

# KUNNONVALVONNAN KEHITTÄMINEN METSO SERVICEN TYÖKONEILLE

Lauri Patama

Opinnäytetyö

Tammikuu 2013

Paperikoneteknologia

Teknologia





Tekijä(t) PATAMA, Lauri	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä
	Sivumäärä	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi Kunnonvalvonnan kehittäminen Metso Servicen työkoneille		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) MÄKI, Kari, Lehtori; MARJAKOSKI, Mikko, Projekti- insinööri		
Toimeksiantaja(t) Metso Paper Oyj Rautpohja, Service HUUSKA, Petri, Verstaspäällikkö		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Metso Paper Oyj:n Jyväskylän huoltokeskus ja aiheena Kunnonvalvonnan kehittäminen STC- hallin, Tykkivuoren vedenpoistoelementtien pinnoituksen ja Tuotelehityksen työkoneille. Opinnäytetyö on aloitus vuonna 2013 alkavalle jatkuvalle kunnonvalvonnalle Rautpohjan alueella. Kohteena olleet laitteet olivat toimintaperiaatteeltaan normaalista konepajaympäristöstä poikkeavia. Laitteilla pinnoitetaan sekä esi- ja jälkikäsitellään paperikoneen teloja sekä vedenpoistoelementtejä.</p> <p>Kehitystyö sisälsi kunnonvalvontamittausmenetelmien valinnan, mittausreittien ja –taajuuksien suunnittelun. Tavoitteena oli muodostaa kustannustehokas kunnonvalvonta kokonaisuus, jolla voidaan vähentää korjaavan kunnossapidon kustannuksia sekä laatu- ja turvallisuuskustannuksia. Työ toteutettiin etsimällä säännönmukaisia vikaantumisia vikaistoriasta sekä haastattelemalla koneiden käyttäjiä sekä koneista vastuussa olevia henkilöitä. Työhön sisältyi lisäksi osallistumista kunnonvalvontaan liittyvien investointien suunnitteluun yhdessä Metso Rautpohjan tehdaspalveluiden kanssa.</p> <p>Tuloksena saatiin monipuolinen valikoima reittimittauksia, mutta myös hieman sovellettuja normaalista kunnonvalvonnasta poikkeavia mittausmenetelmiä. Reittimittauksissa menetelmät keskittyvät värähtelymittaukseen, öljyn kunnonvalvontaan, lämpötilamittaukseen ja lämpökamerakuvaukseen. Online-mittauksissa seurataan muun muassa pumppujen pyörimisnopeuksia. Myös käyttäjäkunnossapidon rooli päivittäisessä kunnossapidossa korostui.</p> <p>Opinnäytetyön tulokset tulevat esiin pidemmällä aikavälillä, mutta on selvää, että oikein tehdyllä kunnonvalvonnalla saadaan aikaan säästöjä monipuolisesti sekä parannetaan myös työturvallisuutta ja työssä viihtymistä. Lisäksi tulokset parantavat tuotteiden laatua ja toimitusvarmuutta, kun epäonnistuneiden tuotteiden määrä vähenee ja projektien suunnittelu ja aikataulutus on helpompaa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Kunnossapito, Kunnonvalvonta, Konepaja, Paperikone		
Muut tiedot		



Author(s) PATAMA, Lauri	Type of publication Thesis work	Date
	Pages	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title Developing of condition monitoring for work machines at Metso Service Rautpohja		
Degree Programme Degree program in Paper Machine Technology		
Tutor(s) MÄKI, Kari, Lecturer; MARJAKOSKI, Mikko, Project engineer		
Assigned by Metso Paper oyj Rautpohja, Service HUUSKA, Petri, Workshop manager		
Abstract The client of this thesis was Metso Paper Oyj Jyväskylä Service center and the aim was developing of condition monitoring for work machines of STC-shed, Tykkivuori dewatering element cover-coating and RTD. Thesis is the beginning of continuous condition monitoring in Rautpohja which starts in the year 2013. The work machines that were on the target are diverging from normal work shop environment by the operational principles. Work machines are made for pretreatment, after-treatment and coating of paper machine rolls and dewatering element covers.  Development work included the choose of condition monitoring methods and planning of measuring routes and frequencies. The aim was to create cost efficient condition monitoring overall which reduces the costs of quality and repairing maintenance. Work was executed by finding regularities from failure history and by interviewing operators and people who are in response for work machines. Work also included participating for investment planning of condition monitoring with Metso Rautpohja mill service.  As a result there was found several route measurements but also some adapted methods diverging from normal condition monitoring. In route measurements methods concentrate on vibration measuring, oil condition monitoring, temperature measuring and thermal imaging. In online measurements for example the rotation of pumps is followed. Also the role of operator driven reliability in daily maintenance was emphasized.  The final results of this thesis will come forward later but it is obvious that by correctly done condition monitoring will generate savings and improve work safety and welfare. Results also improve the quality and delivery reliability when the amount of failed products decreases and the planning and scheduling of the projects is easier.		
Keywords Maintenance, Condition monitoring, Workshop, Paper machine		
Miscellaneous		

## SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT</b> .....	<b>3</b>
1.1	Tausta ja tavoite.....	3
1.2	Toteutusmenetelmät.....	4
<b>2</b>	<b>METSO PAPER OYJ</b> .....	<b>4</b>
2.1	Massa, paperi ja voimantuotanto.....	5
2.2	Rautpohjan paperikonetehtas.....	5
2.3	Jyväskylän huoltokeskuksen telapalvelu.....	7
<b>3</b>	<b>KUNNOSSAPITO</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>KUNNONVALVONTA</b> .....	<b>9</b>
4.1	Mittausmenetelmät.....	10
4.1.1	Värähtelymittaukset.....	10
4.1.2	Öljyn kunnonvalvontamittaukset.....	10
4.1.3	Lämpökamerakuvaus.....	11
4.1.4	Muut valvontamenetelmät.....	13
4.2	Mittausreitit ja – taajuudet.....	14
<b>5</b>	<b>KÄSITELTÄVÄT TYÖKONEET</b> .....	<b>15</b>
5.1	Vedenpoistoelementtien pinnoituslaitteet.....	15
5.2	Dynaaminen tasapainotuskone.....	16
5.3	Komposiittipinnoituslaitteet.....	17
5.4	Kovapinnoituslaitteet.....	18
5.5	Lämpökäsittelyunit.....	19
5.6	Pinnoiteporakone.....	20
5.7	Polyuretaanipinnoituslaitteet.....	20
5.8	Raepuhaltimet.....	21
5.9	Tuotekehityksen työkoneet.....	21
<b>6</b>	<b>MENETELMIEN VALINTA JA REITTIEN MUODOSTAMINEN</b> .....	<b>22</b>
6.1	Taustatutkimus.....	22
6.1.1	Vedenpoistoelementtien pinnoituslaitteet.....	24
6.1.2	Dynaaminen tasapainotuskone.....	25
6.1.3	Komposiittipinnoituslaitteet.....	26

6.1.4	Kovapinnoituslaitteet.....	27
6.1.5	Lämpökäsittelyuunit.....	29
6.1.6	Pinnoiteporakone.....	30
6.1.7	Polyuretaanipinnoituslaitteet.....	30
6.1.8	Raepuhaltimet.....	32
6.1.9	Tuotekehityksen työkonet.....	33
6.2	Kunnonvalvontareittien luominen.....	34
<b>7</b>	<b>TULOSTEN KOONTI JA POHDINTA.....</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>YHTEENVETO.....</b>	<b>37</b>
	<b>LÄHTEET.....</b>	<b>39</b>
	<b>LIITTEET.....</b>	<b>41</b>
	Liite 1: Esimerkki vikahistoriasta (Pinnoiteporakone).....	41
	Liite 2: Suhteelliset kunnossapitokustannukset.....	44
	Liite 3: Valvottavat kohteet.....	45
	Liite 4: Muistio PU- ja Komposiittikoppien kunnonvalvontapalaverista.....	46
	Liite 5: Kokemusperäinen RCM.....	48
	Liite 6: STC- hallin kriittisyysanalyysi.....	49

## KUVIOT

KUVIO 1: Rautpohjan tehdasalue .....	6
KUVIO 2: Kunnonvalvonnan liityntöjä .....	9
KUVIO 3: Pietosähköinen kiihtyvyyssanturi värähtelymittauksiin.....	10
KUVIO 4: Käytössä olleen öljyn sisältämiä likahiukkasia (pienien viivojen väli 20µm) .....	11
KUVIO 5: Viallinen laakeri.....	12
KUVIO 6: Staattorivirran mittaus toisiopiiristä virtapihdin avulla .....	13
KUVIO 7: P- F- käyrä .....	15
KUVIO 8: Dynaaminen tasapainotuskone .....	17
KUVIO 9: Komposiittipinnoituslaitteisto .....	17
KUVIO 10: Lämpökäsittelyuuni sisäpuolelta.....	19
KUVIO 11: Raepuhalluslaitteisto.....	21
KUVIO 12: Kovapinnoituskopin kelkan moottori .....	28
KUVIO 13: Pinnoiteporakoneen karoja .....	30
KUVIO 14: Polyuretaanipinnoituskopin kylmävalutankin pumppu .....	32

# 1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

## 1.1 Tausta ja tavoite

Työn toimeksiantajana toimineessa Metso Paper Oyj Rautpohjassa otetaan vuoden 2013 alussa käyttöön säännölliset kunnonvalvontamittaukset. Aiemmin kunnonvalvonta on ollut hyvin satunnaista ja se on perustunut lähinnä määräaikaishuoltoihin kerran tai kaksi vuodessa, mutta nyt sen tehostaviin vaikutuksiin on herätty. Kunnonvalvonnalla voidaan saavuttaa huomattavia kustannussäästöjä ennakoimalla vikaantumisia ja näin säästämällä korjaavan kunnossapidon sekä seisokkikustannuksissa. Metso Servicessä kunnonvalvonnalla voidaan lisäksi säästää myös laatukustannuksissa, sillä vikaantumiset kesken pinnoitusprosessien saattavat aiheuttaa pinnoitteen vioittumisen ja siten kymmenien tuhansien eurojen kustannukset.

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli luoda kunnonvalvontareitit sekä valita sopivat menetelmät ja mittaustaajuudet Metso Servicen työkoneille. Näitä ovat STC-hallin, telahuoltohallin, RTD:n ja Tykkivuoren erilaiset pinnoitus- ja työstökoneet pois laskien STC-hallin hiomakoneet ja sorvin sekä mekaanisen telahuollon työstökoneet.

Mahdollisia käytettäviä kunnonvalvontamenetelmiä ovat visuaalisten tarkastelujen lisäksi värähtelymittaukset, öljyn kunnonvalvontamittaukset, lämpökamerakuvaukset ja lämpötilamittaukset. Sopivat menetelmät valitaan kohteen mukaan. Esimerkiksi pyöriin laitteisiin voidaan soveltaa värähtelymittauksia ja laitteissa, joissa on öljykiertovoitelu, voidaan soveltaa öljyn kunnonvalvontaa. Taajuudet ja reitit muodostetaan vikahistorian ja laitteiden kriittisyyden perusteella.

## 1.2 Toteutusmenetelmät

Opinnäytetyö on toiminnallinen ja kvalitatiivinen ja sisältää asiantuntijahaastatteluja. Toiminnallisuus tarkoittaa, että tutkija on itse aktiivisesti mukana kehittämis- tai muutosprosessissa. Kvalitatiivisuus tarkoittaa laadullista tutkimusta eli tarkoituksena on kerätä tietoa tietyistä luotettavista lähteistä eikä hakea luotettavuutta määrän perusteella. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa käytetään tyypillisesti haastatteluja ja valmiita aineistoja. (Heikkilä 2008, 13- 18)

Opinnäytetyö toteutettiin tutkimalla kohteena olevien työkoneiden vikahistoriaa ja kriittisyyksiä. Vikahistorian ja kriittisyyksien perusteella ja haastattelemalla työnjohtoa sekä koneiden käyttäjiä voitiin valita sopivat kunnonvalvontamenetelmät. Taajuudet suunniteltiin vikahistorian perusteella siten, että mahdolliset tulevat vikaantumiset oli mahdollista ennakoida. Reitit luotiin, siten että laitteet, joilla on sama mittaustaajuus tulevat samalle reitille. Reitit sovitettiin yhteen uudistuotannon puolelle tehtävien reittien kanssa.

