



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# KUNNOSSAPIDON KEHITTÄMINEN

Wipak Oy

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan  
koulutusohjelma  
Mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Aleksi Kyrö

Lahden ammattikorkeakoulu  
Mekatroniikan koulutusohjelma

KYRÖ, ALEKSI:

Kunnossapidon kehittäminen  
Wipak Oy

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 26 sivua, 6 liitesivua

Kevät 2013

TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wipak Oy:n Nastolan tehtaan kunnossapidolle. Työn tavoitteena oli kehittää kunnossapitoa TPM filosofian mukaisesti ja lyhentää tuotantokoneiden huoltoseisokkien ulkopuolista seisokkiaikaa. Työhön kuuluivat seuraavat osa-alueet; siivousohjeen laatiminen kunnossapitoon, käytönaikaisen kunnonvalvonnan toteutus kriittisellä kalvokoneella, koneiden käyttäjien huolto-ohjeiden laatiminen sekä kriittisten varaosien määrittäminen.

Työn teoriaosuudessa esitellään teollisuuden kunnossapitoa ja TPM filosofiaa. Lisäksi käsitellään teoriaa opinnäytetyön toiminnallisen osan jokaisesta osa-alueesta, kattaen käytönaikaisen kunnonvalvonnan sekä kriittisten varaosien määrittämisen, käyttäjien huolto-ohjeiden määrittämisen ja kunnossapidon siivousohjeiden luonnin. Kaikkia opinnäytetyön osa-alueita käsitellään myös TPM filosofian näkökulmista.

Käytännön osuus aloitettiin luomalla kunnossapitoon siivousohjeet. Tässä ohjeessa määrättiin kunnossapidon työntekijöille omat vastuualueet, sekä tärkeimmät siivouskohteet omalla vastuualueella. Siisteyden tärkeys korostuu varsinkin yrityksessä, joka valmistaa lääketieteellisuuteen ja ruokateollisuuteen pakkausmateriaaleja.

Käytönaikaisen kunnonvalvonnan kohteeksi valittiin tärkeäksi määritellyn kalvokoneen extrudereiden sähkömoottorit. Valinta tehtiin valvottavien komponenttien kriittisyyden perusteella. Kunnonvalvontajärjestelmä ostettiin Ifm:ltä, jonka edustaja kävi esittelemässä työhön soveltuvia kunnonvalvontajärjestelmiä.

Tuotantokoneiden kriittiset varaosat määriteltiin käymällä jokainen kone läpi osaston käyttöinsinöörin kanssa, sekä hyödyntämällä olemassa olevaa huoltohistoriaa. Tarkoituksena oli myös määrittää kriittisille varaosille mahdollisuuksien mukaan valmistaja, tyyppi, toimittaja sekä toimitusaika.

Kriittisten varaosien määrittämisen kanssa samanaikaisesti luotiin käyttäjien kunnossapito-ohjeet. Näiden ohjeiden avulla siirretään koneiden huollon vastuuta osittain koneiden käyttäjille.

Asiasanat: kunnossapito, kriittinen varaosa, huolto-ohje, Wipak Oy, värähtelymittaus, TPM

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology

KYRÖ, ALEKSI:

Development of maintenance  
Wipak Oy

Bachelor's Thesis in Production Oriented Mechatronics, 26 pages, 6 pages of  
appendices

Spring 2013

ABSTRACT

---

This thesis was commissioned to maintenance division of Wipak Nastola. The aim of the thesis was to develop maintenance according to a philosophy called TPM and to reduce non-planned maintenance time at all production machines of Wipak's factory at Nastola. The thesis was divided into four parts: the creating a cleaning schedule and guide for maintenance, executing real time machine condition monitoring at a critical plastic film machine, creating a maintenance schedule and guide for production machines for machine operators, and defining the critical parts of all critical production machines.

The theory part of the thesis presents industrial maintenance and the TPM philosophy. All parts of the thesis are also examined individually in the theory part, including theory of machine condition monitoring by vibration monitoring, definition of critical parts, creating operators maintenance guide and how to organize maintenance facilities.

The practical part of the thesis was started by creating a cleaning and organizing guide for the maintenance division. This guide was made by giving each employee their own area of responsibility and defining what needs to be done at this area.

Machine condition monitoring was executed at the electric motors that drive extruders at critical plastic film machine. The vibration monitoring system was bought from Ifm whose product specialist introduced monitoring systems suitable for this project.

Critical parts of production machines were defined by inspecting machines one by one with the production engineer of each divisions. Maintenance history was also used. After defining critical parts, the list was complemented, where possible, with information about the manufacturer, type, supplier, and delivery time.

Simultaneously with defining critical spare parts, a maintenance guide and schedule was created to for machine operators. The purpose of these guides was to transfer responsibility of maintenance to machine operators.

Key words: Wipak Oy, maintenance, vibration monitoring, TPM, critical spare part, maintenance plan

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YRITYSESITTELY	2
2.1	Wihuri Oy	2
2.2	Wipak Oy	3
2.3	Wipak Nastola	4
3	KUNNOSSAPITO TEOLLISUUDESSA	5
3.1	Ennaltaehkäisevä kunnossapito	5
3.2	Korjaavat kunnossapitotoimet	6
3.3	Kunnossapito Wipak Oy:n Nastolan tehtaalla	6
4	TUOTTAVA KUNNOSSAPITO – TPM	7
4.1	TPM filosofia yleisesti	7
4.2	TPM filosofian taustaa	8
4.3	Siirtyminen TPM-oppien mukaiseen toimintaan	9
4.4	TPM-filosofia Wipak Oy:llä	9
5	KUNNOSSAPIDON TILAT JA SIISTEYS	10
5.1	Kunnossapidon tilojen merkitys	10
5.2	Siivousohjeen luonti Wipak Oy:n Nastolan tehtaan kunnossapitoon	10
6	KUNNONVALVONTA VÄRÄHTELYMITTAUKSELLE	11
6.1	Värähtelymittaus pyörivästä kappaleesta	11
6.2	Laakereiden kunnonvalvonta värähtelymittauksen avulla	12
7	KÄYTÖNAIKAINEN KUNNONVALVONTA VÄRÄHTELYMITTAUKSEN AVULLA WIPAK OY:LLÄ	13
8	KÄYTTÄJIEN SUORITTAMA KUNNOSSAPITO	19
9	KRIITTISTEN VARAOSIEN MÄÄRITTELY	21
9.1	Varaosien luokitteluperiaatteita	21
9.2	Kriittisten varaosien määrittäminen Wipak Oy:llä	22
10	YHTEENVETO	24
	LÄHTEET	25
	LIITTEET	27

## 1 JOHDANTO

Wipak Oy on suomalainen pakkausteollisuutta harjoittava osakeyhtiö. Wipak valmistaa muovisia ruokapakkauksia sekä pakkaustarvikkeita lääketieteellisuuden tarpeisiin. Wipak Oy kuuluu osaksi suurempaa Wihuri-konsernia. Wipak Oy:llä on yhteensä 10 tehdasta ja 13 myyntikonttoria. Tämä opinnäytetyö tehtiin Wipak Oy:n Nastolan-tehtaalle.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Wipakin Nastolan-tehtaan kunnossapitoa hyödyntämällä TPM-filosofiaa.

