korjaava kunnossapito liittyvät kekskeisesti tähän ryhmään. (Järviö ym. 2006. 127-130)



## 4.4 Kriittisyysanalyysi

Laitteiden kriittisyystarkastelu on ennakoivan kunnossapidon kehityksen lähtökohta. Tässä työssä kriittisyyden määrittämiseen käytettiin PSK 6800 standardia ja siinä kriittisyystarkastelu tehdään seuraavasti.

Kriittisyysanalyysi aloitetaan määrittelemällä tarkastelun laajuus. Tämän jälkeen määritetään tuotannon menetykselle painoarvo ( $W_p$ ). Se saadaan laskemalla yhteen tulot painoarvokertoimista.

Näitä painoarvokertoimia ovat tuotantoyksikön ( $P_1$ ), tuotantolinjan ( $P_2$ ), prosessin ( $P_3$ ) sekä osaprosessin ( $P_4$ ) painoarvokertoimet. Nämä painoarvokertoimet määräytyvät tapauskohtaisesti. Tuotannon menetyksen painoarvokertoimen laskemisen kaava on

$W_p = P_1 * P_2 * P_3 * P_4$ . Tämän jälkeen arvioidaan sopivatko PSK 6800

standardin mukana tulleen Excel-taulukon muut painoarvot

tarkasteltavaan kohteeseen. Näitä painoarvoja ovat vikaantumisväli,

turvallisuus, ympäristö, tuotannon menetykset, laatukustannukset sekä

korjauskustannukset. Tarvittaessa muutetaan valmiit painoarvot

vastaamaan paremmin kyseessä olevaa kohdetta. Seuraavaksi listataan

tarkasteltavat laitteet Excel-taulukkoon. Tämä jälkeen valitaan kullekin

laitteelle painoarvokertoimet koskien edellä mainittuja osa-alueita. Excel-

taulukko laskee laitteiden kriittisyysindeksin ( $K$ ) ja sen osaindeksit,

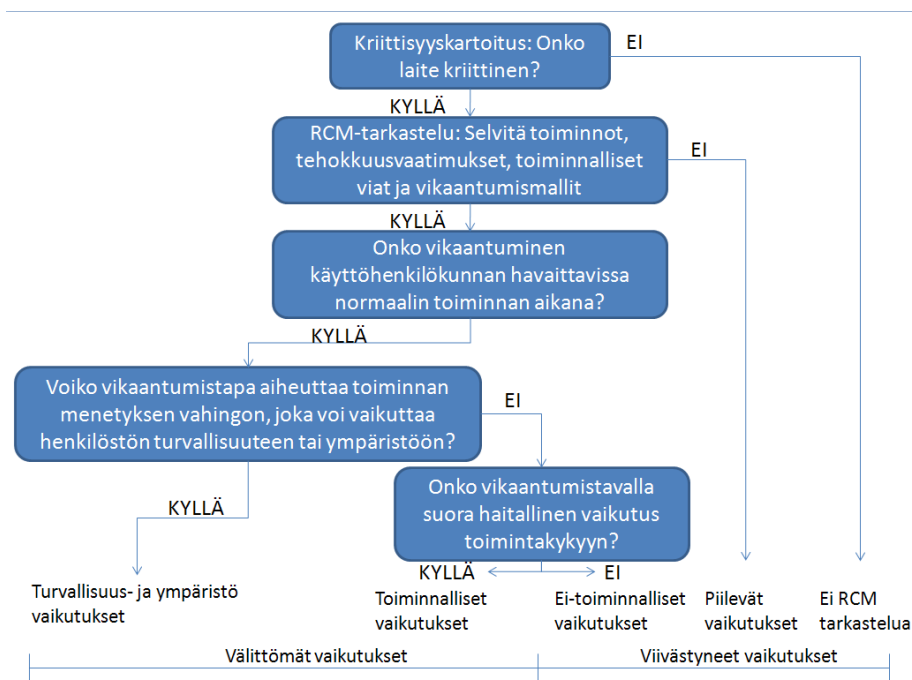
turvallisuus ( $K_s$ ), ympäristö ( $K_e$ ), tuotannon menetykset ( $K_p$ ) ja

laatukustannukset ( $K_q$ ), annettujen painoarvojen mukaan. Suurimman

kriittisyysindeksi-arvon ( $K$ ) saanut laite on luonnollisesti kriittisin. Laitteita

voidaan tarkastella myös osaindeksi-arvon perusteella. (PSK 6800 2008)