## 2 METSO PAPER OYJ

Metso on kansainvälinen teknologia- ja palvelutoimittaja prosessiteollisuudelle usealla eri toimialalla. Päätoimialat ovat kaivos-, maarakennus-, massa ja paperi-, voimantuotanto, Automaatio sekä erillisinä yksiköinä Valmet Automotive ja kierrätys. Metso työllistää noin 30 000 ihmistä 50 maassa. Liikevaihdolla mitattuna suurimmat osa-alueet ovat kaivos- ja maarakennus (41 %) ja Massa- paperi- ja voimantuotanto (40 %). Metso-konsernin liikevaihto oli vuonna 2011 6 646 miljoonaa euroa ja tulos 358 miljoonaa euroa. Nykyisin Metson liikevaihdosta yli 45 % muodostuu palveluliiketoiminnasta. Metson osake noteerataan NASDAQ OMX Helsinki Ltd-pörssissä. (Metso annual report 2011)

## 2.1 Massa, paperi ja voimantuotanto

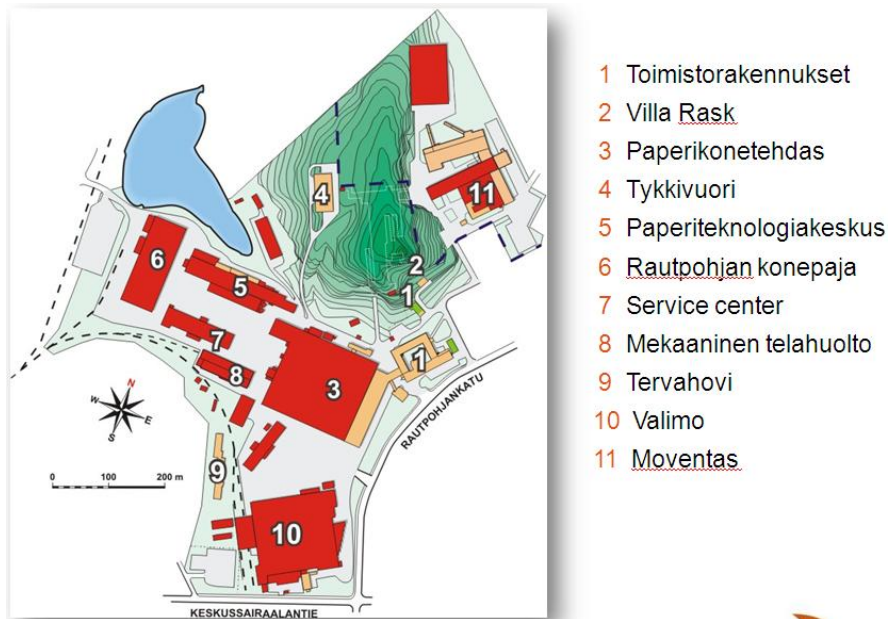
Massa-, paperi- ja voimantuotanto- yksikkö on liikevaihtoa mitatessa Metson toiseksi suurin osa-alue sen osuuden ollessa 40 prosenttia koko konsernin liikevaihdosta. Metso Paper tarjoaa sellutehdasratkaisut, alkaen puukentältä aina sellunkuivatukseen ja -paalaukseen sekä talteenottolaitokseen. Metson valmistamilla laitteilla valmistetaan noin 75 prosenttia koko maailmassa valmistettavasta sellusta. (Metso annual report 2011.)

Metso tarjoaa kokonaisratkaisut niin paperin, kartongin kuin pehmopaperinkin valmistukseen. Automaatio- ja ohjausjärjestelmäosaaminen auttavat asiakkaita vakauttamaan, kehittämään ja hallitsemaan prosessejaan entistäkin paremmin. Noin puolet maailman paperikoneista on Metson toimittamia. Lisäksi ympäri maailmaa sijaitsee miltei 50 palvelukeskusta, joissa huolletaan asiakkaiden koneita ja komponentteja. (Metso annual report 2011.)

## 2.2 Rautpohjan paperikonetehtas

Metson Rautpohjan paperikonetehtas on Jyväskylän suurin yksityinen työllistäjä, työllistäessään noin 1700 henkilöä. Näistä noin 400 henkilöä työskentelee tuotannon tehtävissä. Tehdasalueen pinta-ala on yli 50 hehtaaria, siellä sijaitsevat paperi- ja kartonkikonetehtas, paperiteknologiakeskus, paperikoneiden huoltokeskus sekä valimo. Vuosittain Rautpohjassa tehdään noin 20-30 paperikone- ja uusintaprojektia. Pienempiä varaosa- ja komponenttitoimituksia on satoja. Lisäksi Rautpohjan alueella sijaitsee useita tärkeitä alihankkijoita kuten Rautatyö Kröger sekä Rautpohjan konepaja. (Metso paper Machines unit Jyväskylä general presentation 2011.)





**KUVIO 1: Rautpohjan tehdasalue**

(Metso paper machines unit general presentation 2011.)

Paperi- ja kartonkikonetehtas jakautuu seitsemään eri halliin. 1-hallissa valmistetaan imuteloja ja myös Tykkivuoren sisällä sijaitseva imulaatikkokokoonpano kuuluu 1-hallin hallintaan. 2-hallissa valmistetaan perälaatikoita, joissa Metso on selkeä edelläkävijä ja perälaatikoiden valmistus onkin keskitetty juuri Rautpohjaan, jotta perälaatikoihin liittyvä erikoisosaaminen on helpompaa säilyttää talon sisällä. 3-hallin erikoisala ovat kuivatussylinterit eli paperikoneen kuivatusosalle tulevat höyryllä lämmitettävät telat. 4- hallissa sijaitsee keskusvarasto ja 5- hallissa valmistetaan Sym- teloja eli taipumakompensoituja teloja. Taipumakompensoitu tarkoittaa, että koneen käyttäjä voi hallita telan eri osien taipumia telan sisällä olevien kenkien avulla. 6-hallissa valmistetaan vesi-, pneumatiikka- ja hydraulikkaputkia puristin- ja viiraosiin. 6-halli on osa 7- hallia eli paperikoneiden esikokoonpanohallia, jossa uuden paperikoneet tai sen osat esikootaan. Esikokoonpanolla varmistetaan, että osat sopivat toisiinsa ja kokoonpano asiakkaan luona sujuu jouhevasti.

Omina yksiköinä Rautpohjassa ovat paperiteknologiakeskus, valimo ja huoltokeskus. Paperiteknologiakeskuksessa on kaksi koepaperikonetta, jossa testataan uusia konsepteja ja myös asiakkaat voivat tilauksesta suorittaa omia

koeajojaan. Valimolla valetaan nykyisin vain telan aihioita paperikonetehtaan tarpeisiin. Aiemmin valimolla valmistettiin myös suuria dieselmoottoreita ja muita suurempia valuja. Huoltokeskuksessa pinnoitetaan ja huolletaan paperikoneiden teloja.

## 2.3 Jyväskylän huoltokeskuksen telapalvelu

Jyväskylän Huoltokeskus, joka sijaitsee Rautpohjan tehdasalueella Paperikonetehtaan takana työllistää tuotannossa 65 henkilöä, joista 11 on toimihenkilöitä ja loput tuotannon työntekijöitä. Huoltokeskuksen telapalveluiden tuotteet voidaan jakaa kahteen osaan:

- Mekaaninen telahuolto
- Telapinnoitteet
- Vedenpoistoelementit

Mekaaninen telahuolto suorittaa huoltoja, mekaanisia kunnostuksia ja modernisointeja mm. Imuteloille ja taipumakompensoiduille teloille. Mekaanisen telahuollon puolella voidaan käsin tehtävän huollon lisäksi työstää kappaleita muun muassa karusellisorvilla. Telapinnoitteiden tuotevalikoima koostuu komposiitti-, polyuretaani ja kovapinnoitteista. Pinnoitukset suoritetaan STC-hallissa, jossa on pinnoituslaitteiden lisäksi telasorvi, kaksi hiomakonetta, raepuhalluslaitteet, pinnoiteporakone sekä kolme lämpökäsittelyuunia. Uusia teloja myydään, mutta valmistus tapahtuu uudistuotannon puolella.

Huoltokeskus on osa Metso Paperin maailmanlaajuista Service osastoa, jonka tarkoituksena on nimensä mukaisesti toimia asiakkaiden tukena koneiden huoltotoiminnassa. Service tarjoaa telahuoltojen lisäksi muun muassa varaosia ja asiantuntijapalveluita.

## 3 KUNNOSSAPITO

Kunnossapito on todella laaja ja moniulotteinen käsite. Kunnossapidon tavoitteena on huolehtia koneiden, laitteiden ja rakennusten kunnosta, jotta

niiden avulla tuotetulle tuotannolle voidaan luoda olosuhteet, jotka ovat edullisia nettotuottojen, turvallisuuden, laadun ja ympäristön kannalta. Olennaista on myös, että kunnossapidon avulla voidaan hallita paremmin kustannuksia, jolloin voidaan tarjota asiakkaalle hinta-laatusuhteeltaan edullisempia ratkaisuja. Opinnäytetyössä käytettiin seuraavanlaisia kunnossapidon lajeja.  
(Kunnossapitotekniikan oppikirja N.d)

### **Korjaava kunnossapito**

Korjaava kunnossapito tarkoittaa vian korjaamista sen jälkeen, kun vikaantumisen on jo sattunut. Tämä on kunnossapidon lajeista kaikkein kallein, mutta toisaalta vielä kalliimpaa on yrittää saada tämän osuus nollaan kunnossapidosta. Korjaavan kunnossapidon optimaalinen osuus kaikesta kunnossapidosta on noin 10 - 15 %.

### **Ennakoiva kunnossapito**

Ennakkohuolto on yksi osa kunnossapitoa ja tarkoittaa nimensä mukaisesti sitä, että kone huolletaan ennen kuin se ehtii vikaantua. Ennakkohuollot suoritetaan määräajoin eli usein vuosittain tai puolivuosittain. Myös kunnonvalvonta on osa ennakoivaa kunnossapitoa. Ennakkohuolloissa kriittisimmät osat vaihdetaan määräajoin, kun taas kunnonvalvonnassa osien kulumista valvotaan erilaisin mittauksin, jotta mahdollisen vikaantumisen ajankohta voidaan ennustaa ja huolto ajoittaa sopivaan ajankohtaan.

### **Uudelleensuunnittelu**

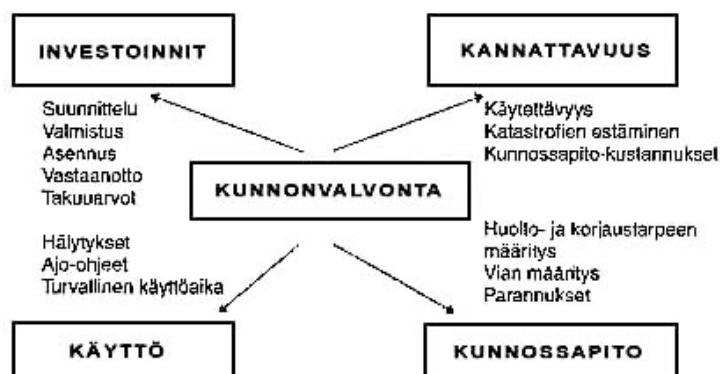
Uudelleen suunnittelu on viimeinen vaihtoehto, kun on todettu, ettei kunnonvalvonta ja muu kunnossapito auta pitämään koneen käyttövarmuutta halutulla tasolla. Suunnittelu kohdistuu yleensä koneen tiettyyn osaan, jonka todetaan olevan vaikea valvoa tai sen kunnossapitokustannukset ovat kohtuuttoman suuret. Uudelleensuunnittelu on oma projektinsa, johon usein myös otetaan mukaan uusittavan laitteen toimittaja, jotta varmistutaan uudelleensuunnittelun hyödyistä.

## Käyttäjäkunnossapito

Käyttäjäkunnossapito on koneiden käyttäjien itsensä suorittamia huoltoja ja tarkastuksia. Usein nämä ovat niin sanottuja viikkotarkastuksia, kuten öljyn määrän seuraamista ja lisäämistä, koneiden puhdistusta sekä muita pienimuotoisia tarkastuksia. Käyttäjäkunnossapito on erittäin tärkeä osa jokapäiväistä työskentelyä, sillä hyvin suunnitelluilla viikkotarkastuksilla voidaan parantaa työturvallisuutta ja myös vähentää korjaavaa kunnossapitoa.

## 4 KUNNONVALVONTA

Useassa tuotantolaitoksessa on huomattu kunnonvalvonnan myönteinen vaikutus käyttövarmuuteen ja kannattavuuteen. Siksi erilaiset kunnonvalvontamenetelmät, etenkin värähtelymittaukset, ovat yleistyneet. Lisäksi tietotekniikan kehittyessä mittauslaitteiden tuottama valtava datamäärä voidaan helposti käsitellä tietokoneen avulla ja siten pysyä selvillä koneiden todellisesta kunnosta ja tulevista vikaantumisista. Kuviossa 2 havainnollistetaan kunnonvalvonnan liityntöjä. Kuvasta voi nähdä kuinka monipuolisia hyötyjä kunnonvalvonnan avulla voidaan saavuttaa, kun resurssit ja osaaminen ovat kunnossa. (Kunnossapitotekniikan oppikirja, N.d)



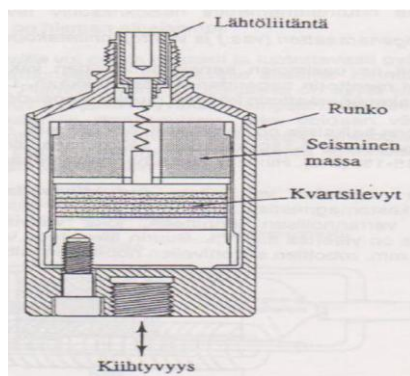
**KUVIO 2: Kunnonvalvonnan liityntöjä**

(Opetushallitus. n.d.)