Tässä opinnäytetyössä perehdytään yleisesti teollisuuden kunnossapitoon sekä kunnossapidon menetelmiin. Työn käytännön osuus jakautuu neljään osa-alueeseen. Jokaista työn käytännön osuutta tutkitaan teoriaosuudessa erikseen. Työn osa-alueet ovat käytönaikainen kunnonvalvonta värähtelymittauksen avulla, kunnossapidon tilojen siivousohjeen luominen, koneenkäyttäjien kunnossapito-ohjeiden luominen sekä tuotantokoneiden kriittisten varaosien määrittäminen. Nämä osa-alueet liittyvät projektiin, jolla pyritään luomaan lisäarvoa kunnossapidosta TPM-filosofian avulla. Jokainen työssä käsitelty osa-alue kuuluu olennaisesti TPM-filosofiaan, jota myös käsitellään työn teoriaosuudessa

## 2 YRITYSESITTELY

### 2.1 Wihuri Oy

Wihuri Oy on suomalainen teollisuutta ja kauppaa harjoittava kansainvälinen monialayritys. Sen toimialoina ovat pakkausteollisuus, päivittäistavarakauppaa harjoittava Wihuri Oy Aarnio, Tekninen kauppa sekä Wihuri Aviation (kuvio 1). Konsernin liikevaihto oli vuonna 2011 noin 1,7 miljardia euroa ja yrityksessä työskentelee tällä hetkellä noin 4900 työntekijää. (Wihuri Oy 2013a)



KUVIO 1. Wihuri-konsernin organisaatiokaavio (Wihuri Oy 2013b)

Metro-tukku vastaa Wihuri Oy Aarnio – toimialanimikkeen alla päivittäistavaratukkutoimintaa ja sillä on yhteensä 31 Metro-pikatukkuja. (Wihuri Oy 2013c)

Tekninen Kauppa käsittää Catepillar-työkoneiden maahantuontiliikkeen Witraktorin, Linde-trukkien sekä erimerkkisten työkalujen maahantuojan Autolan, työstökoneita maahantuovan Työstökoneet, Wille-monitoimikoneita sekä Vila-työlaitteita valmistavan Vilakone Oy:n sekä alansa johtavia venemerkkejä maahantuovan Wihuri Oy Power Productsin. (Wihuri Oy 2013d)

Wihuri Aviationin alla toimii Jetflite Oy, joka on pohjoismaiden johtava yksityisten lentopalveluiden tarjoaja. Lentokoneiden liikennöinti- ja huoltopalveluiden lisäksi toisen tärkeän toimintamuodon muodostaa ambulanssilentopalvelu. Jetflite on pohjoismaiden johtava ambulanssilentoyhtiö, ja sen toiminta-alue ulottuu ilman välitankkausta Afrikkaan ja Keski-Aasiaan asti. (Wihuri Oy 2013e)

Wihurin pakkausteollisuus toimialaan kuuluu kaksi eri toimijaa. Wipak Oy Euroopassa ja Wipak Oy Pohjois-Amerikassa. (Wihuri Oy 2013f)

## 2.2 Wipak Oy

Wihuri-konsernin pakkausteollisuus valmistaa, myy ja markkinoi pakkausmateriaaleja elintarvikkeille ja sairaalatarvikkeille. Pakkausteollisuuteen kuuluu kaksi toimijaa: Wipak Euroopassa ja Wipak Pohjois-Amerikassa. Pakkausteollisuuteen kuuluu yhteensä yli 20 tuotantolaitosta kahdella eri mantereella ja lisäksi myynti- ja asiakaspalvelukonttoreita Aasiassa, Australiassa ja Etelä Amerikassa. Wipak Oy:n liikevaihto oli vuonna 2011 noin 500 miljoonaa euroa, ja Wipak Oy:llä työskenteli vuonna 2011 noin 1800 työntekijää. Yhteensä Wipak Oy:llä on 10 tuotantolaitosta, joista kolme sijaitsee Suomessa. Toimipisteet ovat seuraavat:

- Biaxis Oy Ltd, Lahti
- Wipak Oy, Nastola
- Wipak Valkeakoski Oy, Valkeakoski
- Wipak Gryspeert S.A.S., Bousbecque, Ranska
- Wipak Walsrode GmbH et Co. KG, Walsrode, Saksa
- Wipak B.V., Sittard, Hollanti
- Wipak Polska Sp z.o.o., Lewin Brzeski, Puola
- Wipak Iberica S.L., Barcelona, Espanja
- Wipak UK, Welshpool, Britannia
- Wipak Bordi s.r.l., Caorso, Italia

(Wipak Oy 2013a)

### 2.3 Wipak Nastola

Wipak Oy:n Nastolan-tehdas perustettiin vuonna 1950 ja vuonna 1967 se yhdistettiin osaksi Wihuri-konsernia. Nastolan toimipiste työllistää noin 450 henkilöä. Tehtaan toiminta jakautuu kahteen eri liiketoiminta-alueeseen: Wipak Food valmistaa erilaisia muovikalvoja elintarvikkeiden pakkaamiseen ja Wipak Medical valmistaa pakkausmateriaaleja sairaalatarviketeollisuudelle ja terveydenhuoltotuotteille. Nastolassa valmistetaan ruokapakkauksia ja sairaalatarvikkeiden pakkauksia niiden kaikissa tuotantovaiheissa asiakkaalle valmiiksi tuotteeksi asti.