Kriittisyysanalyysin tulokset ovat yleensä luotettavia ja tarkastellun alueen laitekannasta selviää kriittisimmät laitteet, kun siihen on käytetty riittävästi eri osa-alueiden asiantuntijuutta. Kriittisimpien laitteiden osalta jatketaan tarkastelua varsinaisen RCM-prosessin mukaisesti (KUVIO 8). (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 150)



KUVIO 8. RCM ja kriittisyysanalyysi. (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 147)

## **5 Kunnonvalvontamenetelmät**

Koneiden kunnonvalvonta on tullut erityisen tärkeäksi osaksi nykypäivän teollisessa kunnossapidossa. Käyttöasteen paraneminen ja kunnonvalvonnan kannattavuus on havaittu tärkeäksi osaksi kunnossapitoa yhä useammassa teollisuuden laitoksessa. Viimeisen kymmenen vuoden aikana tietokoneavusteisten kunnonvalvontamenetelmien huima kehitys on johtanut siihen, että suurta mittaustietomäärää pystytään nykypäivänä hallitsemaan ja käsittelemään helposti erityisillä ohjelmilla. Koneiden sen hetkinen kunto pystytään jatkuvasti ja helposti selvittämään esimerkiksi verkon kautta näiden ohjelmien avulla. Näin ollen kunnossapidossa pystytään ajoissa huomaamaan mahdolliset tulevat vikaantumiset ja toimimaan tilanteen vaatimalla tavalla. Tuotantolaitos hyötyy menetelmästä paljon, koska totaaliset konerikot pystytään ehkäisemään ja kustannukset jäävät paljon pienemmiksi laitetta huollettaessa, kun että se jouduttaisiin vaihtamaan täysin uuteen vastaavaan. (Johdanto kunnonvalvontaan 2011)

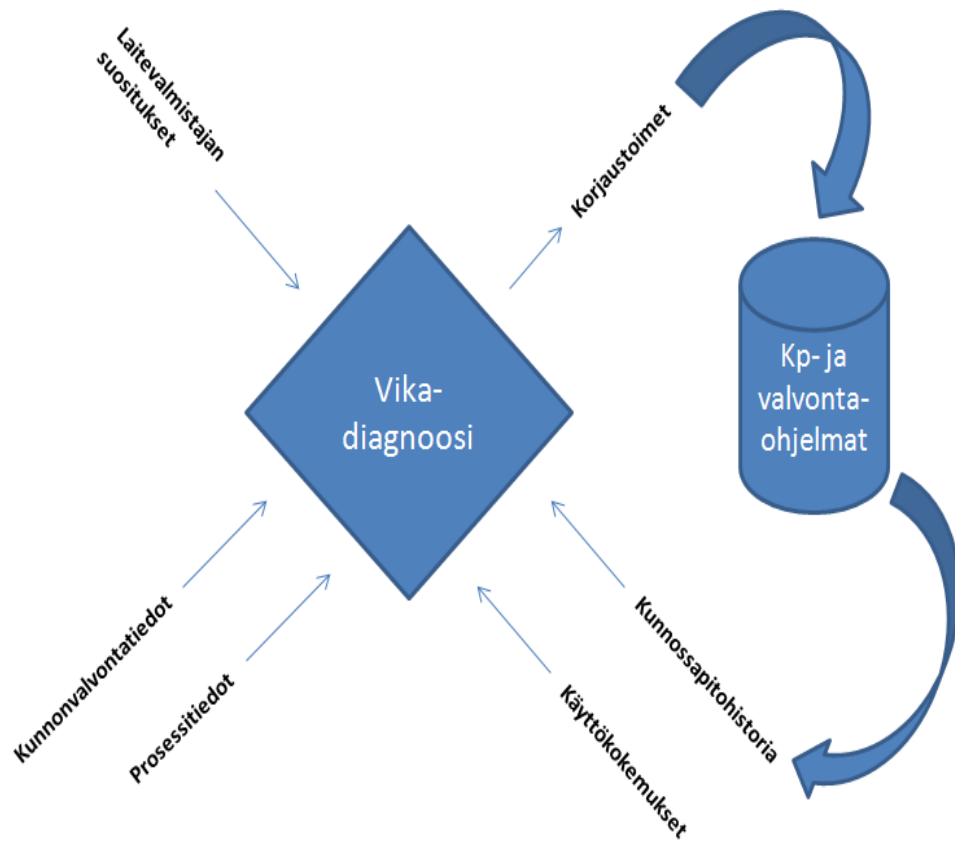
### **5.1 Kunnonvalvonnan toteutus**

Kunnonvalvonnan toteutus aloitetaan mittaustuloksia keräämällä, usein reittimittauksina. Näitä tuloksia sitten verrataan hälytysrajoihin ja aiemmin saatuihin mittaustuloksiin. Aiempien mittaustulosten puuttuessa voidaan vertailukohteeksi ottaa vastaavan toisen laitteen mittaustulokset tai alan standardit.