## 4.1 Mittausmenetelmät

### 4.1.1 Värähtelymittaukset

Värähtelymittauksia käytetään teollisuudessa usein pyörivien laitteiden ja koneiden kunnonvalvontaan. Värähtelymittauksissa on otettava huomioon useita eri asioita, joten valvonnan tehokas toteutus ja analysointi on todella monimutkainen prosessi. Mittausten onnistuminen vaatiikin yleensä mittauskohteen hyvää tuntemusta ja kykyä diagnosoida mittaustuloksia. (Mikkonen 2009, 223 - 224.)



**KUVIO 3: Pietsosähköinen kiihtyvyyssanturi värähtelymittauksiin**

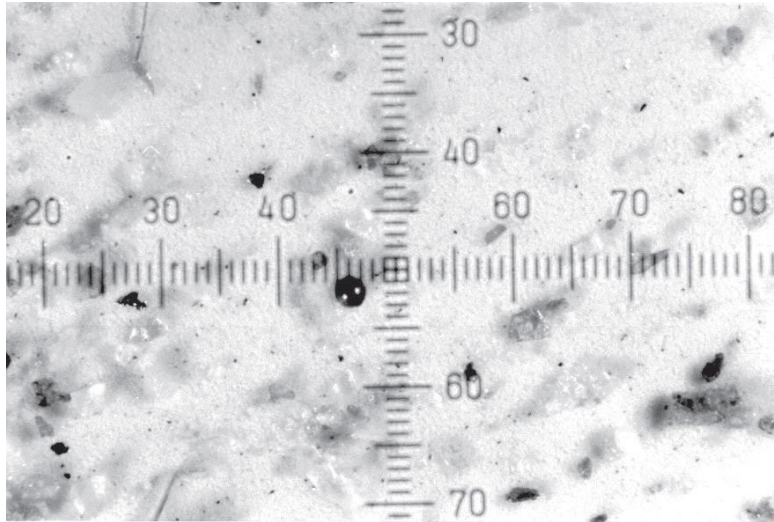
(Airila 1995)

Värähtelymittauksissa käytetään yleensä mittauslaitteistoa, jonka perustana on kiihtyvyyssanturi (Ks. Kuvio 3). Anturi mittaa siis kiihtyvyyttä, mutta integroimalla ja derivoimalla voidaan liikkua kiihtyvyydestä nopeustasoon ja paikkatasoon. Nykyisin miltei kaikki mittarit kykenevät itse tekemään nämä matemaattiset toimitukset eikä käsin laskentaa tarvita.

### 4.1.2 Öljyn kunnonvalvontamittaukset

Öljyn kunnonvalvonnan perinteisiä analysointitapoja ovat öljyn lämpötilan ja ulkonäön seuraaminen. Näiden lisäksi on otettu pullonäytteitä, joista on laboratorioissa tutkittu viskositeettia, vesipitoisuutta ja puhtausluokkaa. Öljyn kuntoa on mahdoton seurata aistein, koska öljyssä olevat partikkelit ovat todella

pieniä (Ks. Kuvio 4) ja öljyn toimintaa haittaava vesipitoisuus yhtä litraa kohden on myös vähäinen. Viskositeetiakaan ei voi ihmisen aistein määritellä kuin todella karkealla tasolla. (Öljyanalyysit mittaavan kunnossapidon työkaluna 2012 1 - 2.)



**KUVIO 4: Käytössä olleen öljyn sisältämiä likahiukkasia (pienien viivojen väli 20 $\mu$ m)**

(Kunnossapitokoulu, 2003)

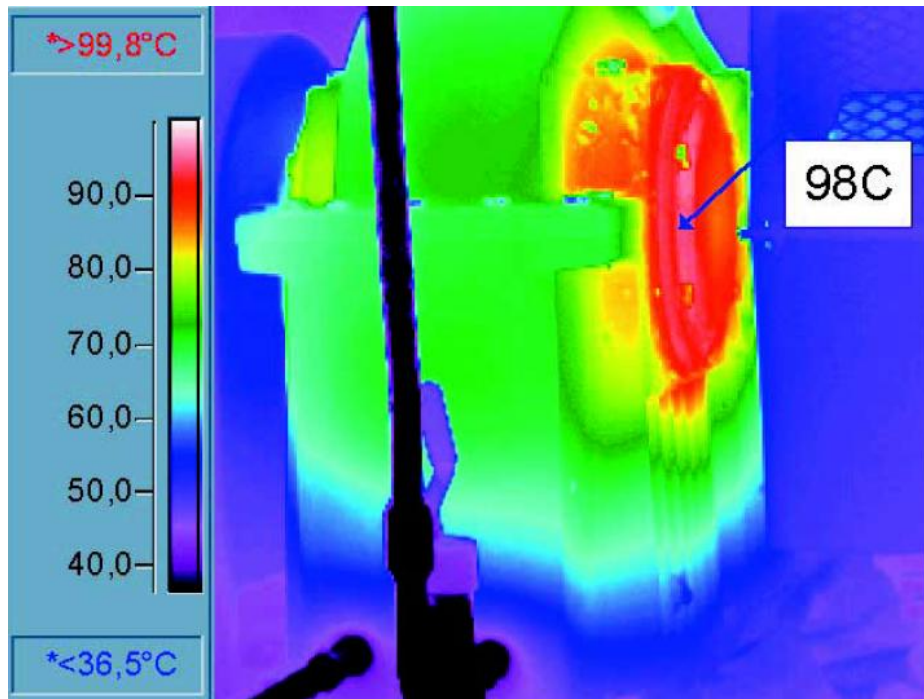
Viime aikoina ovat kuitenkin alkaneet yleistyä online- ja inline mittauslaitteistot, jotka analysoivat puhtaustasoa ja vesipitoisuutta ja antavat tulokset jo mittaustilanteessa. Siten kalliiden laboratoriokokeiden tarve on vähentynyt ja analysointi helpottunut. Myös hintataso on laskenut laitteiden yksinkertaistuessa ja yleistyessä. (Niiranen 2012.)

Suurin osa laitteista perustuu useaa suuretta mittaavien tai muiden uusien yksittäisten mittasuureiden käyttöön. Näitä ovat esimerkiksi öljyn viskositeetin, sähkönjohtavuuden ja värin muutos. (Niiranen 2012.)

#### 4.1.3 Lämpökamerakuvaus

Lämpökamera on saavuttanut yhä suurempaa suosiota ennakoivassa kunnossapidossa paitsi käytettävyytensä myös edullisuutensa takia. Tekniikan kehittyessä laadukkaidenkin kameroiden hinnat ja koot ovat pienenneet. Nykyisin

infrapunasäteilyyn perustuva lämpökamera on videokameran kokoinen ja onkin todennäköistä, että ennen pitkää tällainen kamera on kunnossapitoasentajan työkalupakin vakiovaruste. (Infradex Oy 2000.)



**KUVIO 5: Viallinen laakeri**

(Lämpökamera kunnossapidon työkaluna 2000.)

Lämpökamera muuttaa kohteen infrapunasäteilyn näkyvään muotoon (Ks. Kuvio 5), sillä ihmissilmä ei tätä paljaaltaan kykene näkemään. Lämpökamera toimii kuten tavallinen videokamera, mutta se reagoi infrapunasäteilyyn ja muuttaa kohteessa olevat lämpötilat väreiksi näytölle. Uusimman sukupolven lämpökameraa voidaan verrata videokameraan, jossa CCD-kenno on korvattu infrapunaherkällä mikrobolometrimatriisilla. Nykyiset kamerat ovat myös huoltovapaita joten ne sopivat hyvin myös online-mittauksiin. (Lämpökamera kunnossapidossa 2004.)

Lämpökameralla voidaan havaita lämpökaapista esimerkiksi löysät ja syöpyneet liitokset sekä ylikuormitukset. Löysät liitokset näkyvät pistemäisenä lämpenemisenä liitoskohdassa. Ylikuormitus näkyy lämpökuvassa, siten että yksi

komponentti on lämpimämpi kuin toinen vastaava. Sallitut lämpötilaerot sähköisissä laitteissa ovat yleisen säännön mukaan korkeintaan 30 astetta yli ympäröivän lämpötilan. (Suomalainen 2011, 23-25.)

#### 4.1.4 Muut valvontamenetelmät

Muita mahdollisia käytettäviä kunnonvalvontamenetelmiä voivat olla vanhat, mutta hyvät aisteihin perustuvat menetelmät: tuleeko kohteesta ylimääräisiä ääniä tai hajuja tai onko kohteen pinta kuumentunut? Nämä ovat hyvin epätarkkoja menetelmiä, mutta suuntaa antavia. (Mikkonen 2009 418 - 421.)

Sähkömoottoreita voidaan valvoa paitsi aiemmin mainituin värähtelymittauksin, mutta myös staattorivirran signaalianalyysin avulla. Kyseisen analyysin avulla voidaan havaita roottorin käämivian, akselin epätasapainon, akselin linjausvirheen sekä laakerin vikaantumisen. Viat indusoivat moottorin ilmavälin kautta muutossignaalin. Virta mitataan joko suoraan moottorin syöttökaapelista tai moottorin virtamuuntajien toisiopiiristä. Mittaussignaali otetaan yleensä avattavan virtapihdin avulla, josta se siirretään mittalaitteelle. (Kokko 2008 43.)



KUVIO 6: Staattorivirran mittaus toisiopiiristä virtapihdin avulla



Niin sanotut NDT- menetelmät (Nondestructive testing) eli ainetta rikkomattomat menetelmät ovat myös vaihtoehto kunnonvalvonnassa. Eniten käytettyjä ovat endoskoopitarkastelu, ultraääniluotaus ja stroboskoopitarkastelu. NDT- menetelmät eivät kuitenkaan sovellu osaksi kunnonvalvontakierroksia vaan ovat osa diagnoosia, mikäli jotain poikkeavaa löydetään. (Mikkonen 2009 418-421.)

Muita tapoja tutkia kohdetta sen jälkeen, kun vikaantuminen on jo havaittu, mutta halutaan vielä tarkempia tietoja, ovat jo edellä mainitut endoskopia, ultraääni sekä stroboskopia. Endoskopiolla voidaan tarkastella visuaalisesti laitteen sisäisiä koteloidia ja putkia. Tässä tarkastelu tapahtuu taipuisan putken päässä olevalla videokameralla. Ultraäänellä voidaan tarkastella rakenteesta huokosia ja muita epäjatkuvuuskohtia. Stroboskopiolla tarkoitetaan menetelmää, jossa pyörivää tai värähtelevää kohdetta valaistaan vilkkuvalla valolla. Välähdyksillä voidaan saada kohde näyttämään hitaasti liikkuvalla tai pysähtyneeltä. (mt., 447 - 456)

## **4.2 Mittausreitit ja -taajuudet**

Mittausreitti määrittää laitteiden ja mittauspisteiden mittausjärjestyksen. Reitin avulla mittaustieto saadaan automaattisesti järkevään järjestykseen. Reitit määritellään siten, että samoin aikaväleihin mitattavat laitteet ovat samalla reitillä, mutta kuitenkin niin, ettei reitti kasva analysoinnin kannalta liian pitkäksi. Mittauspisteet määritetään tutkimalla kriittiset kohdat laitteesta vikahistorian ja piirustusten avulla.

Kun reitti on käyty läpi, aloitetaan tulosten tarkastelu. Tuloksia vertaillaan aiempiin mittaustuloksiin ja määritettyihin hälytysrajoihin. Mikäli rajat ylittyvät tai jotain huomion arvoista kehitystä on tapahtunut, aloitetaan diagnoosi ja varmistetaan, ettei ole kyse mittausrvirheestä. Diagnoosissa selvitetään vian vakavuutta ja sijaintia sekä arvioidaan, kauanko konetta voi käyttää, ennen kuin vikaantuminen on niin pahanlaatuinen, että työtä ei voi jatkaa. Lopuksi määritellään sopiva ajankohta, jolloin vika voidaan korjata. Vikaantumisen

kehittymistä voidaan havainnollistaa niin sanotulla P-F- käyrällä (Ks. Kuvio 6). Käyrästä voi huomata, kuinka vikaantumisen eteneminen nopeutuu loppua kohti. Aika, joka vikaantumiseen kuluu, on asiantuntijan arvioitava.



**KUVIO 7: P- F- käyrä**

(RCM, luotettavuuskeskeinen kunnossapito 2012.)

Taajuudet määritetään laitteiden vikahistorian mukaisesti eli mikäli laite on vikaantunut kolmen kuukauden välein, suoritetaan mittaukset kahden kuukauden välein, jotta voidaan päästä alkavaan vikaantumiseen kiinni ennen kuin laite vikaantuu ja aiheuttaa seisokin.