KUVIO 2. Wipak Oy:n Nastolan tehdas vuonna 2009 (Wipak Oy 2013b)



### 3 KUNNOSSAPITO TEOLLISUUDESSA

Toimiva kunnossapito on jokaisen tuotantolaitoksen yksi tärkeimmistä osa-alueista. Se on usein myös yksi suurimmista kustannuksista, joten kunnossapidon suunnitelmallisuus sekä huoltojen ennakointi on erittäin tärkeää. Toimivalla kunnossapidolla pystytään ylläpitämään koneiden kuntoa, sekä maksimoimaan koneiden tuotantoajat. Toimiva kunnossapito mahdollistaa taloudellisesti kannattavan toiminnan. Kunnossapito voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen, ennaltaehkäisevään kunnossapitoon sekä korjaaviin kunnossapitotoimiin.

#### 3.1 Ennaltaehkäisevä kunnossapito

Ennaltaehkäisevä kunnossapito tarkoittaa SFS ja PSK standardien mukaan seuraavaa:

*Ehkäisevän kunnossapidon keinoin toteutettuna määrätyn välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä pienennetään vikaantumisen mahdollisuutta tai kohteen toiminnan heikkenemistä (SFS-EN13306:2010)*

*Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.(PSK 60201:2011) (Järviö & Lehtiö 2012, sivu 95)*

Ennaltaehkäisevän kunnossapidon tavoitteena on ylläpitää koneiden ja laitteiden senhetkistä kuntoa sekä pitää yllä mahdollisimman suurta tuottavuutta. Koneen kunnolla on myös suora yhteys tuotettavien tuotteiden laatuun.

Ennaltaehkäisevään kunnossapitoon osallistuu kunnossapito-osaston lisäksi koneiden käyttäjät. Käyttäjät tuntevat käytettävän koneen ja sen normaalin ja epänormaalin toiminnan. Ennaltaehkäisevän kunnossapidon kulmakivenä ovat käyttäjien suorittamat tarkastustoimenpiteet, jotka mahdollistavat nopean puuttumisen mahdollisiin tuleviin vikoihin tai laadun heikkenemisiin. Oikealla ennaltaehkäisevällä kunnossapidolla voidaan koneen käyttöikää kasvattaa sekä ennakoita tulevat kulumiset sekä rikkoutumiset niin, että huoltotoimenpiteet voidaan tehdä suunnitellusti huoltoseisokkien aikana.

Ennaltaehkäisevällä kunnossapidolla mahdollistetaan kunnossapito-organisaation tehokas ja tuottava toiminta. Jos kunnossapito-organisaation toimintatapa on vain

jo tapahtuneisiin asioihin reagointi, ei kunnossapito voi olla tehokasta ja tuottavaa. Ennaltaehkäisevän kunnossapidon avulla voidaan taata prosessin luotettavuus, joka mahdollistaa muun muassa tarkemmat tuotteiden toimitusajat. Ennaltaehkäisevän kunnossapidon laatu määrittelee sen, kuinka hyvin kunnossapitoa voidaan suunnitella ja aikatauluttaa etukäteen. Etukäteen suunniteltu ja aikataulutettu huolto mahdollistaa varaosien ja tarvikkeiden hankinnan jo ennen tarvetta sekä riittävän henkilöstöresurssin työlle. Jos tulevaan vikaan reagoidaan vasta vian vaikuttaessa koneen käyntiin, vaikuttaa se suoraan tuotantoon ja koneen käyttöasteeseen.

### 3.2 Korjaavat kunnossapitotoimet

Korjaaviin kunnossapitotoimiin luetaan toiminnat, jotka tehdään rikkoutuneille tai toiminnaltaan heikentyneille laitteille. Korjaavat kunnossapitotehtävät ovat usein rikkoutuneiden komponenttien vaihto ehjiin tai rikkoutuneen komponentin korjaaminen käyttökelpoiseksi. Korjaava kunnossapito vaatii lähes aina tuotantokoneiden pysäyttämisen kesken suunnitellun tuotannon, joka tekee siitä yleensä huomattavan kallista. Yllättäviin kunnossapitotoimiin joudutaan myös usein hankkimaan tarvittavat varaosat ja välineet vian jo vaikuttaessa tuotantoon. Tämä lisää vian aiheuttamaa seisakkaikaa ja kustannuksia.

### 3.3 Kunnossapito Wipak Oy:n Nastolan tehtaalla

Kunnossapito Nastolan yksikössä on jaettu kahteen osa-alueeseen, joista toinen osa vastaa sähköön liittyvistä korjauksista ja huolloista, ja toinen mekaanisista korjauksista ja huolloista. Molemmilla osilla on oma työnjohtajansa joka vastaa omalta osaltaan töiden jakamisen ja suunnittelun sekä huoltoihin ja korjauksiin tarvittavien resurssien hankinnan. Lisäksi kunnossapidon työnjohdossa toimii kunnossapidon päällikkö, jonka alaisuuteen muut kunnossapidon työnjohtajat kuuluvat, sekä elektroniikka/mekatroniikkainsinööri. Kunnossapidon työnjohto yhdessä tuotannosuunnittelun ja eri osastojen esimiesten kanssa suunnittelee määräaikaishuollot tuotantokoneille. Määräaikaishuoltojen seurantaan ja toteutukseen kunnossapidolla on käytössään oma toiminnanohjausjärjestelmä.

## 4 TUOTTAVA KUNNOSSAPITO – TPM

Perinteisesti kunnossapitoa on pidetty yrityksen kustannuseränä; tätä ajatusta voidaan pitää virheellisenä. Kunnossapito on todellisuudessa tuloa tuova panostus. Tuottavan kunnossapidon kehittämiseen ja ylläpitämiseen on luotu filosofia, jonka lyhenne on TPM. TPM-lyhenne tulee sanoista Total Productive Maintenance, ja se voidaan suomentaa kokonaisvaltaiseksi tuottavaksi kunnossapidoksi. TPM-filosofian lähtökohtana on luoda tuotannon koneille optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpitää niitä. (Laine 2010, sivu 41)

### 4.1 TPM filosofia yleisesti

TPM:n peruseriaatteisiin kuuluu se, että koko yrityksen organisaatio sitoutuu ylläpitämään, kehittämään ja huoltamaan koko tuotantokapasiteettia. TPM:n avulla voidaan kehittää tuotantokoneistoa vastaamaan tulevaisuuden vaatimuksiin, ja tätä kautta saavuttaa parempi tuottavuus koko tuotantolaitokselle.