Mittausreitti suunnitellaan siten, että mittausreitti on järkevä ja mittaukset voidaan toteuttaa määrävälein. Pituudeltaan sen tulee olla sen mittainen, että saman päivän aikana kerkeää tehdä mittaukset, tulosten tarkastelut sekä laatia mahdolliset vikamääritykset.

Kun mittauskierros on tehty, suoritetaan tulosten tarkastelu. Mittaustulosten ollessa sallittujen raja-arvojen sisällä toimenpiteisiin ei tarvitse ryhtyä. Kun taas mittauksissa havaitaan raja-arvon ylittäviä tuloksia tai muita merkittäviä poikkeamia, aloitetaan selvitys mistä poikkeamat johtuvat. Tarkastusmittauksien avulla selvitetään, että kyseessä on todellinen poikkeama, eikä vain mittausvirhe tai muutos prosessiolosuhteissa. Kyseessä ollessa todellinen poikkeama mittaustoimintaa tehostetaan, jolloin saadaan selville vian kehittyminen. Mittausten tehostamiseksi mittausväliä voidaan lyhentää, tehdään mittauksia erilaisin menetelmin tai asetetaan laite jatkuvan mittauksen alaiseksi.

Selvitettäessä mahdollisia vikoja tarkastellaan laitteen oireita. Oireista voidaan päätellä mistä viasta on kyse. Tosin vian selvittämistä hankaloittaa samojen oireiden liittyminen useaan eri vikaan, mutta toisaalta yhteen vikaan saattaa liittyä useita eri oireita. Vikojen selvittämisen vaiheessa tulee ottaa huomioon myös käyttöolosuhteiden sekä prosessin vaikutukset mittaustuloksiin. Tarkennusta vikojen selvittämiseen saadaan myös laitevalmistajalta sekä kunnossapidon vikahistoriasta (KUVIO 9).

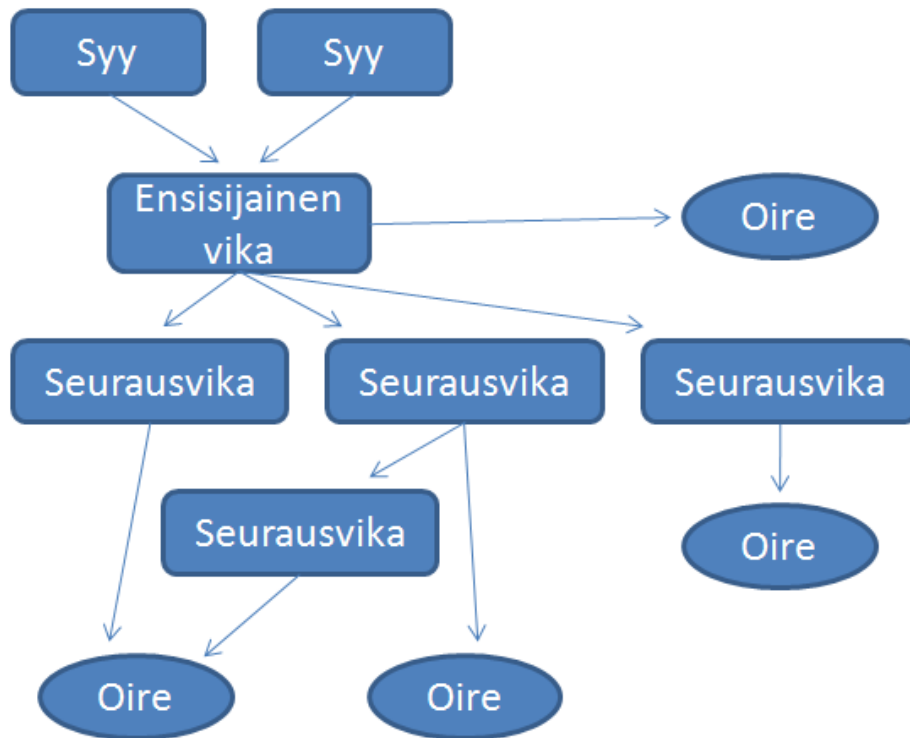


KUVIO 9. Vikadiagnosi. (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 170.)