## 5 KÄSITELTÄVÄT TYÖKONEET

### 5.1 Vedenpoistoelementtien pinnoituslaitteet

Tykkivuorella sijaitsevat Vedenpoistoelementtien kansien pinnoituslaitteet eli raepuhallin, pinnoituslaite ja hiomakone. Näillä laitteilla pinnoitetaan vedenpoistoelementtien kansia paperikoneen viiraosan vedenpoistoelementteihin. Vedenpoistoelementit ovat viiran alla olevia laatikoita, jotka imevät vettä pois paperiradasta viiran läpi. Kannet pinnoitetaan

keraamipinnoitteella, jota käytetään myös teloissa. Raepuhaltimella poistetaan koneistetun kannen pinnasta epäpuhtaudet ja karhennetaan pinta siten, jotta pinnoite tarttuu metalliin. Pinnoitus tapahtuu ruiskulla, joka liikkuu kannen pituus suunnassa manipulaattorin avulla. Hionnassa on käytössä hiomakone, jossa on pyörivä hiomapää ja myös sitä liikutetaan kannen pituussuunnassa. Laikkaa vaihdetaan aina sileämpään, kunnes saavutetaan haluttu pinnankarheus.

Haastattelujen mukaan koneista vikaherkin on ollut hiomakone, jossa on paljon pyöriviä, kuluvia osia kuten laakereita ja sähkömoottoreita. Myös hiomakoneen logiikassa on ollut häiriöitä etenkin pidempien seisokkien jälkeen eikä syytä tälle käyttäytymiselle ole löydetty. Pinnoituslaitteessa ongelmia on tuottanut manipulaattorin vaihde, joka on erittäin kovilla etenkin tilanteessa, kun manipulaattori vaihtaa suuntaa. Tällöin kone jarruttaa voimakkaasti ja lähtee jälleen liikkeelle toiseen suuntaan. Vaihteessa havaittiin noin vuosi sitten linjausvirhe ja se korjattiin, jonka jälkeen ei ongelmia ole ollut. Raepuhalluslaitteessa ei ole ollut ongelmia.

## **5.2 Dynaaminen tasapainotuskone**

Suurin osa STC- hallissa käsiteltävistä teloista käy läpi dynaamisen tasapainotuksen eli telaa pyöritetään sillä nopeudella, jolla se pyörii yleensä koneessa. Koneessa olevat anturit havaitsevat telan sisältämät epätasapainokohdat. Epätasapainokohdat tasapainotetaan joko painojen avulla sieltä missä on niin sanottu kevyt kohta tai poraamisen avulla painavasta kohdasta. Näin varmistutaan, ettei tela aiheuta värähtelyjä koneessa. Vikahistorian mukaan ainoat viat ovat olleet rullissa, joiden päällä tela makaa. Rullia on kuitenkin vaikeaa ja tarpeetonta valvoa, joten tässä työkoneessa ei ole moottorin sähkökaappien lämpökuvauksen lisäksi valvottavaa.



**KUVIO 8: Dynaaminen tasapainotuskone**

### 5.3 Komposiittipinnoituslaitteet

Komposiittipinnoitus on yleisin pinnoitus, mitä teloihin tehdään Metsolla. Komposiittipinnoitetta käytetään kalanteriteloissa sekä puristinosan pehmeissä teloissa. Komposiittipinta tehdään valamalla. Lämpökäsittelyn jälkeen pinta on kovuudeltaan miltei metallia vastaava. Pinta kestää hyvin kulutusta ja painetta. Pinnoituksen ja lämpökäsittelyn jälkeen pinta välikoneistetaan polyuretaanipinnoitusta varten tai hiotaan, kuten kalanteritelat.



**KUVIO 9: Komposiittipinnoituslaitteisto**

Haastattelujen mukaan mahdollisia valvottavia kohteita olisivat säiliöiden käyttöpumput sekä vakuumpumput. Vakuumpumpuilla kuitenkin on jo nyt määräaikaistarkastukset/ -huollot 3 kuukauden välein, joten näiden valvonnan tarvetta mietitään vielä tarkemmin. Mikäli pumput ovat helppo ottaa muiden pumppujen mukana valvonnan piiriin, voidaan näin tehdä. Yksi käyttöpumpuista vikaantuu ajoittain jopa kahden viikon välein ja tähän olisi syytä kiinnittää erityistä huomiota. Lisäksi aiemmin on sattunut vahinkoja, joissa hartsin sekaan on päässyt öljyä, jolla hartsia lämmitetään. Tähän olisi tärkeää löytää ratkaisu joko valvonnan tai uudelleensuunnittelun avulla.

## 5.4 Kovapinnoituslaitteet

STC- hallin kovapinnoituslaitteilla pinnoitetaan teloja pinnoitteilla, joita käytetään etenkin puristinosan keskiteloissa, eri positioiden johtoteloissa sekä kuivatussylintereissä. Pinnoitteet ovat raaka-aineena jauheita, joita ruiskutetaan paineilman, lämmön ja kaasujen avulla telan pintaan. Kovapinnoitteet ovat pitkäikäisiä ja kestävät kovaa painetta ja kulutusta.

STC- hallissa sijaitsevissa telojen kovapinnoituslaitteissa ei ole sähkö- ja ohjausvikojen lisäksi paljoa ollut vikoja, joten kovapinnoituslaitteet eivät ole valvottavissa kunnonvalvontamenetelmin. Ruiskuissa tapahtuvat vikaantumiset ovat normaalia kulumista ja pinnoittajat vaihtavat osat siinä vaiheessa, kun kuluminen on edennyt siihen pisteeseen, ettei osa ole käyttökelpoinen. Osien puhdistus ja vaihtaminen on ikään kuin osa prosessia.

Operaattoreiden mukaan vain kelkan- ja telanpyörityksen moottorit voisivat olla kohteena kunnonvalvonnalle. Lisäksi mahdollisesti ilmastoinnin laitteissa voisi olla valvottavia kohteita. Myös jauheensyöttimissä on ollut paljon vikoja.

## 5.5 Lämpökäsittelyuunit

Lämpökäsittelyuuneissa käy joitain poikkeuksia lukuun ottamatta jokainen pinnoitettava tela sekä vedenpoistoelementin kansi. Uunissa käsittelemällä telaan saadaan sopivat kestävyys- ja käyttöominaisuudet. Kahdessa uudemmassa uunissa kunnonvalvontaa sovelletaan jo nyt lämpökamerakuvauksilla kahdesti vuoteen ja tekemällä vuosihuolto, mutta yksi vanhempi uuni tulee ottaa huomioon suunnitelmissa. Myös vanhempi uuni kuvataan kaksi kertaa vuodessa. Lisäksi Tykkivuorella sijaitsee vedenpoistoelementtien kansien lämpökäsittelyuuni, johon myös suunnitellaan kunnonvalvontaa.



**KUVIO 10: Lämpökäsittelyuuni sisäpuolelta**

Uunien vikaantumiset ovat olleet pääasiassa logiikkaan perustuvia vikoja, joten niiden jäljittäminen on melko hankalaa. Jari Halme toteaaikin vuoden 2007 neljännessä Promaint- lehden numerossa, että ohjauslogiikan ongelmat perustuvat useammin säädön asetusten epäkelpoisuuteen eikä niinkään ohjauslogiikan vikaantumiseen.

## 5.6 Pinnoiteporakone

Pinnoiteporakoneella voidaan porata reikiä telojen komposiitti-, kumi- tai polyuretaanipinnoitteisiin. Koneella onnistuvat sokkoporaukset tai läpiporaukset. Porakoneen toimintaperiaate on pohjimmiltaan hyvin yksinkertainen. Porakone on tyypiltään monikaraporakone, jossa on vierekkäin noin 250 karaa, joihin poranterät asetetaan. Sähkömoottorit pyörittävät hihnavedolla karoja ja koneen logiikkaan syötetään haluttu porauskuvio. Siten pora alkaa tehdä reikiä telan pinnoitteeseen rivi kerrallaan. Porattavan telan maksimipituus on 12,5m. Kuten koneen nimi kertoo, on kone tehty pinnoitteen poraamista varten eikä porakoneella voi porata reikiä itse vaippaan. Mikäli koneella haluttaisiin porata metallia, siihen tarvittaisiin voimakkaampi kone ja työstönestejärjestelmä.

Pinnoiteporakoneessa on eniten liikkuvia ja valvottavia osia, joten se on haastavin suunniteltava kohde. Erityisesti pyörityslaite ja karat ovat koneen toiminnan kannalta erittäin kriittisiä. Vikahistoriaa tutkiessani havaitsin, että myös logiikassa on ollut ongelmia.

## 5.7 Polyuretaanipinnoituslaitteet

Polyuretaanipinnoituslaitteella voidaan tehdä pehmeitä pintoja esimerkiksi puristinosan teloille tai sizer- teloille. Polyuretaanipinnoituslaitteita on tuotekehityksellä sekä STC- hallilla. Polyuretaanipinnoituksessa voidaan suorittaa sekä kylmä- että kuumavaluja. Molemmissa menetelmissä raaka-aine valetaan telan pintaan. Pinnan halutut ominaisuudet saadaan lämpökäsittelyllä.

Polyuretaanipinnoittajien mukaan melko säännöllisesti vikaantuvia kohteita ovat pinnoitesäiliöiden pumput sekä virtausmittarit. Etenkin pumppuihin on mahdollista alkaa soveltaa kunnonvalvontaa. Virtausmittareiden vikaantumiset johtuvat operaattoreiden mukaan yleensä kylmävaluissa pinnoitesäiliöstä pinnoitteen mukana tulevasta alumiinioksidi hiukkasista, joten niiden kunnonvalvonta ei ole kannattavaa.

## 5.8 Raepuhaltimet



**KUVIO 11: Raepuhalluslaitteisto**

Lähes kaikki STC- hallissa pinnoitettavat telat raepuhalletaan ennen pinnoitusta. Raepuhalluksella saadaan telan pinnasta poistettua epäpuhtaudet ja saadaan pinta sopivan karheaksi, jotta pinnoite tarttuu optimaalisesti. STC- hallissa on kaksi Finnblastin toimittamaa kiinteää raepuhallinta ja kaksi siirrettävää. Haluttu karheus saadaan valitsemalla sopiva raekoko.

Raepuhaltimiin sovellettava kunnonvalvonta on lähinnä käyttäjäkunnossapitoa, kuten puhalluspään kunnon tarkkailua ja puhaltimen äänien muutosten seuraamista. Käyttäjien keskuudessa ei toistuvia vikaantumisia näiden normaalien kulumisvaurioiden lisäksi ole havaittu.

## 5.9 Tuotekehityksen työkoneet

Rautpohjan tuotekehitysosastolla (RTD) on useita toimintaperiaatteeltaan samantyyppisiä laitteita kuin tuotantokäytössäkin on, mutta hieman



pienemmässä mittakaavassa. Polyuretaanipinnoitus-, kovapinnoitus ja komposiittipinnoituslaitteet ovat käyttöasteeltaan todella pieniä eli niitä käytetään vain noin yksi viikko kuukaudesta yhdessä vuorossa. Suuremmalla käyttöasteella on ainoastaan nippisimulaattori, joka saattaa pyöriä yötä päivää pidempiäkin aikoja. Nippisimulaattoreilla koeajetaan pinnoitteita ja mitataan koeteloihin tehtyjen pinnoitteiden kestoa erilaisissa rasituksissa.

RTD: n koneita ei ole merkitty lainkaan kunnossapitojärjestelmään eikä niistä ole tarjolla mitään vikahistoriaa. Haastattelujen perusteella henkilökunnalla on muistissa joitain yksittäisiä vikaantumisia. Laitteiden puuttuminen kunnossapitojärjestelmästä on aiheuttanut myös sen, ettei laitteille ole suoritettu määräaikaishuoltoja.

## **6 MENETELMIEN VALINTA JA REITTIIEN MUODOSTAMINEN**

### **6.1 Taustatutkimus**

Pohjaa reittien luomiselle ja menetelmien valitsemiselle aloin ensin etsiä Arrow-kunnossapitojärjestelmästä. Hyvin nopeasti kuitenkin tuli selville, ettei Arrowiin tehtyjen vikailmoitusten perusteella ole mahdollista lähteä luomaan kunnonvalvontaa, sillä suurin osa ilmoitetuista vioista on sähköisiä tai ne liittyvät koneiden ohjauksiin eikä kovinkaan usein sama vika ole esiintynyt yhtä kertaa useammin. Liitteestä 1 löytyy karsittu esimerkki osasta pinnoiteporakoneen vikahistoriaa. Muun muassa seisonta-ajat on poistettu luottamuksellisina. Koska Arrowista en saanut tarvitsemaani tietoa, aloin haastatella koneiden operaattoreita selvittääkseni, mikä paikka on vikaantunut tai on heidän mielestään kriittinen. Tutkin myös listoja varastossa olevista varaosista, koska nämä varaosat ovat koneiden kriittisten toimintojen ylläpitämiseen tarkoitettuja. Varastoon ostetaan nimenomaan vain sellaisia varaosia, joiden saatavuus on huono tai osa on sellainen, joka on rikkoutuessaan saatava vaihdetuksi heti.

Listoista voidaan siis päätellä, että kriittisiä varaosia on syytä harkita valvottavaksi. Haastatteluun käytiin läpi kaikkien kohteena olevien laitteiden operaattorit sekä laitteista vastuussa olevat esimiehet.

Perustelin kunnonvalvontatoimenpiteitä lähinnä taloudellisilla syillä sekä käyttövarmuuden parantumisella, mutta myös turvallisuus täytyi ottaa huomioon, joskaan turvallisuutta ei suoranaisesti pystytty kunnonvalvonnalla parantamaan. Luvut toimenpiteiden taloudellisiin perusteisiin sain taulukosta, jossa on konekohtaisesti eritelty kunnossapitokustannukset kuukausittain. Alkuperäistä taulukkoa ei voida julkaista luottamuksellisista syistä.