TPM-prosessin ideana on pitää kaikki ne koneet, joista tuotanto on riippuvainen optimikunnossa ja suorituskyvyt maksimoituna. Tähän päästään, kun koneiden ja laitteiden käyttöhenkilökunta on henkilökohtaisesti ja suoraan vastuussa käyttämiensä koneiden toiminnasta.

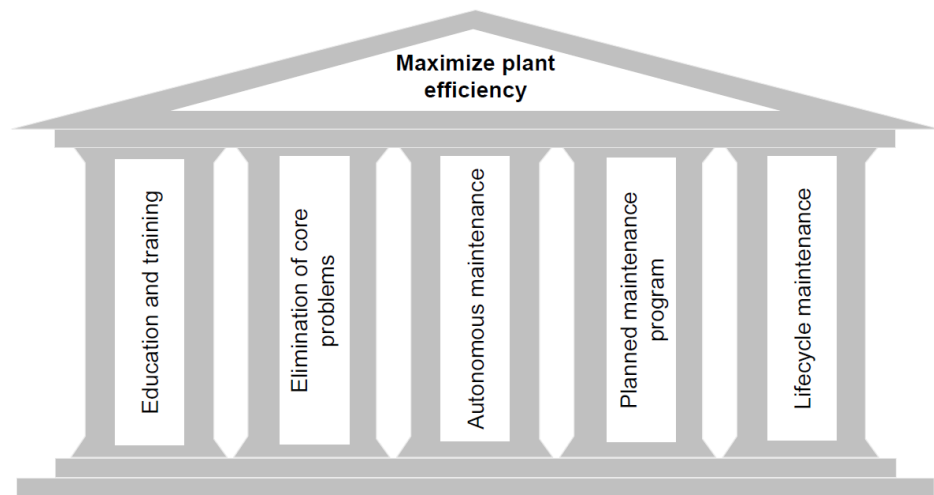
TPM-filosofia korostaa kokonaisvaltaisuutta kolmella eri termillä; kokonaistehokkuus, kokonaiskattavuus ja kokonaisvaltainen osallistuminen. Kokonaistehokkuus tarkoittaa pyrkimystä tehokkuuteen mitattuna taloudellisin mittarein. Kokonaiskattavuudella tarkoitetaan kunnossapitotarpeen pienentämistä sekä huolto- ja korjaustöiden helpottamista rakenteita muuttamalla ja ehkäisevällä kunnossapidolla. Kokonaisvaltainen osallistuminen tarkoittaa koko organisaation osallistumista, häiriötön toiminta on tulos, jonka osatekijöinä ovat kaikki yrityksen osastot ja ihmiset asemasta riippumatta. (IEE Manufacturing engineer 2006.)

## 4.2 TPM filosofian taustaa

TPM-filosofia sai alkunsa Japanissa 1970-luvun lopulla. Sen isänä tunnetaan japanilainen Seiichi Nakajima, jonka oppien viisi peruspilaria seuraavat:

- Lisätään suunnittelun avulla laitteiden tehokkuutta häviötä karsimalla.
- Parannetaan olemassa olevia suunnitellun ja kuntoon perustuvan kunnossapidon tasoa.
- Määritetään vaatimustasot koulutettujen käyttäjien tekemille huolto ja puhdistustöille.
- Lisätään kunnossapidon ja käytön henkilökunnan taitoja ja motivaatiota yksilö- ja ryhmätason koulutuksella.
- aloitetaan ehkäisevät kunnossapitotoimet mukaan lukien suunnittelun ja hankintojen kehittäminen.

(Järviö & Lehtiö 2012, sivu 145)



Kuvio 3. TPM filosofian peruspilarit (LMX Business consulting GmbH 2010)

#### 4.3 Siirtyminen TPM-oppien mukaiseen toimintaan

TPM-kehitysohjelma koostuu kolmesta vaiheesta: kuntovaiheesta, mittausvaiheesta ja kehitysvaiheesta.

Kuntovaiheessa arvioidaan koneiden ja laitteiden kriittisyys kunnossapidon suhteen. Arviointi voidaan suorittaa erilaisilla analyyseillä tai tutkimalla koneiden vikahistorioita. Koneen kunto arvioidaan komponenteittain, tarkasteltavia asioita ovat komponentin kunto ja toiminta sekä vikaantuneen komponentin korjauksen kiireellisyys.

Mittausvaihe tarkoittaa laitehistorian ylläpitoa. Laitehistoria on tehokkaan kunnossapidon tärkeä tukijalka, koska sieltä löytyy koneiden luotettavuuden selvittämiseen tarvittavat tiedot.

Kehitysvaihe jakaantuu kahteen alueeseen, ongelmanratkaisuun ja parhaiden käytäntöjen käyttöönottoon. Ongelmanratkaisuvaiheessa etsitään toimintaa heikentäviä juurisyitä. Syyt yleensä löytyvät joko koneista, käyttäjistä tai kunnossapitäjistä, tai näiden yhdistelmästä. Paras keino ratkaisujen kehittämisessä on ongelmaan perehtyminen, jonka jälkeen ratkaisut yleensä löytyvät helposti. Koulutus ja perehdytys ovat kehitysvaiheen tärkeimpiä osa-alueita. Kehitysvaiheen toinen osa, parhaiden käytäntöjen käyttöönotto, tarkoittaa sitä että projektin aikana uusitut ohjeet ja menettelytavat kootaan ohjeistoksi. (Järviö & Lehtiö 2012, sivut 148-151)

#### 4.4 TPM-filosofia Wipak Oy:llä

Tähän opinnäytetyöhön valittiin yksittäisiä osa-alueita TPM-filosofiasta. Nämä osa-alueet liittyvät kunnossapidon tilojen siisteyden parantamiseen, tulevaisuuteen varautumiseen kriittisten varaosien määrittämisellä ja käytönaikaisella kunnonvalvonnalla, sekä vastuun jakamiseen määrittämällä käyttäjien kunnossapito-ohjeet.

## 5 KUNNOSSAPIDON TILAT JA SIISTEYS

Kunnossapidon tilojen siisteys on merkittävä etu kunnossapidolle, kun tavoitteena on lyhentää tuotantokoneiden seisakkiaikoja. Tilojen siisteyteen kuuluu olennaisena osana TPM-filosofian yhden kulmakiven, 5S:n, periaatteiden mukaisesti suunniteltu järjestys. Lisäksi työskentely siistissä ympäristössä on mukavampaa, mikä osaltaan vaikuttaa positiivisesti työasenteeseen.