Vikadiagnosista tehdään johtopäätökset jossa selvitetään vian vaikutusaste, itse mahdollinen vika, vian aiheuttaja sekä vian kehittymisnopeus. Jos vikadiagnosia ja ennustetta laitteen käytettävyydestä halutaan tarkentaa on suositeltavaa käyttää seuraavia toimenpiteitä:

- Laitteen kuntoa seurataan tarkemmin, mutta käyttöä voidaan jatkaa.
- Kuormitusta tai nopeutta pienentämällä laitteen käyttöä voidaan jatkaa.
- Lisämittausten ja tarkastusten avulla arvioidaan laitteen huolto- tai korjaustarpeet.
- Ehdotetaan korjausajankohta.

Kun kunnossapitotoimenpiteet vikaantuneelle laitteelle on tehty suoritetaan tarkastusmittaukset, jossa varmistetaan laitteen kunto ja korjaustoimenpiteiden onnistuminen. Tämän lisäksi vikaantuneelle osalle tehdään tarkastukset ja todetaan havaittu vika oikeaksi vertaamalla sitä saatuihin mittaustuloksiin. Tulokset dokumentoidaan kunnossapitohistoriaan. Vian aiheuttaja on myös selvitettävä, koska vika saattaa aiheuttaa seuravikoja joilla on omat oireensa (KUVIO 10).



KUVIO 10. (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 172.)

Saatuja mittaustuloksia on suositeltavaa säilyttää vähintään kolmen vuodenajan. Mittaustulokset jotka ovat otettu laitteen ollessa uusi tai juuri tehdyn täyshuollon jälkeen on suositeltavaa säilyttää koko laitteen eliniän. Vian selvitysvaiheessa saadut johtopäätökset, korjausraportit, valkokuvat, tärkeimmät vian kehittymistä kuvaavat mittaustulokset sekä laskelmat on syytä tallentaa laitteen vikahistoriaan. (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 169-174)

## 5.2 Värähtelymittaukset

Värähtelymittauksia käytetään teollisuudessa ensisijaisesti pyörivien laitteiden kunnonvalvonnassa. Värähtelymittausten käyttöönotto on varsin monimutkainen prosessi jossa on otettava huomioon useita eri asioita kuten valvottava kohde, sen kriittisyys tuotannon kannalta, valvottavan laitteen toimintaperiaatteet, mahdolliset vikaantumistavat sekä valvottava prosessi. On myös otettava huomioon kuinka usein värähtelyä on tarpeen mitata, laitteen erilaiset vikaantumistavat, millaisessa ympäristössä laite toimii sekä millaiset laitteet sopivat kyseessä olevan värähtelyn mittauksiin. Värähtelymittauksissa vaaditaan huolellista suhtautumista pieniinkin asioihin jotka vaikuttavat merkittävästi saatuihin tuloksiin. Esimerkiksi millä taajuudella mittaukset suoritetaan, ettei ympäristössä ole häiritseviä taajuuksia ja mittauskohta on valittu huolella. Mittauskohta valitaan yleensä laitteen rungosta, koska itse laitteessa värähtelyn aiheuttava koneen osa, kuten roottori, mäntä tai akseli on vaikeasti suoraan mitattavissa.

Pyörivät laitteet aiheuttavat värähtelyä käydessään. Värähtelyn rakenteessa aiheuttavia voimia kutsutaan herätteiksi.

Värähtelymittauksissa mitataan poikkeamia koneen normaaleista herätteistä joita aiheuttavat esimerkiksi epätasapaino, asennuksen tai valmistuksen epätarkkuudet sekä erilaiset vikaantumiset ja kulumiset.

(Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 223-224)

Värähtelymittauksilla ei saada kaikkia vikaantumisia selville, mutta suuri osa vikaantumisista saadaan kuitenkin selville ennen vian kehittymistä vaurioksi. (Witick 2011)



### **5.3 Sähkömoottoreiden kunnonvalvonta**

Kaikkialla teollisuudessa sähkömoottorit pyörittävät mekaanisia laitteita ja tämän vuoksi kunnonvalvonnanmittaajat joutuvat työskentelemään niiden kanssa. Mittaajan on tunnettava normaalista käytöstä poikkeavat ilmiöt ja vanhenemisesta johtuvat viat sekä tunnistettava niistä johtuvat vaikutukset moottorin elinikään. On tärkeää tunnistaa sähkömoottoreiden erilaiset vikaantumismekanismit, jotka ovat kunnonvalvonnan kannalta tärkeitä sekä niiden valvontamenetelmät, jotta vika löydetäisiin ennen laitteen kunnan heikkenemistä tai laiterikon tapahtumista. (Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, 369-370, 386)