Rautpohjan kaikille työkoneille on tehty kriittisyysanalyysi (Ks. Liite 6) ja kaikki laitteet ovat saaneet luokittelussa kriittisyysarvon. Luokitusten perusteella voitiin perustella toimenpiteitä, koska suuren kriittisyysarvon saanut laite priorisoidaan korkealle niin kunnonvalvonnassa kuin muussakin kunnossapidossa ja tällaista erittäin kriittistä laitetta voidaan perustellusti valvoa tarkemmin. Kriittisyysluokittelusta saatiin myös esille, millaisia riskejä vikaantumiset voivat aiheuttaa. Liitteenä olevasta taulukosta on karsittu pois kohtia tietosuojasyistä. (Kuusela 2010.)

Kunnonvalvontamenetelmien valinta ja mittaustaajuuksien suunnittelu  
Valittaessa kunnonvalvontamenetelmiä oli pääasiana, ettei kunnonvalvontaa aleta tehdä vain kunnonvalvonnan takia. Siksi olikin kriittisesti arvioitava, mikä menetelmä toimii missäkin paikassa tai onko kunnonvalvontaa järkevää suorittaa lainkaan. Tekemissäni haastatteluissa tuli erittäin hyvin esiin selkeitä kohteita mihin kunnonvalvontaa oli mahdollista ja jopa helppoa soveltaa, mutta myös kohteita, jotka olivat välillisesti valvonnan piirissä tai vikaistoria ei sitä näyttänyt tarpeelliseksi. Taloudelliset perusteet nousivat myös suureen rooliin, sillä etenkin komposiitti- ja polyuretaanipinnoituslaitteiden kunnossapitokustannukset ovat nousseet viime vuosina todella kovaa vauhtia. Jotta kustannuksia on mahdollista vertailla, tehtiin taulukko, josta ilmenevät valvottavien kohteiden suhteelliset kustannukset (Liite 2.). Kustannukset laskettiin suhteellisina, koska suoria

kunnossapito- ja laatukustannuksia ei haluttu julkaista. Kustannuksissa otettiin huomioon varaosat, kunnossapitotyöt, seisonta- ajan kustannukset sekä mahdolliset laatukustannukset. Taulukko kuvaa erittäin hyvin kuinka erityisesti komposiitti- ja polyuretaanipinnoituslaitteet ovat kunnossapidon kannalta todella kalliita.

#### 6.1.1 Vedenpoistoelementtien pinnoituslaitteet

Vedenpoistoelementtien pinnoituslaitteesta oli otettava huomioon manipulaattorin vaihde, sillä aiemmin tehdystä linjauksesta huolimatta vaihde on todella kovalla rasituksella. Vaihteen hinnasta johtuen päädyin ratkaisuun, jossa vaihde vaihdetaan vuosittain. Tämä voidaan ajoittaa esimerkiksi kesäseisokkiin, jolloin toimenpiteestä ei ole haittaa tuotannolle. Lisäksi kovapinnoituslaitteiston syöttimien rungot otetaan tarkkailuun ja niille suoritetaan puolen vuoden välein puhdistus ja huolto, jotta voidaan ehkäistä yleisimpiä syöttimissä esiintyneitä vikoja. 6 kuukautta on sopiva aika syöttimien huoltoväliksi, jotta huollot ehditään suorittaa kaikille syöttimille halutuin välein. Itse syöttimiä huoltavat operaattorit työn ohessa. Syötinhuoneen puhtaudesta huolehdittaessa myös huollon tarve vähenee, jolloin tämä huoltoväli on sopiva. Lisäksi energiansiirtoketju ja sen sisältämät letkut otetaan silmämääräiseen valvontaan, jota operaattorit suorittavat muun työn ohessa. Raepuhaltimessa ei ole muiden puhaltimien tapaan järkevästi valvottavia kohteita.

Hiomakoneessa on useitakin kohteita, joita olisi hyvä ottaa kunnonvalvonnan piiriin. Haastattelujen pohjalta ei ole kuitenkaan järkevää tehdä mitään, sillä hiomakoneeseen on tulossa modernisointi. Hiomapään laakerit ovat kohde, jota valvottaisiin. Laakerit ovat paksujen suojien sisällä, joten jotta luotettavia mittauksia voidaan tehdä, tulisi anturi asentaa suojien sisäpuolelle. Tarvittavan anturin asentaminen kestäisi noin viikon ja tällainen seisonta-aika ei ole tässä kuormitustilanteessa ja investoinnin läheisyydestä johtuen järkevä. Vaikka mittauksella vikaantuminen saataisiinkin kiinni, ei hyötyä saataisi lainkaan, sillä laakerin vaihto kestää toisen viikon. Myös laakereiden vikataajuus on ollut useita

vuosia, joten tässäkin mielessä ei ole järkevää alkaa soveltaa kunnonvalvontaa tähän kohteeseen.

Hiomakoneessa selkeästi kuluvia osia ovat myös laakerit ja johteet, joiden varassa koko hiomakone liikkuu. Näiden pyörimisnopeus ja vaikutus hionnan laatuun on niin pieni, että niiden seurantaan ei ole syytä käyttää resursseja käyttäjäkunnossapidon lisäksi. Myös hiomakoneen logiikan ohjelmointi tarkastetaan, sillä etenkin pidempien seisokkien jälkeen on ollut ongelmia. Tässäkin tapauksessa on kuitenkin otettava huomioon investoinnin läheisyys eli toimenpiteitä ei kannata tehdä tähänkään.

Modernisoinnin läheisyydestä johtuen ei nykyiseen hiomakoneeseen kannata soveltaa kunnonvalvontaa. Sen sijaan uuteen koneeseen on jo tilaus- ja suunnitteluvaiheessa otettava huomioon kunnonvalvonnalliset seikat. Esimerkiksi kiihtyvyyssanturit voidaan rakentaa suoraan uuden laitteen sisään ja kuntoa voidaan alkaa valvoa heti alusta alkaen. Tällainen tilanne on optimaalinen kunnonvalvonnan kannalta, sillä uutta konetta käyttöön otettaessa on oletuksena, ettei siitä lähde ylimääräisiä värähtelyjä. Näin ollen, kun koneen kuntoa valvotaan ensimmäisestä käyttökerrasta lähtien, saadaan aikaiseksi luotettavia trendejä esimerkiksi värähtelytasojen noususta.

### 6.1.2 Dynaaminen tasapainotuskone

Tasapainotuskoneesta kunnonvalvonnan piiriin otetaan moottori, joka on selvästi koneen kriittisin osa. Vikaantuessaan moottori aiheuttaa tuotantoon esteen, sillä suuri osa teloista tasapainotetaan ennen asiakkaalle lähettämistä. Korvaavaa kapasiteettia on Rautpohjan alueella, mutta myös muiden tasapainotuskoneiden käyttöaste on niin korkea, ettei tarvittavaa kapasiteettia välttämättä ole saatavilla. Moottorin vikataajuus on todella suuri, joten riittää, että staattorivirran signaalianalyysi suoritetaan 6 kuukauden välein.

### 6.1.3 Komposiittipinnoituslaitteet

Komposiittipinnoituslaitteistossa seurannan kohde ovat tankkien pumput. Niihin tehdään seurantajärjestelmä, joka seuraa pumppujen pyörimistä. Mikäli pumppujen pyörimisnopeus (hertsit) alkaa kohota eli pumpun täytyy pyöriä kovempaa saavuttaakseen vaaditun tuoton, on pumppu alkanut vikaantua. Tällöin järjestelmä alkaa hälyttää. Järjestelmä sisältää tätä nykyä hertsien seurannan, mutta mitään hälytystä tai hälytysrajoja ei ole määritetty. Nämä rajat määritettiin, jotta järjestelmä toimii, kuten kuuluu. Järjestelmään on helppo syöttää hälytysrajat, ja hälytys laitetaan pinnoituskoneen näytölle varoittamaan hertsien noususta. Järjestelmään asetettiin kaksiosainen hälytysjärjestelmä. Ensimmäinen hälytys laukeaa, kun hertsit ovat nousseet 15%. Ensimmäinen hälytys on varoitus kulumisesta ja se ei aiheuta toimenpiteitä vaan on tiedoksi koneen käyttäjille. Toinen hälytys laukeaa kun hertsit ovat nousseet 30% ja se tarkoittaa, että pumppu tulee vaihtaa.

Vakuumpumpuilla on jo nyt huolto kolmen kuukauden välein, sillä näitä pumppuja ei voi seurata kuin huoltamalla ja kuuntelemalla. Vakuumpumput ovat asiantuntijoiden mukaan niin sanotusti "on/ off" eli ne joko toimivat tai ovat toimimatta. Lisäksi pyöritysmoottoriin sovelletaan staattorivirran signaalianalyysia ja infrapunalämmittimien sähkökaapit lämpökuvataan.

Lämmitysöljyn pääseminen hartsin sekaan osoittautui hankalaksi tapaukseksi valvoa. Aivan ensimmäiseksi aloin selvittää öljyn kunnonvalvontajärjestelmän laittamista kohteeseen. Tämä kuitenkin osoittautui turhaksi, sillä kun koneet eivät ole käynnissä, on öljyjärjestelmässä ylipaine verrattuna raaka-aineletkuihin. Tässä tilanteessa öljy karkaa hartsin sekaan. Hartsia pääsee öljyn sekaan vain koneen ollessa käynnissä, jolloin raaka-aineletkuissa on ylipaine verrattuna öljyjärjestelmään. Öljyn kunnonvalvonnalla öljyvuoto on mahdollista huomata aikaisemmin, mutta vahinkoa ei voida tällä tavoin estää.

Mahdollinen menetelmä vuodon huomaamiseksi on vaa`an laittaminen öljysäiliön alle. Säiliön keventyessä järjestelmä antaisi hälytyksen. Myös optinen

mittalaite öljyn pinnankorkeuden seuraamiseen on mahdollinen, mutta öljyn lämpötilan muutokset aiheuttavat pinnankorkeuden vaihtelua, jolloin aiheutuisi turhia hälytyksiä. Nämä toimenpiteet ovat kuitenkin vain sellaisia, joilla vuoto voitaisiin huomata aikaisemmin, mutta vuotoa ei voitaisi estää. Toisaalta nämä toimenpiteet ovat myös huomattavasti edullisempia ratkaisuja kuin öljyn kunnonvalvonta. Järjestelmään voidaan vaihtoehtoisesti myös asentaa mittalasi, josta voidaan tarkkailla öljyn väriä ja virtausta.

Ainoa tapa estää öljyjen pääsy hartsin sekaan on letkujen vaihtaminen sähkölämmitteisiin. Tällöin öljy jäisi kokonaan pois ja vaara luonnollisesti katoaisi. Sähkölämmityksellä kuitenkin ei saada letkuihin yhtä tasaista lämpöä verrattuna öljylämmitykseen. Todennäköistä kuitenkin on, etteivät pienet lämpötilanmuutokset vaikuta prosessiin millään tavalla. Kustannuksena sähkölämmitteiset letkut ovat samaa luokkaa öljyn kunnonvalvonnan kanssa, mutta riski öljyn pääsystä raaka-aineen sekaan saataisiin eliminoitua.

Pumppujen pettäminen aiheuttaa mittavat vahingot, koska prosessi keskeytyy ja pahimmassa tapauksessa pinta joudutaan poistamaan telasta ja valuaika joudutaan siirtämään eteenpäin. Rakennettava seurantalaitteisto on jatkuvasti mittaava, joten mittaustaajuutta ei tarvitse määrittää. Lämmitysöljyn pääseminen hartsin sekaan aiheuttaa mittavat vahingot päästessään telan pintaan. Myös tällöin on mahdollista, että pinnoitteesta ei tule halutunlainen ja tela joudutaan pinnoittamaan uudelleen.

#### 6.1.4 Kovapinnoituslaitteet

Kovapinnoituslaitteissa aletaan valvoa telanpyöritysmoottoria sekä kelkan moottoria staattorivirran signaalianalyysin avulla. Etenkin telanpyöritysmoottoreiden vikaantumiset ovat aiheuttaneet muutamia vahinkoja siten, että tela on pysähtynyt, mutta ruisku ja kelkka ovat jatkaneet matkaansa. Kovapinnoituslaitteistossa on käytössä pyörityksen seurantalaitte, mutta sekään ei ole täysin aukoton. Kuviosta 11 voi huomata kuinka likaisessa ympäristössä moottorit ovat. Aine johtojen ja moottorin päällä on pinnoitusjauhepölyä.



**KUVIO 12: Kovapinnoituskopin kelkan moottori**

Vikahistorian mukaan telanpyörytyslaitteissa on esiintynyt vikoja noin vuoden välein, joten moottoreiden mittaustaajuudeksi valitaan kuusi kuukautta. Moottorit ovat kohteena kuitenkin melko vaativia, sillä pinnoituskopeissa pinnoituksen aikana pinnoitusjauhe pölyää voimakkaasti ja se saattaa siten aiheuttaa moottoreille satunnaisiakin vikaantumisia.