### 5.1 Kunnossapidon tilojen merkitys

Kunnossapidon tehokas toiminta edellyttää toimivia tiloja ja välineitä. Korjaus- ja kunnossapitotoimien aikana on lähes poikkeuksetta pysäytettävä korjattava tai kunnostettava kone. Tuotantokoneet eivät tuota seisakkiaikanaan, päinvastoin ylimääräinen seisakkiaika on aina kustannuserä. Jotta kunnossapito olisi mahdollisimman tehokasta, täytyisi kaikki seisakkiaika käyttää koneen kunnostuksen edistämiseen. Kun kunnossapidon tilat ovat siistit ja tarvittavat tarvikkeet sekä varaosat ovat kaikille tutuissa paikoissa, ei ylimääräistä aikaa huku erilaisten varaosien etsimiseen.

### 5.2 Siivousohjeen luonti Wipak Oy:n Nastolan tehtaan kunnossapitoon

Siivousohjeet luotiin jakamalla kunnossapidon tilat eri osiin, joista jokaiselle osalle määrättiin vastuuhenkilö. Tilojen jakaminen pyrittiin tekemään niin, että työmäärä jokaisella osalla olisi suunnilleen sama. Vastuuhenkilöt valittiin eri osille sen mukaan, mitä osia eri henkilöt kunnossapidon tiloista käyttävät eniten. Siivousohjeessa on kuvattu vastuualueen vaatimat toimet sen siistinä pitämiseksi. Vastuuhenkilö kuittaa myös tehdyt työt siivousohjeeseen, jolloin voidaan pitää kirjaa siitä, kuinka hyvin kunnossapidon tiloja on ylläpidetty (liite 1).

## 6 KUNNONVALVONTA VÄRÄHTELYMITTAUKSELLE

Kunnonvalvonnassa yksi käytetyimmistä menetelmistä on värähtelymittaus. Värähtelymittauksella voidaan tutkia lähes kaikkia liikkuvia komponentteja. Erityisen tehokasta värähtelymittaus on laakereiden sekä muiden pyörivien komponenttien mittauksessa. Kunnonvalvonnan peruseräteenä on sen käytettävyys koneiden käytön aikana. Koneiden kriittisten osien kuluneisuutta sekä mahdollisia tulevia rikkoutumisia pystytään tutkimaan värähtelymittauksen avulla koneen käydessä. Näin tapahtuvalla kunnonvalvonnalla pystytään ennakoimaan tulevat tapahtumat sekä reagoimaan niihin jo ennen kuin ne muuttuvat akuuteiksi. Tulevien rikkoutumisten ennakointi on tärkeää koko tuotannon kannalta, yleensä yhden koneen rikkoutuminen sekä sitä seuraava huoltoseisokki vaikuttavat välillisesti muiden koneiden toimintaan. Usein rikkoutuneen koneen kapasiteetti joudutaan korvaamaan muilla tuotannossa olevilla koneilla. Käytönaikaisella kunnonvalvonnalla saadaan lisättyä tehtaan tuottavuutta vähentämällä suunnitelmattomien seisakkien määrää sekä aikaa.

Yleensä värähtelymittauksessa tarkastellaan tutkittavan kohteen siirtymää, kiihtyvyyttä tai nopeutta, joiden matemaattiset yhteydet ovat derivointi ja integrointi. Värähtelymittaus toteutetaan normaalisti taajuusalueella 0 – 1 GHz. Värähtelymittaus voi olla joko jatkuvaa tai jaksottaista. Jatkuvaan värähtelymittaukseen käytetään kiinteitä kiihtyvyyssantureita sekä omaa dataa käsittelevää yksikköä. Jaksottaista värähtelymittausta voidaan suorittaa myös kannettavilla laitteilla, jotka usein kuitenkin eivät ole yhtä tarkkoja kuin kiinteät järjestelmät.

### 6.1 Värähtelymittaus pyörivästä kappaleesta

Värähtelymittaukseen pyörivästä kappaleesta tarvitaan tiedot kappaleen värähtelystä riittävän laajalla spektrillä sekä kappaleen pyörimisnopeus. Värähtelymittaukseen käytetään herkkiä ja laajaspektrisiä kiihtyvyyssantureita, joilla kerätään dataa sitä käsittelevään yksikköön. Data käsitellään suodattamalla siitä tarpeeton tieto pois sekä tekemällä signaalille tarvittavat muunnokset. Dataa käsittelevään yksikköön tuodaan myös yksikön vaatimalla tavalla tutkittavan kappaleen pyörimistieto. Näiden kahden suureen avulla voidaan määrittää

kappaleesta tarvittavia tietoja, jotta sen kuntoa pystytään arvioimaan. Käyttökohteina värähtelymittaukselle ovat laakerit, hammaspyörät, kytkimet, pumput sekä muut pyörivät laitteet.

## 6.2 Laakereiden kunnonvalvonta värähtelymittauksen avulla

Laakeri koostuu neljästä komponentista, ulkokehästä, sisäkehästä, vierintäelimistä sekä vierintäelimien pitimestä. Laakerin pyöriessä jokainen muutos tai virhe laakerin muodossa tai vierintäpinnoissa aiheuttaa tietyn taajuisen värähtelyn. Tämä värähtely on suoraan verrannollinen laakerin geometrian ja pyörimisnopeuden kanssa. Kun tiedetään laakerin pyörimisnopeus ja geometria, voidaan sen aiheuttamasta värähtelystä päätellä laakerin kunto ja mahdollisen vian sijainti laakerissa. Värähtelymittauksen avulla voidaan tunnistaa laakereille ominaiset viat, kuten laakerille liian suuret voimat, ylikuumeneminen, kuluminen, epäkeskeisyys, vääränlainen sovite, kohdistusvirheet, korroosio sekä voitelun puute. (Felten 2003)

Raja-arvot ehjän laakereiden värähtelylle voidaan määrittää käyttämällä ISO-15242-standardia laakereiden värähtelymittauksesta. Kuitenkin usein parhaisiin tuloksiin päästään kokemuksen kautta, mittaamalla laakerin värähtelyä sen kuluessa ja vertaamalla värähtelyn arvoja laakerin kuntoon todelliseen kuntoon. Paras tapa määrittellä ehjän laakerin värähtelyn voimakkuus on vaihtaa valvottava laakeri uuteen ja mittaamalla tämän värähtelyn voimakkuus. IFM on määrittänyt omalla ohjelmistollaan käytettävät raja-arvot laakereiden kokonaisvärinälle (kuvio 4).