## **6 Tulokset**

### **6.1 Kriittisyysanalyysin teko Finnforestille**

Opinnäytetyössä on käytetty kriittisyysanalyysin tekoon PSK6800 standardia. Standardin mukana tuli Excel-taulukko joka oli valmiiksi jäsennelty turvallisuuden, ympäristön, tuotannon menetysten, laadun, korjauskustannusten sekä vikaantumisvälin mukaan. Se myös sisälsi valmiit kaavat jotka laskivat kriittisyysindeksit valmiiksi laskuissa mukana oleville kohteille (LIITE 1). Finnforestin mielipide oli, että otamme kriittisyysanalyysissa huomioon vikaantumisvälin, tuotannon menetykset sekä korjauskustannukset. Turvallisuus, ympäristö ja laatu jätettiin siis huomioimatta työtä tehtäessä. Kriittisyysanalyysin teko alkoi painoarvojen määrittelyllä viilunsorvauslinjastolle. (LIITE 2).

Tämän jälkeen viilunSORVAUSLINJASTOSTA valittiin sähkömoottorit, hydraulipumput sekä laakeroinnit jotka haluttiin ottaa mukaan kriittisyysanalyysiin. Raute Oy:n edustajan mukaan myös sorvin sisäiset laakeroinnit tulee ottaa kriittisyysanalyysissä tarkastelun alaiseksi. Yhteensä kriittisyysanalyysiin tuli 69 eri kohdetta. Tämän jälkeen, kun kriittisyysanalyysia varten oli valittu halutut kohteet, täytyi Finnforestin kunnonvalvontatietokanta Arrowista selvittää kohteiden vikaantumisvälit sekä keskimääräiset korjausajat kullekin kohteelle. Näiden tietojen perusteella ja painoarvotaulukkoa hyväksi käyttäen määriteltiin arvot kriittisyysanalyysiin.

## **6.2 Kunnonvalvontamittausten tarjouskyselyt**

Finnforestin edustajat halusivat saada Maint Partnerilta sekä Fortumilta tarjoukset kunnonvalvontamittausten aloittamisesta viilunSORVAUSLINJASTOLLA. Molemmat yritykset vastasivat myönteisesti tarjouskyselyihin, joten yritysten edustajat kutsuttiin Suolahteen palaveeraamaan kyseisestä aiheesta. Palaverit pidettiin yrityksille eri ajankohtina. Palaverissa käytiin läpi jo valmistunutta kriittisyysanalyysia, minkä molempien yritysten edustajat päättivät ottaa perustaksi kunnonvalvontamittauksilleen. Yritysten toimintatavat toteuttaa kunnonvalvontamittauksia eivät poikenneet juuri lainkaan toisistaan ja Finnforestin edustaja oli myöskin tyytyväinen niihin. Toimintatapoihin kuului mittausreitin suunnittelu ensimmäisellä mittauskerralla, värähtelymittausten käyttö mitattavissa kohteissa, raportointi havaituista alkavista vioista sekä jo syntyneistä vaurioista ja toimenpide-ehdotukset laitteiden käyttöön ja korjauksiin liittyen. Suurimmat erot olivat mittauskertojen määrissä. Toinen yritys mittaisi laitteet kaksi kertaa useammin kuin toinen mikä taas nostaa kustannuksia.

Havusorvauslinjaston sekä sivutuotelinjaston esittelyn jälkeen sovittiin käytäntöön ja turvallisuuteen liittyvistä asioista mittauksia tehtäessä. Kun kaikki asiat kunnonvalvontamittauksiin liittyen olivat käyty läpi yritykset lupasivat lähettää omat tarjouksensa sähköpostilla meille.

Molemmilta yrityksiltä kului noin kaksi viikkoa palavereista tarjostensa lähettämiseen. Tarjouksia vertailemalla selvisi Finnforestille sopivampi tarjous. Tarjouksissa vertailun kohteina oli erityisesti yritysten tarjoama hinta yhdeltä mittauskerralta, takuehdot, maksuehdot, mittauksista tehtyjen raporttien toimitusajat sekä yritysten käytössä olevat standardit.

Finnforest halusi vielä lisäselvityksen Maint Partnerilta sekä Fortumilta siitä, kuinka useasti mittaukset tulisi heidän mielestään tehdä vuodessa, jotta saavutettaisiin vähintään 90% toimintavarmuus laitteille. He halusivat myös tarkemman selvityksen tehdyn työn takuista ja mittausten paikkaansapitävyydestä.