STC- hallin kovapinnoituslaitteiden syöttimet otetaan erikoistarkkailuun, sillä niissä on esiintynyt muun muassa tukkeutumisia todella paljon. Huoltoasentajien suosituksen mukaan syöttimien rungot otetaankin puolen vuoden välein puhdistukseen ja huoltoon, jotta yleisimmät viat saadaan karsittua. Itse syöttimiä huoltavat operaattorit. Lisäksi syötinhuoneen kohdepoistoon ja ilmastointiin sekä yleiseen puhtauteen kiinnitetään erityistä huomiota. Esimerkiksi vedenpoistoelementtien pinnoituksen syöttimissä vikojen määrä on vähäisempi, koska syötinhuone pidetään puhtaana ja ilmastointi toimii, kuten sen kuuluukin. Myös pinnoitusbunkkerin sekä takahuoneen ilmastointia tarkkaillaan ja säädetään, jotta ilmastointi poistaisi pinnoituspölyn tehokkaasti niin kuin sen kuuluu. Pöly haittaa etenkin moottoreiden sekä virtalähteiden toimintaa. Virtalähteiden suojausluokka on IP21, joten pöly on erittäin haitallista näille pinnoituksen toiminnan kannalta erittäin kriittisille laitteille.

Pyöritysmoottoreiden ja kelkkojen moottoreiden suojausluokat ovat riittävät, mutta hienojakoinen pöly on siitä huolimatta haitallista moottoreille.

Työhyvinvointiin liittyvänä seikkana tulee kiinnittää huomiota pinnoituskoppien valvomoiden ilmalämpöpumppujen suodattimiin. Suodattimet tulee puhdistaa kerran kuukaudessa ja on valvottava, että ne todella puhdistetaan. Pöly on hyvin hienojakoista ja sisältää raskasmetalleja, joten hengitykseen ja iholle joutuessaan se on hyvin haitallista ja aiheuttaa työturvallisuusriskin.

#### 6.1.5 Lämpökäsittelyyunit

Kaikkia lämpökäsittelyyuuneja, lukuun ottamatta Tykkivuorella sijaitsevaa uutta uunia, ovat vaivanneet logiikkaongelmat. Logiikkaongelmiin onkin usein syynä huonolaatuinen ohjelmointi, joten uunien ohjelmointi tarkistetaan ja myös komponenttien kiristys tarkistetaan. Kiristyksen jälkeen löysästi kiinni olevat komponentit eivät pääse liikkumaan. Lisäksi uunien sähkökaapit lämpökamerakuvataan puolen vuoden välein, jotta voidaan paikantaa mahdolliset vikaantumiset sähköisissä osissa. Muutoin sähköisten osien kunnonvalvonta ei ole mahdollista.

Etenkin vanhempaa lämpökäsittelyyuunia ovat vaivanneet ongelmat puhaltimissa ja nostettavan katon hydraulikassa. Puhaltimien moottoreita ryhdytään tutkimaan staattorivirran signaalianalyysin avulla. Moottorit ovat mittausten kannalta hyvissä paikoissa uunien ulkopuolella. Esiin tulivat myös puhaltimien propellien värähtelyjen mittaaminen, mutta niiden mittaaminen on paitsi vaikeaa myös turhaa. Moottorit ovat suoraan kiinni propelleissa, joten värähtely indikoituu moottoreihin. Lisäksi propellit puhdistetaan ja tasapainotetaan vuosittain. Mittausväli on kuusi kuukautta. Katon nostimen hydraulikkaa ei ryhdytä valvomaan.



### 6.1.6 Pinnoiteporakone

Pinnoiteporakoneessa ryhdytään valvomaan lämpötila- ja värähtelymittauksin karoja, joissa porakoneen terät ovat kiinni. Operaattoreiden kanssa käymäni keskustelun perusteella on varsin perusteltua valvoa näitä karoja (Ks. Kuvio 12), sillä karojen sisältämät laakerit aiheuttavat jumiutuessaan neljän muun karan pysähtymisen ja pysähtyneet terät voivat vahingoittaa pinnoitetta jopa niin, että tela joudutaan pinnoittamaan uudelleen. Metson laadunvalvontatietokannasta pystyin huomaamaan, että telan uudelleenpinnoitus tarkoittaa jopa kymmenientuhansien eurojen taloudellisia menetyksiä. Lisäksi tarkoitus oli liittää telanpyörityslaitteiston vaihdeöljyt öljynkunnonvalvonnan piiriin. Vuosihuolto-ohjeista kuitenkin selvisi, että öljyjen vaihtoväli on kolme vuotta ja öljyjen määrät ovat niin pieniä, ettei niitä kannata valvoa.



**KUVIO 13: Pinnoiteporakoneen karoja**

Sähkökaapeille päätettiin suorittaa lämpökamerakuvauksia mahdollisen kuumenemisen ja siitä aiheutuvien vikaantumisien varalta.

### 6.1.7 Polyuretaanipinnoituslaitteet

Polyuretaanipinnoituslaitteistoon aletaan soveltaa kolmenlaisia toimenpiteitä. Valupään värähtelyä ryhdytään tutkimaan jatkuvalla värähtelymittauslaitteistolla,

josta on jo pyydetty tarjouksia eri toimittajilta. Tankkien pumppuja (Ks. Kuvio 13) aletaan seurata samalla tavalla kuin komposiittipinnoituslaitteissa.

Pyörimisnopeuksille määritettiin myös hälytysrajat. Hälytysrajat eivät olleet aivan yhtä yksiselitteiset kuin komposiittipinnoituksessa, sillä pumput pumppaavat viskositeetiltaan erilaisia aineita, joten joidenkin aineiden kohdalla pumpun täytyy pyöriä kovempaa saadakseen aikaan halutun tuoton. Matalan viskositeetin omaavien aineiden pumpuille hälytysrajat tulee määrittää hieman korkeammaksi. Muille aineille rajat ovat samat kuin komposiittipinnoituksessa eli ensimmäinen hälytysraja on 15% ja toinen 30%. Matalan viskositeetin aineiden hälytysrajat määritellään tarkemmin, kun nähdään miten rajat toimivat muilla aineilla.

Letkujen tukkeutumista seurataan painemittareilla, eli mikäli paineet letkuissa alkavat nousta, ovat letkut alkaneet tukkeutua. Referenssinä toimii vasta vaihdetuille letkuille tehty paineen mittaus. Toimenpide vaatii myös paineanturin vaihdon isosyanaattilinjan, jotta kohteessa on sellainen anturi, joka osaa antaa pulssin paineen muuttumisesta. Järjestelmä tehdään vain CoteFalcon valuille, sillä tukkeutumista on esiintynyt ainoastaan tässä linjassa korkeiden lämpötilojen takia. Valupään paine on aina vakio eli hieman yli 21 bar ja virtaus noin 3 l/min. Vastavaihdetuissa letkuissa paine oli noin 40 bar:ia. Järjestelmässä seurataan valupään ja letkujen paineen erotusta. Mikäli paine ero kasvaa lähelle 30 bar:ia on letkut vaihdettava. Letkuista poistettiin viimeisen vaihdon aikaan metalliset mutkakohdat, joihin tukkeutumia ovat usein muodostuneet. Onkin mahdollista ettei tukkeutumia enää juurikaan synny, mutta tätä siitä huolimatta hyvä seurata myös tulevaisuudessa. Lisäksi telanpyöritysmoottoriin aletaan soveltaa staattorivirran signaalianalyysia muiden pinnoituskoppien tapaan.



**KUVIO 14: Polyuretaanipinnoituskopin kylmävalutankin pumppu**

Kolmella ensimmäisellä toimenpiteellä voidaan muutaman tuhannen euron investoinnilla säästää vuositasolla yli satatuhatta euroa, kun pilalle menneitä teloja ei enää tule tai tulee vähemmän. Yksikin pilalle mennyt tela vähemmän tuo säästöjä jo kymmeniä tuhansia euroja. Miltei kaikki tähän asti tapahtuneista epäonnistuneista valuista ovat johtuneet juurikin noiden kolmen kohteen vikaantumisista. Suunnitellut mittaukset ovat jatkuvia, joten taajuutta mittauksille ei tarvitse määrittää.

Polyuretaanipinnoitukseen on vuoden sisällä tulossa uusi versio Pumach-ohjelmistosta, joten valvontatoimenpiteiden integrointi järjestelmään siirretään päivityksen yhteyteen, sillä vanhaan ohjelmistoon ei ole järkevää tehdä investointeja näin lyhyen ajan takia.

#### 6.1.8 Raepuhaltimet

Raepuhaltimiin päätettiin olla soveltamatta kunnonvalvontaa. Osat, joissa vikoja on, ovat normaaleja kuluvia osia, kuten letkuja ja venttiilejä. Lisäksi raepuhaltimien kunnossapitokustannukset ovat olleet todella pieniä ja puhaltimien vuosihuolloissa voidaan vaihtaa tai korjata kuluneet osat. Vikaantumiset eivät ole olleet merkittäviä tuotannon kannalta. STC- hallista

löytyy korvaavaa kapasiteettia, mikäli jotain tapahtuu. Näin ollen on erittäin perusteltua jättää raepuhaltimet ulkopuolelle.

Mikäli kunnonvalvontaa alettaisiin näihin soveltaa, nousisivat kustannukset todennäköisesti suuremmiksi kuin tällä hetkellä olevat kunnossapitokustannukset. Kun kunnonvalvontaa ei voida kohteeseen soveltaa, korostuu käyttäjäkunnossapidon osuus. Tämä kuitenkin on jo nyt etenkin kiinteiden raepuhaltimien osalta erittäin hyvässä tilassa.

#### 6.1.9 Tuotekehityksen työkoneet

Matalasta käyttöasteesta johtuen tuotekehityksen työkoneisiin ei ole järkevää soveltaa kunnonvalvontaa. Millään tuotekehityksen koneella ei myöskään ole kunnossapitosuunnitelmaa eikä niille suoriteta vuosihuoltoja. Tämä johtuu pitkälti siitä, ettei näitä työkoneita ole laitettu Arrow- kunnossapitojärjestelmään. Metson tehdaspalvelu tekee numeroinnin ja koneiden lisäämisen Arrowiin, jotta vuosihuollot varmistetaan tekemällä pyyntö järjestelmään. Pyyntön tekee tuotekehityksen henkilökunta.

Komposiitti- ja polyuretaanilaitteistot voidaan hoitaa vuosihuolloin ja käyttäjäkunnossapidon avulla kuntoon. Lisäksi satunnaiset vikaantumiset ehditään hoitaa varsin hyvin käyttöasteen mataluudesta johtuen. Kierrosten ulottaminen näihin laitteisiin maksaa huomattavasti enemmän kuin saavutettava hyöty, joten nämä jätetään valvonnan ulkopuolelle. Sama koskee myös tuotekehityksen kovapinnoituslaitteita.

Nippisimulaattoreiden käyttöaste on hieman suurempi kuin muiden laitteiden, mutta esimerkiksi simulaattorin telojen laakereiden kunto tarkistetaan jokaisessa telanvaihdossa. Simulaattoreiden moottoreita ja pumppuja ei ole järkevää valvoa, sillä myös niiden äkilliset vikaantumiset ehditään huoltaa eivätkä varaosien hinnat eivät ole korkeita.

## 6.2 Kunnonvalvontareittien luominen

Reitit määritellään siten, että kohteet, joilla on sama mittaustaajuus, ovat samalla reitillä. Varsinaisesti reiteille osuvia kohteita ei STC- hallilta, vedenpoistoelementtien pinnoituksesta ja Tuotekehityksen työkoneista kovinkaan montaa löytynyt. Taulukko kunnonvalvontareiteille valituista kohteista on liitteessä 2. Taulukosta siis puuttuu esimerkiksi polyuretaanipinnoituksen valupäähän suunniteltu värähtelyvalvonta, koska tämä toteutetaan online-mittauksena eikä se siten ole osa kunnonvalvontareittejä.

## 7 TULOSTEN KOONTI JA POHDINTA

Kuten opinnäytetyöni nimi kertoo, oli tavoitteena kunnonvalvonnan kehittäminen – on opinnäytetyöni tavoitteena Metso Rautpohjan kunnonvalvonnan kehittäminen Servicen osalta. Heti alusta alkaen tuli kuitenkin selväksi, että työn tuloksena saadaan aika paljon muutakin kuin pelkkää kunnonvalvontaa. Tämä johtui koneiden erikoisuudesta, eli kyseessä ovat laitteet, joiden prosessit ovat osittain ainutlaatuisia ja poikkeavat suuresti muusta konepajatoiminnasta, kuten työstökoneista. Lisäksi koneissa huomioon otettavien muuttujien määrä on hurjasti suurempi kuin normaaleissa työstökoneissa, sillä prosessit ovat erittäin herkkiä. Suuressa osassa tapauksia eteen tuli tilanne, ettei kunnonvalvontaa kannata soveltaa, ja oli mietittävä uudelleen, millä tavalla voidaan saada aikaan vastaavia tuloksia. Oli hienoa huomata, kuinka keskustelujen ja oman pohdinnan seurauksena pystyin kehittämään korvaavia ideoita, jotka kuitenkin periaatteeltaan yksinkertaisia. Hyvänä esimerkkinä öljysilmän asentaminen komposiittipinnoituksen lämmitysöljyjärjestelmään.