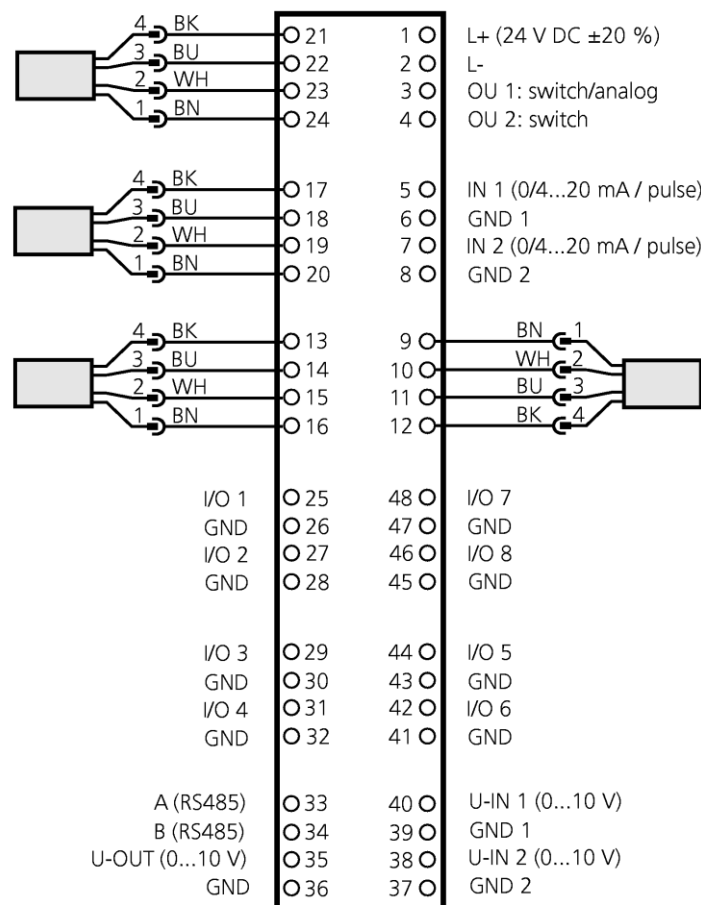
octavis object value Bearing (= BPFO+BPFI+BSF)	120-550 rpm	500-1000 rpm	1000-3000 rpm	3000-12000 rpm
> 550 mg	Red	Red	Red	Red
450 - 550 mg	Red	Red	Red	Red
350 - 450 mg	Red	Red	Yellow	Yellow
250 - 350 mg	Red	Yellow	Yellow	Yellow
150 - 250 mg	Yellow	Yellow	Green	Green
50 - 150 mg	Yellow	Green	Green	Green
0 - 50 mg	Green	Green	Green	Green

KUVIO 4. Laakerin kokonaisvärinän raja-arvot. (IFM 2013b)



## 7 KÄYTÖNAIKAINEN KUNNONVALVONTA VÄRÄHTELYMITTAUKSEN AVULLA WIPAK OY:LLÄ

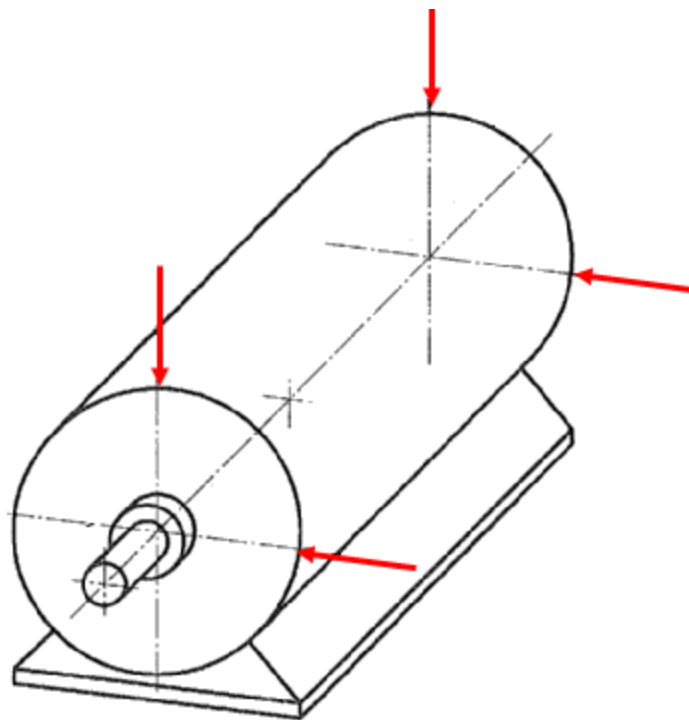
Työhön valittiin kunnonvalvontajärjestelmäksi Ifm:n valmistama diagnostiikkajärjestelmä. Tämä järjestelmä koostuu VSE100-diagnostiikkayksiköstä sekä siihen liitettävistä VSA001-kiihtyvyyssantureista. Kyseinen järjestelmä valittiin sen helpon asennuksen sekä laajennettavuuden takia. VSE100-diagnostiikkayksikköön voidaan liittää yhteensä neljä kiihtyvyyssanturia, joten yhdellä yksiköllä voidaan luotettavasti valvoa neljää laakeria. Laitteessa on kaksi hälytyslähtöä sekä kahdeksan digitaalista ohjelmoitavaa tulo/lähtöä. Lisäksi yksikköön voidaan kytkeä kaksi kierroslukutuloa sekä siinä on analogialähtö. Kierroslukutieto voidaan tuoda laitteelle pulssimuodossa, 0 – 10 V jänniteviestinä tai 0/4 – 20 mA:n virtaviestinä (kuvio 5). Diagnostiikkayksikkö on ohjelmoitavissa omalla Ifm efector octavis -ohjelmistolla. (IFM 2013.) (Eklund 2012.)



KUVIO 5. VSE100 kytkentäkaavio. (IFM 2013b.)

Diagnostiikkayksikössä on kaksi hälytyslähtöä, jotka voidaan kytkeä esimerkiksi valvottavaa konetta ohjaavaan logiikkaan. Työssäni hälytyslähtöjä käytettiin ohjaamaan merkkivaloja, joilla saatiin aikaiseksi matalamman ja korkeamman tason hälytykset erivärisillä merkkivaloilla. Kunnonvalvontajärjestelmän parametointi sekä monitorointi tapahtuu laitteessa olevan ethernet-liitännän kautta. Laite on kytkettävissä lähiverkkoon, ja sillä on oma ip-osoite. Laitetta voidaan myös parametroida ja monitoroida suoraan pc:llä ethernet-liitännän kautta ristiinkytketyllä ethernet kaapelilla. (Eklund 2012.)