Fortumin edustaja Marko Witickin mielestä takuun antaminen mittauksille on hiukan vaikeaa, koska heidän analyysinsa perustuu mittaustuloksiin ja aikaisempaan kokemukseen. Fortumilla on kuitenkin vastuu palveluiden huolellisesta ja ammattitaitoisesta suorituksesta ja he vastaavat siitä, että palvelut suoritetaan sovittujen standardien mukaisesti.

90% toimintavarmuuteen pääsy vaatii muutakin kuin kunnonvalvontamittaukset. Esimerkiksi voitelu- ja suunnitellut huollot sekä kunnonvalvontamittausten perusteella suositeltujen vikojen korjaukset. Laitteiston toimintavarmuuteen vaikuttaa myös laitteiston käyttö (ajotavoissa / tuotteessa suuria eroja, jotka rasittavat laitteistoa eri tavoin). Normaalisti esimerkiksi laakerivika etenee vaurioksi 1 - 6 kuukauden kuluessa siitä kun se havaitaan mittauksilla. Tämän perusteella Fortum suisitteli mittausväliksi 2 - 3 kk eli 4 - 6 kertaa vuodessa. (Witick 2011)

Maint Partnerin edustaja Esa Patolan mukaan yli 90% toimintavarmuuteen tarvitaan mittauksia aloitettaessa taajempaa mittausperiodia. Hänen mielestään sopiva aika mittausten välillä alussa olisi kuusi viikkoa. Tämän jälkeen kriittisimmät laitteet mitattaisiin kuukausittain ja vähemmän kriittiset kahden kuukauden välein. Toimintavarmuutta he eivät kuitenkaan voi luvata, jos vaurion syntyy vaikuttaa esimerkiksi käyttövirhe, äkilliset sähkö- tai automaatioviat ja niistä johtuvat mekaaniset viat tai huolimattomuus. (Patola 2011)

Finnforestin tehdaspalvelupäällikkö Timo Salmikuukka halusi vielä henkilökohtaisen mielipiteen Vilppulan sahan Raimo Ukkoselta ennakoivista kunnonvalvontamittauksista, koska heillä kunnonvalvontamittauksia on tehty jo useamman vuoden ajan. Raimo Ukkosen mielestä Suolahden vaneritehtaiden kannattaisi myös siirtyä käyttämään kunnonvalvontamittauksia. Hänen mielestään hanke on kallis, mutta kuitenkin kannattava. Heillä kunnonvalvontamittaukset tehdään kolme kertaa vuodessa mitä hän piti riittävänä määränä. Joskus heidän koneisiin on tullut mittauksista huolimatta äkkirikkoja, mutta ne ovat harvinaisia. (Ukkonen 2011)

### 6.3 Kustannuslaskennat

Maint Partnerilta sekä Fortumilta saaduista tarjouksista täytyi selvittää vielä kunkin tarjouksen kustannukset vuositasolla. Tarjousten vertaileminen ei ollut yksinkertaista, koska toinen tarjouksista oli kiinteä ja sisälsi päivärahat, matkakorvaukset, majoituskorvaukset ym., kun taas toinen tarjouksista ei sisältänyt näitä kustannuksia. Aiemmin olin jo selvittänyt ja laskenut sorvaus- ja sivutuotelinjastoilla olevien sähkömoottoreiden, laakereiden ja hydraulipumppujen mallit ja hinnat. Finnforestin saamat alennetut hinnat laitteille täytyi ottaa laskuissa myös huomioon. Näistä tiedoista kokosin erillisen Excel-taulukon. Taulukosta käy myös ilmi keskimääräiset vikaantumisvälit kullekin laitteelle sekä tuotannon menetykset rahallisesti jos laite rikkoontuu.

## 7 Pohdinta

Finnforestilla oltiin tyytyväisiä opinnäytetyön lopputulokseen. Tavoitteet jotka työlle asetettiin työn alkuvaiheessa saavutettiin. Sekä Fortum että Maint Partner päättivät ottaa opinnäytetyössä valmistuneen kriittisyysanalyysin kunnonvalvontamittaustensa perustaksi, jos heidän yrityksensä kanssa kirjoitetaan sopimus. Finnforest on päättänyt kirjoittaa kunnonvalvontamittausten aloittamisesta viilunsorvauslinjastolla sopimuksen joko Fortumin tai Maint Partnerin kanssa. Tähän työhön päätös kumman yrityksen kanssa sopimus tullaan kirjoittamaan ei valitettavasti ehtinyt.