Tulokset pohjautuvat pitkälti asiantuntijahaastatteluihin, koska kunnossapitojärjestelmän data ei ollut tarpeeksi kattava tähän tarkoitukseen. Haastatteluissa käytettiin usean asiantuntijan lausuntoja jokaisessa kohteessa, jotta tuloksista saatiin luotettavia. Asiantuntijahaastatteluiden kautta työhön

välittyy myös niin sanottua hiljaista tietoa, joka liian usein nykypäivänä siirtyy eläkkeelle työntekijöiden mukana. Tämän tiedon saattaminen eteenpäin tuo työlle lisäarvoa erittäin paljon.

Työn haastavimmiksi kohteiksi muodostuivat komposiitti- ja polyuretaanipinnoituslaitteistojen kunnonvalvonnan kehittäminen. Näihin kohteisiin jouduttiinkin kehittämään joitain hieman erikoisempia valvontatapoja, sillä tavallisten mittaavien menetelmien soveltaminen olisi hyödytöntä ja tehotonta. Ongelmana oli päästä vikaantumisen edelle, eli monikin sovellus olisi varmasti nopeuttanut vian löytymistä, kun se on jo tapahtunut, mutta ei olisi havainnut sitä ennen vikaantumista. Sivummalle jätettiin myös sellaiset kohteet joiden vikaantumisen merkitys oli pieni sekä sellaiset, joilla ei ole parantavaa vaikutusta laatukustannuksiin. Laatukustannuskysymys oli yksi isoista asioista, joihin toivottiin kunnonvalvonnalla parannusta. Laatukustannuksien vähentämisellä päästään paitsi oman katteen nousuun, mutta myös asiakastytyväisyyden paranemiseen.

Tykkivuorella vedenpoistoelementtien pinnoituslaitteissa oli hankala löytää valvottavaa, sillä hiomakoneeseen on tulossa modernisointi ja pinnoituksessa on otettu oppia STC- hallin kovapinnoituksen ongelmista. Ilmastointi ja puhtaanapito on hoidettu paremmin, joten samalla myös vikoja on vähemmän. Näiden laitteiden käyttövarmuus on ollut hyvä ja niin on syytä ollakin, sillä niiden kuormitus on todella kova pitkälle tulevaisuuteen.

Tuotekehityksen laitteiden alhainen käyttöaste aiheutti sen, ettei kunnonvalvontaa ulotettu lainkaan niihin. Koneet kuitenkin numeroitiin ja kirjattiin kunnossapitojärjestelmään, jotta niille voidaan tilata ja muistetaan tehdä määräaikaishuollot.

Lämpökäsittelyuunien moottoreiden valvonta on pinnoiteporakoneen ohella tärkein värähtelymittausten kohde. Mikäli moottorit lakkaavat toimimasta, ei käsiteltävä tela lämpene tasaisesti ja pahimmassa tapauksessa tela menee pilalle.

Myös logiikan tarkistaminen ja komponenttien kiristäminen on tärkeää, sillä osat ovat kalliita ja ammattitaitoisen korjaajan saaminen paikalle saattaa kestää. Uunit ovat käytössä käytännöllisesti katsoen koko ajan ja ovat pullonkaulakoneita. Näin ollen niiden moitteeton toiminta on välttämätöntä.

Mietin pitkään, voiko raepuhalluslaitteisiin soveltaa kunnonvalvontaa. Tuli kuitenkin selväksi, ettei puhalluspäätä, letkuja, venttiilejä ja tai muita osia kannata valvoa, koska varaosat ovat verrattain edullisia ja korvaavaa kapasiteettia löytyy myös STC- hallista. Lisäksi vuosihuolloilla voidaan hoitaa ne viat, joita vuoden aikana ilmaantuu. Koneen seisomista ei mikään vika ole aiheuttanut.

Pinnoiteporakoneen kunnonvalvontaan kiinnitettiin erityistä huomiota, sillä porakoneen kuorma on erittäin suuri ja seisontatunnit ovat todella kalliita. Tähän kohteeseen voitiin kuitenkin helposti soveltaa varsinaisia kunnonvalvontamenetelmiä, sillä porakone ei ole niin erikoislaitte kuin pinnoituslaitteet. Mittaukset ovat kuitenkin haastavia tehdä turvallisuusmääräysten takia. Koneen käydessä ei koneen viereen saa mennä, mutta mittaukset on saatava suoritettua. Porakoneen mittauksiin on määritettävä erilliset turvallisuusohjeet, sillä myös sähkökaapit on kuvattava kaappien ovet avoinna koneen käydessä.

Kovapinnoituslaitteiden kunnonvalvonta muodostui muista poikkeavaksi tapaukseksi. Tutkimuksessa huomattiin, etteivät vikaantumiset johdu koneiden kulumisesta, vaan puhtaanapitoon liittyvistä ongelmista. Ilmastointia ei ole säädetty tarpeeksi usein ja syötinhuone sekä bunkkeri siivotaan liian harvoin. Tällöin lika kertyy muun muassa moottoreihin ja virtalähteisiin. Kyse onkin enemmän asenteellisesta ongelmasta, eli on päästävä eroon ”seuraava vuoro hoitaa”- asenteesta.

Jokaista ennakkohuoltotoimenpidettä tuli vielä valinnan jälkeen tarkastella kriittisesti. Tarkastelu suoritettiin kokemuseräisen RCM: n (Ks. Liite 6) avulla.

Kokemusperäisessä RCM:ssä toimenpiteet tarkastettiin kuuden kysymyksen avulla. Toimenpiteen avulla voitiin varmistaa toimenpiteen taloudellinen kannattavuus ja todellinen tarve. Jokainen valittu toimenpide läpäisi tämän seulan. Lopuksi vertailin tuloksia myös Rautpohjan kriittisyysanalyysiin, jossa oli määritelty kriittiset laitteet. Vertailussa totesin, että kaikkein kriittisimmät laitteet on otettu huomioon tarkimmin kunnonvalvontaa suunniteltaessa.

Käyttäjäkunnossapito osoittautui todella isoksi asiaksi laitteiden kuntoa valvottaessa. Kun laitteen kuntoa ei voi valvoa mittaavin menetelmin, on operaattorin huolehdittava tarkastuksista ja raportoitava välittömästi poikkeamista.

## **8 YHTEENVETO**

Opinnäytetyö oli kaiken kaikkiaan melko haastava, sillä käsiteltävät koneet olivat toimintaperiaatteeltaan todella erikoisia ja oli alusta asti selvää, ettei tuloksena tule olemaan vain kunnonvalvontatoimenpiteitä. Toisaalta työtä helpotti aikaisempi työhistoriani näiden laitteiden parissa sekä se, että tunsin koneiden käyttäjät entuudestaan. Haastatteluja oli helpompi tehdä ja ihmisiä oli helppo lähestyä ja kysyä apua pienempääkin ongelmaan. Muuten tiedonetsintä oli melko haastavaa, sillä kunnossapitojärjestelmän dataa oli mahdotonta hyödyntää. Teoriaosuuteen tietoa löytyi hyvin, koska kunnonvalvontaan liittyvää kirjallisuutta ja Internet-lähteitä löytyi paljon.

Sopivat työskentelymenetelmät löytyivät nopeasti ja raportti kasaantui helposti kirjoittamalla vähän kerralla samalla, kun tietoa tuli lisää haastatteluista. Lisäksi tekemiseen tuli hyvä rutiini, kun saapui joka aamu tekemään työtä työpaikalle eikä jäänyt kotiin. Kotona tekeminen on omien kokemusten mukaan melko tehoton tapa toimia.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selvitys tarvittavista toimenpiteistä, jotta kunnossapitokustannuksia saataisiin laskettua ja koneiden käyttövarmuus



paranisi. Jatkon kannalta onkin olennaista, että ehdotetut toimenpiteet toteutetaan täysimääräisesti. Ongelmana on resurssien puute, sillä vaaditut toimenpiteet etenkin kunnonvalvonnan kannalta vaatisivat osaajan, joka pystyy sekä käyttämään laitteita että myös analysoimaan saatuja tuloksia. Lisäksi moniin kohteisiin tulevat kiinteät laitteet vaativat suunnittelutyötä ja tarjouksien kyselyä, mikä vaatii paljon aikaa muutenkin kiireisiltä tuotannon parissa työskenteleviltä ihmisiltä.

Käyttäjäkunnossapito on toinen suuri asia, joka tulee saada toimimaan suunnitelmien mukaan, jotta uusista suunnitelmista saadaan kaikki hyöty irti. Tämä vaatii myös viikkohuoltojen kirjaamista kunnossapitojärjestelmään, jotta voidaan seurata tehtyjä huoltoja ja mahdollisesti löytyneitä vikoja. Viikkohuoltojen kirjaamisen ylläpito vaatii toimia myös toimihenkilöiltä, sillä työntekijöiden tulee tuntee, että heidän tekemällään työllä on merkitys. Kirjaamiset pitää käydä kuittaamassa järjestelmään ja mikäli merkkkaus on tekemättä, on siitä käytävä huomauttamassa operaattoria. Siisteyden ylläpito on osa käyttäjäkunnossapitoa, mutta sen tärkeyttä ei voi liiaksi korostaa, sillä herkät prosessit kärsivät helposti mikäli, paikat eivät ole siistissä kunnossa.

Työtä tehdessä henkilöstöstä pystyi huomaamaan halun kehittää kunnonvalvontaa ja siten parantaa laitteiden käyttövarmuutta. Halu tähän pohjautuu ymmärrykseen työnteon helpottumisesta koneiden toimiessa oikein. Konekannan ikä aiheuttaa tälle oman haasteensa, mutta ei missään tapauksessa ole este kunnonvalvonnan hyödyntämiselle. Uskon, että jatkossakin henki pysyy hyvänä ja kaikki ovat valmiita tekemään yhteistyötä tuottavamman ja turvallisemman työympäristön puolesta.

## LÄHTEET

Airila, Marko. Mekatroniikka. s.28. Helsinki: Otatieto, 1995.

Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita Prima Oy

Kokko, V. 2008 Sähkömoottorit käynninaikainen kunnonvalvonta. Promaint 8/2008.43

Kunnossapitotekniikan oppikirja. N.d. Opetushallitus. Viitattu 11.09.2012.

[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_k1\\_johdanto\\_kunnonvalvontaan.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k1_johdanto_kunnonvalvontaan.html)

Kuusela, E. 2010. Kriittisyysanalyysityökalun kehittäminen Metso Paper Oy Jyväskylän tuotantoon. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Paperikoneteknologia.

Lämpökamera kunnossapidon työkaluna. Infradex Oy: Kunnossapito –lehden erikoisliite. N:o 56, Lehti 4/2000. Viitattu 13.09.2012

<http://www.infradex.com/pdf/Kunnossapitokurssi.pdf>

Lämpökamera kunnossapidossa, Promaint Ry: 2004. Viitattu 13.09.2012

[http://www.promaint.net/alltypes.asp?d\\_type=1&menu\\_id=133&#241](http://www.promaint.net/alltypes.asp?d_type=1&menu_id=133&#241) -->

Lämpökamera kunnossapidossa

Metson vuosikatsaus. 2011. Viitattu 06.09.2012

[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. Metso Avenue.

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

Niiranen, E. 2012. Ajatuksia öljyn kunnonvalvonnan tulevaisuudesta.  
Sähköpostiviesti 28.3.2012. Vastaanottaja L. Patama

RCM, Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. N.d. Viitattu 13.11.2012.  
<http://stolen.wata.fi/koulu/Kunnossapitotekniikka%20/>, RCM02.ppt

Robotin kunnonvalvonta, Promaint Ry: 2007. Viitattu 13.09.2012  
[http://www.promaint.net/alltypes.asp?d\\_type=1&menu\\_id=652&#2389](http://www.promaint.net/alltypes.asp?d_type=1&menu_id=652&#2389) →  
Robotin kunnonvalvonta (4/2007)

Suomalainen, M. 2011. Lämpökuvaus kunnossapidossa. Opinnäytetyö. Saimaan  
Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma.