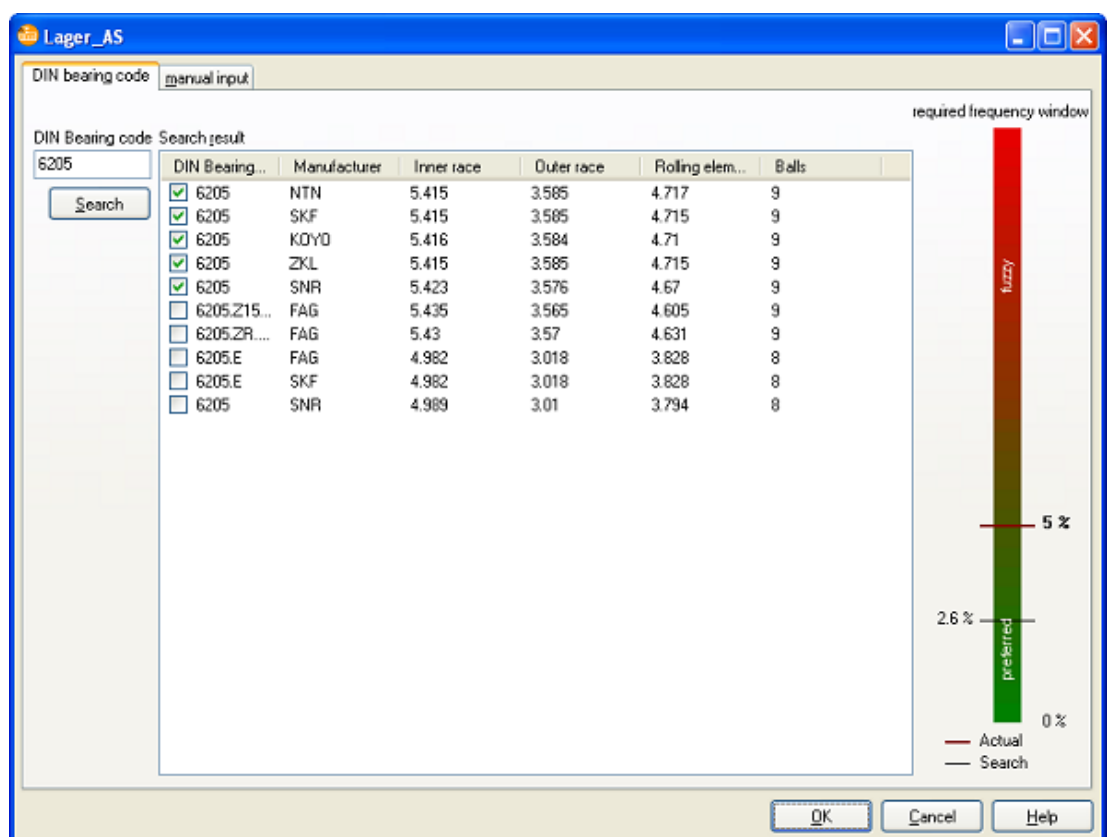
Värähtelyanturit asennettiin valvottavien sähkömoottoreiden runkoon kiinteästi. Anturit tulee asentaa kohtisuoraan valvottavan laakerin akselia kohti (kuvio 6). Anturit kiinnitettiin niissä olevalla standardi M8x1,25 kierteellä moottoreihin tehtyihin asennuspisteisiin.



KUVIO 6. Antureiden kiinnitys moottoriin. (IFM 2013a.)

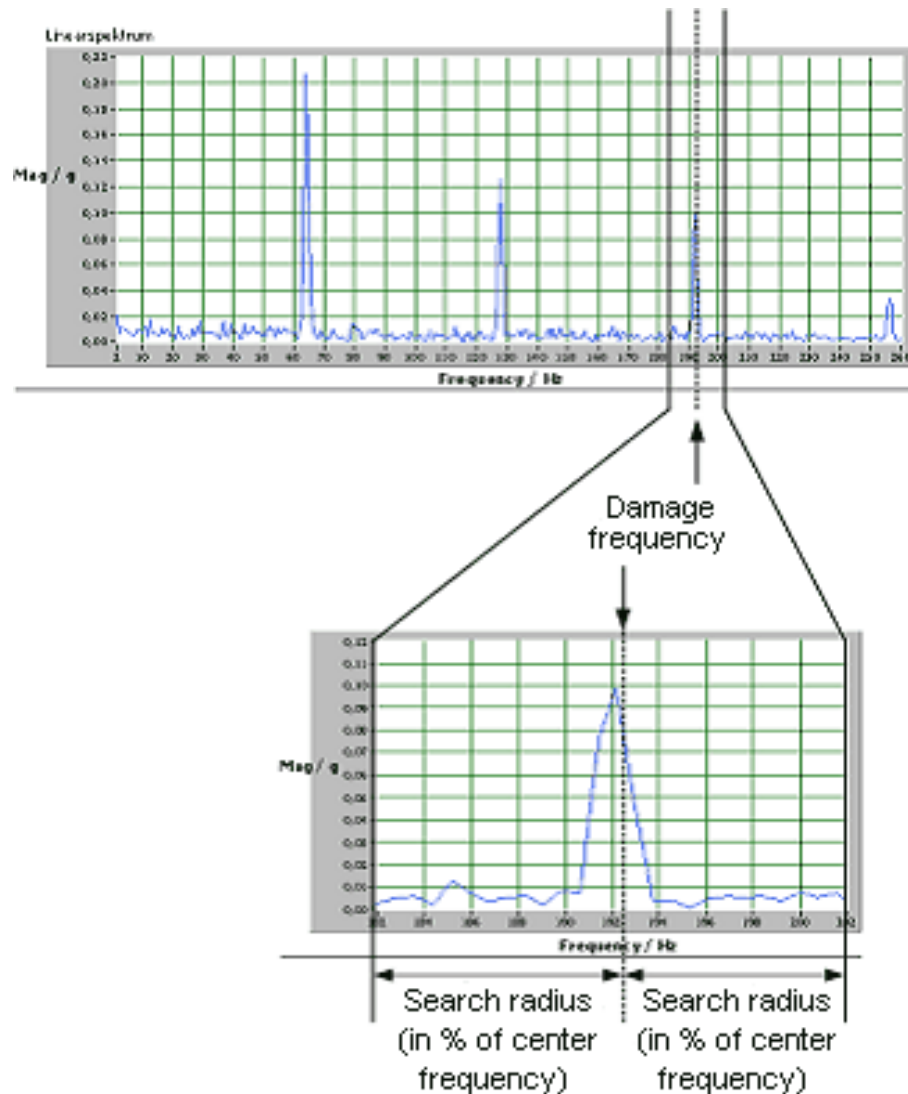
Diagnostiikkayksikkö tarvitsee anturitulojen lisäksi nopeustiedon, tässä tapauksessa valvottavien sähkömoottorien kierrosnopeuden. Nopeustieto voidaan tuoda virta-, pulssi-, tai jänniteviestinä. Työssäni nopeustieto tuotiin moottoreita käyttävältä taajuusmuuttajalta jänniteviestinä. Jänniteviesti skaalataan laitteistoon sen omalla ohjelmistolla vastaamaan moottorin todellista pyörimisnopeutta.