Kriittisyysanalyysia työssä voidaan pitää luotettavana, koska kaikki arvot siihen on saatu Finnforestin kunnonvalvontamittauksetietokannasta, Arrowista. Usein kriittisyysanalyysiin tehtävät vika-arviot ovat epätarkkoja, koska ne joudutaan keksimään päättelemällä vikatietojen puutteen vuoksi. Tähän työhön tiedot laitteiden vikaantumisista ja

konerikoista onneksi löytyivät ja niitä oltiin tallennettu Arrowiin jo lähes kymmenen vuoden ajan. Tämän vuoksi myös Maint Partner sekä Fortum olivat tyytyväisiä kriittisyysanalyysiin.

Jatkossa, jos Finnforest aikoo laajentaa kunnonvalvontamittauksia muihin linjastoihinsa, heidän tulisi ottaa huomioon myös kriittisyysanalyysissa olevat turvallisuus-, ympäristö- sekä laatuasiat jotka tässä työssä jäivät huomioimatta. Erityisesti turvallisuus- ja laatuasiat ovat Finnforestille tärkeitä, koska mahdolliset reklamaatiot huonon vanerinlaadun vuoksi heikentävät kilpailukykyä sekä tuottavat tehtaalle tappiota. Laadun ollessa hyvää tehtaan maine ei ainakaan pääse huononemaan ja parhaassa tapauksessa se jopa paranee. Näin ollen kilpailukyky kasvaa ja reklamaatiot vähenevät. Huonot turvallisuusasiat taas lisäävät työntekijöiden poissaoloja ja vähentävät työntekijän tuottavuutta. Tapaturman tai sairauden sattuessa yritykselle saattaa tulla huomattavat korvauskustannukset. Näiden asioiden ollessa kunnossa työntekijöiden motivaatio ja sitoutuminen yritykseen kasvaa ja yrityksen tuotokuva paranee, joka taas saattaa vaikuttaa sijoittajiin. Ympäristöasiat ovat nekin tärkeitä, mutta vanerinvalmistuksessa ei ympäristöriskit ole läheskään niin suuret kuin esimerkiksi kemianteollisuudessa. Suurimman ympäristöriskin aiheuttaa jos koko tehdas palaisi. Tämä asia on onneksi Finnforestilla hoidettu hyvin oman paloaseman vuoksi.

## LÄHTEET

Finnforest, Finnforestin internetsivut. Viitattu 12.4.2011.

[www.finnforest.fi](http://www.finnforest.fi), yritys.

Johdanto kunnonvalvontaan, Opetushallituksen sivustolla. Viitattu 5.5.2011. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/index.html>, mekaniikka, johdanto kunnonvalvontaan.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T., Lappalainen, M. & Åström, T. 2006. Kunnossapito. 3.p. Hamina: KP-Media.

Kuntoon perustuva kunnossapito: Käsikirja. 2009. Toim. H, Mikkonen. Helsinki: KP-Media.

Metsäliitto Osuuskunta 2011. Suolahden vaneritehtaiden PowerPoint esitys. Viitattu 14.4.2011.

Moubray, J. 1997. Reliability-centered Maintenance. 2.p. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Mäki, K. 2011. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Käyttövarmuustekniikan kurssin luentomateriaali.

Patola, E. 2011. Maint Partner. Sähköpostiviesti 10.8.2011. Vastaanottaja J. Hintikka. Kunnonvalvontamittaukset Suolahden vaneritehtailla.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. PSK Standardisointiyhdistys.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2.p. PSK Standardisointiyhdistys.

PuuProffa, PuuProffan internetsivut. Viitattu 27.4.2011. [http://www.puuproffa.fi/arkisto/viilut\\_ja\\_viilutus.php](http://www.puuproffa.fi/arkisto/viilut_ja_viilutus.php)

Ramentor, Ramentorin internetsivut. Viitattu 30.3.2011. [www.ramentor.fi](http://www.ramentor.fi), käyttövarmuus, teoria.

RCM, Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Power Point esitys. Viitattu 30.3.2011.

[stolen.wata.fi/koulu/Kunnossapitotekniikka%202/RCM%2001.ppt](http://stolen.wata.fi/koulu/Kunnossapitotekniikka%202/RCM%2001.ppt)

Romppainen, J. 2002. Linjakäytön ennakkohuolto. Diplomityö.

Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Sähkötekniikan osasto. Viitattu 30.3.2011.

[http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical\\_engineering/research/electricaldrives/publications/Documents/Diplomity%C3%B6t/Romppainen\\_juha.pdf](http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/research/electricaldrives/publications/Documents/Diplomity%C3%B6t/Romppainen_juha.pdf)

The Aladon Network, The Aladon Networkin internetsivut. Viitattu

31.3.2011. <http://thealadonnetwork.com/rcmhistory.shtml>

Tuukkanen, H. 2011. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Käyttövarmuustekniikan kurssin luentomateriaali.