Öljyjen kunnonvalvonta, 2003, Kunnossapitokoulu, Viitattu 2.11.2012,  
[http://www.promaint.net/alltypes.asp?d\\_type=1&menu\\_id=110&#68](http://www.promaint.net/alltypes.asp?d_type=1&menu_id=110&#68)-> Öljyjen  
kunnonvalvonta

Öljyanalyysit mittaavan kunnossapidon työkaluna. 2012. AEL (Action experience  
learning)

## LIITTEET

### Liite 1: Esimerkki vikahistoriasta (Pinnoiteporakone)

Laite	Nimi	Toimenpiteet	Vian kuvaus
P-90	PINNOITEPORAKONE	Q3430692 Plc-ohjelma purkitettu uudelleen.OK	Käsi ohjaimen näytön lukemat eivät muutu. Ylhäällä ohjaamossa kyllä. Häiritsevä tekiä nolla pistettä otettaessa.
P-90	PINNOITEPORAKONE	Q3:425874 kasattu uudet moottorit. vanhoista otettu hihnapyörät. 26.4.2012 vaihdettu uudet sylinterit ylempään sulkupeltiin. tilataan yksi uusi sulkupelti. Tilattu uusi venttiili. Tullee 7.5 Harri S.	Lastuimurin imuteho heikko. uusien kara moottoreiden kasaus.
P-90	PINNOITEPORAKONE	otettu irti suojat peltien kohdalta vedetty pellit auki ja vedetty pussi pois.	Imuri imaissut pussin sisään
P-90	PINNOITEPORAKONE	425010 Vaihdettu isompi sulake.	Yhteys plc katkennut.
P-90	PINNOITEPORAKONE	sama työ kuin 1021131	Vaipan poraus koneen keskus pölynimurin imu teho häviää. 10sekunttia täydellä teholla. Sitten yli minutin ettei ime täydellä teholla
P-90	PINNOITEPORAKONE	Q3 421170 vaihdettu NCU ja ladattu NC/PLC uudelleen.	NCU:n vaihto ( liittyen työkortti 1018972 )
P-90	PINNOITEPORAKONE	Q3:419390 liukumuovi kiilaantunut pellin väliin.	Lastuimurin molemmat sulkupellit yhtäaikaan auki. Tarvii säätää.

P-90	PINNOITEPORAKONE	Vaihdettu uusi anturi ja ohjaus yksikkö.	Boetherm lämmityslaitteen anturin vaihto
P-90	PINNOITEPORAKONE	Vaihdettu moottorit 11,18,20 Tilataanko uudet tilalle? Tilattu uudet moottorit. Harri S	Karojen pyöritysmoottorin laakeri ääntää. Moottori nro. 11. Kaksi moottoria myös käy lämpimänä.(18 ja 20)
P-90	PINNOITEPORAKONE	Q3:394925 28.11.2011 ViHe Kone oli hävittänyt yhteydet toimilaitteiden välillä. Kuulemma tehnyt tämän joskus ennenkin. Katkaistu virrat ja saatu kone henkiin. Ei saatu kuitenkaan ajettua teriä pois kappaleen sisältä. 29.11.2011 selvitelty koneen käynnistymis ongelmaa. koitettu käynnistellä uudestaan. käyty kaikki hätäseis napit läpi. ei apua. soiteltu syrjäsen tepolle asiasta tehty resetoiteja kuten sanonut mutta ei apua. tallgren tullut mukaan selvittämään asiaa. soitettu janne kuuselalle. asia alkanut selviämään. syrjälän knassa vielä puhuttu asiasta ja tultu samaan johto päätökseen että nc on nollaantunut jostain syytä samoin kuin koneen käyttäjien ohjelmat. otettu kopiot tämän hetken plc/nc/profipus tiedoista. ajettu uusin toimivat tiedostot ncellle. kone alkanut pelittämään.	Kone sammui yks kaks.Valot välkkyä ajotaulussa eikä kone lähde enää päälle.
P-90	PINNOITEPORAKONE	Q3 392779 sulkupeltien synkronoinnin säätö virtausventtiileistä+todennäköisesti säädettävä ajoituksia logiikalta+mahdollinen vedenerotus paineilmajärjestelmään Selvitelty ohjauksen hyytymisongelmaa.	Lastuimurin alempi sulkupelti jää välillä auki asentoon ylemmän toimiessa normaalisti.

P-90	PINNOITEPORAKONE	Kuitattu virhe pois.	HMI hälyytys 120201 Kommonikaatio katkennut. Kone seisoo.
P-90	PINNOITEPORAKONE	Lämpösuojan kuittaus.Lauennut koneen väärä käyttö.	Karapylkä ei liiku
P-90	PINNOITEPORAKONE	Q3320100 Servovahvistimessa hälytys F0002. Etsitty ohjekirjaa josta selvisi että on ollut ylijännite syöttöpiirissä. Mitattu syötöt, Ok. Mitattu moottori, Ok. Hälytys resetoitui FN-nappia painamalla. Lähti toimimaan.	Pölyimuri ei lähde päälle
P-90	PINNOITEPORAKONE	Q3 317706. Moottorinsuojakytkin kuitattu. Koneetta herkistely ja johteille laitettu öljyä, koneessa ei ole erillistä voitelua.	porakoneen kärkipylkkä ei liiku
P-90	PINNOITEPORAKONE	ok	Porakoneen purusyklonin paineilmaputket ovat jäässä. Putket sulatettu, mankuventtiili vika. Venttiilistä tiedot Arto Hämäläiselle tilaamista varten.
P-90	PINNOITEPORAKONE		koneenkäyttäjän huoltosuunnitelma

## Liite 2: Suhteelliset kunnossapitokustannukset

Kustannukset valvottavissa laitteissa vuonna 2012 syyskuun loppuun mennessä

<b>Kovapinnoitus 5</b>		<b>Kovapinnoitus 3</b>		<b>Raepuhallus</b>	
Materiaalit	9	Materiaalit	8	Materiaalit	0,3
Työ	4,5	Työ	2,8	Työ	0,7
Seisonta	3	Seisonta	2,7	Seisonta	0
Hylky	1	Hylky	1	Hylky	0
<b>Yhteensä</b>	<b>17,5</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>14,5</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>1</b>
<b>PU-pinnoitus</b>		<b>Komposiittipinnoitus</b>		<b>Pinnoiteporakone</b>	
Materiaalit	7,5	Materiaalit	8	Materiaalit	12
Työ	4,8	Työ	7	Työ	3
Seisonta	6,5	Seisonta	3	Seisonta	2
Hylky	11	Hylky	6	Hylky	0,5
<b>Yhteensä</b>	<b>29,8</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>24</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>17,5</b>
<b>Uuni 1 SEK-248</b>		<b>Uuni2</b>		<b>Uuni3</b>	
Materiaalit	0	Materiaalit	0,1	Materiaalit	0,8
Työ	0,1	Työ	0,7	Työ	0,8
Seisonta	0	Seisonta	0	Seisonta	0
Hylky	0	Hylky	0	Hylky	0
<b>Yhteensä</b>	<b>0,1</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>0,8</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>1,6</b>
<b>Vedenpoisto- pinnoitus</b>		<b>Vedenpoisto -hionta</b>		<b>Vedenpoisto - raepuhallus</b>	
Materiaalit	11	Materiaalit	2	Materiaalit	0,3
Työ	3	Työ	0,3	Työ	0,1
Seisonta	0	Seisonta		Seisonta	0
Hylky	0	Hylky		Hylky	0
<b>Yhteensä</b>	<b>14</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>2,3</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>0,4</b>
<b>Vedenpoisto - uuni</b>					
Materiaalit	0				
Työ	0				
Seisonta	0				
Hylky	0				
<b>Yhteensä</b>	<b>0</b>				

### Liite 3: Valvottavat kohteet



Metso Paper Oyj

#### Valvottavat laitteet STC- halli, DEWA- pinnoitus, RTD

Kone	Osa	Menetelmä	Taajuus (kk)	Huom.
Pinnoiteporakone	Karat	Värähtelymittaus	6	
Pinnoiteporakone	Karat	Lämpötilamittaus	6	
Pinnoiteporakone	Sähkökaapit	Lämpökamerakuvaus	6	
Komposiittipinnoitus	Pyöritysmoottori	Virtamittaus	6	
Komposiittipinnoitus	Sähkökaapit	Lämpökamerakuvaus	6	
Komposiittipinnoitus	Raaka-ainepumput	Pyörimisnopeuden valvonta		jatkuva
Komposiittipinnoitus	Lämmitysöljyjärj.	Myöhemmin päätettävä		jatkuva
Polyuretaanipinnoitus	Pyöritysmoottori	Virtamittaus	6	
Polyuretaanipinnoitus	Raaka-ainepumput	Pyörimisnopeuden valvonta		jatkuva
Polyuretaanipinnoitus	Raaka-aineletkut	Paineen mittaus		jatkuva
Polyuretaanipinnoitus	Valupää	Värähtelymittaus		jatkuva
Kovapinnoituskoppi 3	Pyöritysmoottori	Virtamittaus	6	
Kovapinnoituskoppi 3	Kelkan moottori	Virtamittaus	6	
Kovapinnoituskoppi 5	Pyöritysmoottori	Virtamittaus	6	
Kovapinnoituskoppi 5	Kelkan moottori	Virtamittaus	6	
Kovapinnoitus	Syöttimen rungot	Määräaikaistarkastus/-huolto	6	
Tasapainotuskone	Moottori	Virtamittaus	6	
Lämpökäsittelyunit	Sähkökaapit	Lämpökamerakuvaus	6	



## **Liite 4: Muistio PU- ja Komposiittikoppien kunnonvalvontapalaverista**

**Metso Paper Oyj Rautpohja**

**Muistio**

Lauri Patama

1.11.2012

### **PU/komposiitti kunnonvalvontapalaveri**

Aika 1.11.2012

Paikka NH Moisio, STC-halli

Läsnä Jukka-Pekka Liukkonen

Janne Liimatainen

Jouko Partanen

Lauri Patama

#### **1 Tilanteen läpikäynti**

Käytiin läpi tähän asti suunnitellut toimenpiteet PU ja

Komposiittipinnoituslaitteisiin:

- Hertsien valvonta molempien pinnoituslaitteiden pumppuihin
- PU- valupään värähtelymittaukset
- Paineenmittaus PU- letkuihin
- Lämmitysöljyjen valvonta komposiitissa

#### **2 Toteutuksen suunnittelu**

Öljyjen valvonta toteutetaan komposiittikopissa joko lisäämällä:

- Optinen pinnankorkeudenmittausanturi paisuntasäiliöön
- Vaaka öljysäiliön alle
- Virtausmittari lähtöön ja paluuseen

Pumppujen hertsien valvonta (PU ja kompo) on jo käytössä, mutta on määritettävä sopivat hälytysrajat ja ohjelmointi siten, että koppiin hälytys mielellään äänimerkin muodossa

Letkujen paineen seurantaan ennen uuden PUMAK:n tuloa vaihdetaan ISO2-linjan paineanturi, joka antaa pulssin hälytysrajan ylittyessä ja aiheuttaa hälytyksen operointipaneeliin. Anturi on voitava kytkeä pois päältä esimerkiksi pinnoituksen alussa, sillä silloin linjaan tulee painepiikki ja aiheutuisi turha hälytys.

### **3 Uusi PUMACH**

Kun uusi PUMACH tulee, voidaan pumppujen- ja letkujen paineenmittaushälytykset yhdistää näytölle ja asettaa rajat PUMACH:n sisältämään exceliin. Tällöin ohjelma itse hakee hälytysrajat jokaiselle linjalle ja tehtävälle tuotteelle.

Lauri Patama

Jakelu     Petri Huuska  
              Jukka-Pekka Liukkonen  
              Jouko Partanen  
              Janne Liimatainen

## Liite 5: Kokemusperäinen RCM

### PART A

Ovatko nykyiset ennakkohuoltotoimenpiteet perusteltuja/kannattavia?

Ennakkohuolto on kannattava jos löydetään selvä vikamuoto jota pyritään estämään (3) ja EH on taloudellisesti kannattavaa (5).

1	2	3	4	5	6	7
Ennakkohuoltotehtävä	Mihin komponenttiin EH:lla vaikutetaan?	Vikamuoto jota pyritään estämään	Vian seuraus	Onko ennakkohuolto halvempaa kuin RTF? (K/E) Miksi?	EH OK? RTF? EH ei kannattava? Muuta EH:ta?	Parannusehdotus?
Laakerin värähtelymittaus	Karan laakeri	Jumiutuminen, kuluminen	Laakeririkko, tuotannonmekaniset vauriot	K, aiheutuu pitkä seisakki, koska laakeri on vaikeasti saatavilla	EH OK	

## Liite 6: STC-hallin kriittisyysanalyysi

1. Laitetunnus	2. Laitteen kuvaus	3. Kokonais- kriittisyys
HI-151	TASOHIOMAKONE	885
SEK-314	PINNOITUSLAITE DEWA	860
SEK-226	PINNOITUSLAITE PU	710
SEK-228	KOVAPINNOITUSKOPPI 5	650
SEK-313	PINNOITUSLAITE KOMPOSIITTI	550
SEK-304	HIONTANESTEJÄRJESTELMÄ	425
HI-149	NAXOS TELAHIOMAKONE	415
S-260	WALDRICH TELASORVI	400
HI-141	HERLULES TELAHIOMAKONE	385
SEK-227	KOVAPINNOITUSKOPPI 3	325
SEK-320	PAINEILMAKOMPRESSORI	305
SEK-316	KOHDEPOISTOJÄRJESTELMÄ(P-90)	305
SEK-310	TELAUUNI 2	285
SEK-311	TELAUUNI 3	285
SEK-318	PAINEILMAKOMPRESSORI	285
SEK-319	PAINEILMAKOMPRESSORI	285
SEK-247	RAEPUHALLUSLAITE	250
SEK-248	TELAUUNI 1	235
SEK-315	HIEKKAPUHALLUSLAITE	220
SEK-225	TASAPAINOTUSKONE	220
P-90	PINNOITEPORAKONE	205