Ukkonen, R. 2011. Finnforest, Vilppulan saha. Puhelinkeskustelu

12.8.2011.

Witick, M. 2011. Fortum. Sähköpostiviesti 10.8.2011. Vastaanottaja J.

Hintikka. Kunnonvalvontamittaukset Suolahden vaneritehtailla.



# LIITTEET

## LIITE 1. KRIITTISYYSANALYYSI

Liitos: Finforest		Kriittisyysluokittelun kohde: Sorvauslinja, havutehdas		Kriittisyyden raja-arvo		Tuotannon menetyksen painoarvokerron Wp		Kriittisyyden raja-arvo	
Tekijät: Joonas Hintikka, Timo Salmikuukka		Versio: 1.0		400		100		400	
Päiväys: 13.4.2011				100				100	
Toimintopaikan tunnistie	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväh (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetys (0...4)	Lopputuotteen laatuksentam (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi	K
B0.01.2.1	Hydraulipumppu	2	0	0	1	0	2	280	
B0.01.2.2	Käyttömoottori 222M1	2	0	0	1	0	2	280	
B0.02.1	Hammassvaihde moottori (Kramo) 201M1	4	0	0	2	0	3	1040	
B0.02.2	Hammassvaihde moottori (Välivarasto-osa) 202M1	2	0	0	2	0	3	520	
B1.01.8.2	Pumpun käyttömoottori 203M1	2	0	0	2	0	3	520	
B1.02.5.6.1	Hydraulipumppu (V/terä)	2	0	0	2	0	3	520	
B1.02.5.6.1.1	Käyttömoottori 210M1	2	0	0	2	0	3	520	
B1.02.5.6.2	Hydr. pumppu (telojen pyörytys)	2	0	0	2	0	3	520	
B1.02.5.6.2.1	Käyttömoottori 208M1	2	0	0	2	0	3	520	
B1.02.5.6.3	Hydr. pumppu (Tukilat. liike)	2	0	0	2	0	3	520	
B1.02.5.6.3.1	Käyttömoottori 209M1	2	0	0	2	0	3	520	
B1.02.6.1.2	Käyttömoottori 207M1	2	0	0	2	0	3	520	
B1.02.6.2	Hydr. pumppu (Teräpenk. liike)	2	0	0	2	0	3	520	
B1.02.6.2.2	Käyttömoottori 206M1	2	0	0	2	0	3	520	
B1.02.9.1	DC-moottori 215M1	2	0	0	3	0	4	760	
B1.02.9.3	Käyttöliikkeen jäähdytys 216M1	2	0	0	0	0	1	40	
B1.03.1	Käyttömoottori 225M1	1	0	0	2	0	3	260	
B1.04.1	Tappavaihde moottori 2kp 231M1, 232M1	1	0	0	2	0	3	260	
B1.04.3.1	Pumpun moottori 233M1	1	0	0	1	0	2	140	
B1.04.4	Purilaskujelkimen käyttö 230M1	1	0	0	2	0	3	260	
B2.02.2.1	Käyttömoottori 251M1	2	0	0	1	0	2	280	
B2.02.2.2	Käyttömoottori 252M1	2	0	0	1	0	2	280	
B2.03.2	Käyttömoottori 253M1	1	0	0	1	0	2	140	
B2.04.5.1	Hydraulipumppu	2	0	0	2	0	3	520	
B2.04.5.3	Käyttömoottori 261M1	2	0	0	2	0	3	520	
B2.05.4	Leikkurin jätökuljetin 257M1	1	0	0	1	0	2	140	
B2.06.2.1	Käyttömoottori 260M1	4	0	0	1	0	2	560	

## LIITE 2. PAINOARVOT

Vikaantumisväli	Tuotannon menetys	Korjaus- tai seurauskustannukset
1= Pitkä vikaantumisväli, yli 5 vuotta.	0= Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosesseille tai osastolle.  1= Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi, ≤ 5h.	0= Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin. 1= Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä, ≤1h.
2= Pitkähkö vikaantumisväli, 2 - 5 vuotta.	2= Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi, ≤ 12h.	2= Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä, 1-5h.
4= Lyhyehkö vikaantumisväli, 0,5 - 2 vuotta.	3= Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin taosaston merkittäväksi ajaksi, 12-24h.	3= Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä, 5-12h.
8= Lyhyt vikaantumisväli, 0 - 0,5 vuotta.	4= Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi, yli 24h.	4= Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä, yli 12h.