Jotta laakereiden kunnonvalvonta onnistuu, täytyy jokainen valvottava laakeri opettaa diagnostiikkayksikölle erikseen. Tämä tapahtuu erillisellä ohjelmistolla. Laakereista on tiedettävä sen mitat sekä vierintäelinten määrä. Ifm:n ohjelmistossa on kattava laakerikirjasto, josta löytyy laakerityypin mukaan laakereiden tarvittavat mitat (kuvio 7). Koska samalla laakerityypillä on valmistajakohtaisia eroja, voidaan laakeritaulukosta valita useampi tarkasteltava kohde. Mitä enemmän valitut laakerit eroavat toisistaan, sitä laajemmalla spektrillä kyseistä laakeria tarkastellaan. Tämä aiheuttaa epätarkkuutta laakerin kunnonvalvontaan, joten paras olisi valita juuri kyseessä oleva laakerityyppi ja valmistaja.



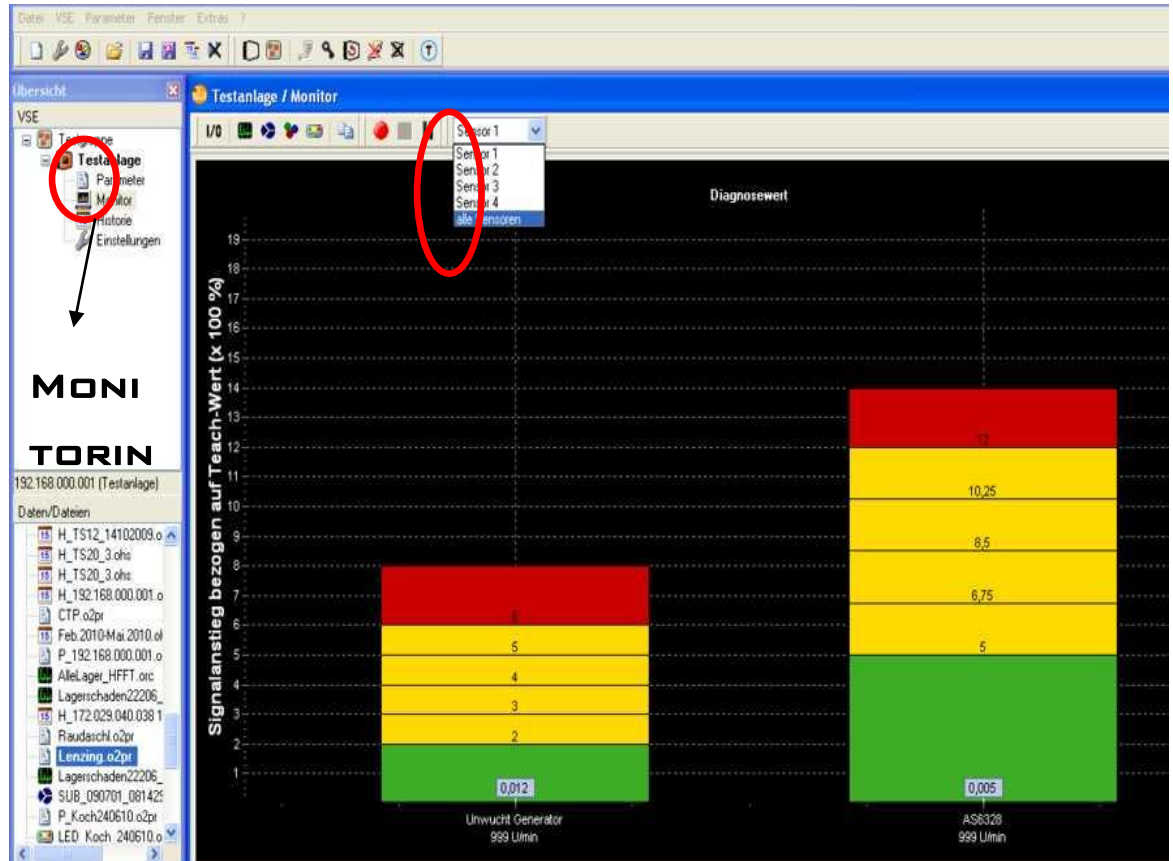
KUVIO 7. Laakerityypin valinta IFM efector octavis -järjestelmässä. (IFM 2013a.)

Järjestelmän kiihtyvyyssanturit mittaavat aikatasosignaalia, tässä tapauksessa laakerin siirtymää kohtisuoraan akselia vastaan tiettyinä ajankohtana. Aikatasosignaalille tehdään laitteen keskusyksikössä Fourier muunnos, jolla päästään aikatasosta taajuustasoon eli spektriin. Fourier muunnos tapahtuu FFT-laskennalla (Fast Fourier Transformation). Riippuen laakerin tyypistä ja sen pyörimisnopeudesta, ohjelmisto määrittelee tarkasteltavat värähtelyn taajuudet, jotka vastaavat laakeri eri osien aiheuttaman värähtelyn taajuuksia (kuvio 8).



KUVIO 8. Värähtelyn spektrin tarkasteltava alue. (IFM 2013a.)

Käyttäjää määrittelee tarkasteltavan kohteen normaalin värähtelyn voimakkuuden, ja määrittää kuinka moninkertaisilla arvoilla normaaliin värähtelyyn nähden laite hälyttää. Näin voidaan monitoroida useaa eri kohdetta samanaikaisesti samassa kuvaajassa. Kuvaajan yksikkönä tässä tapauksessa on normaaliksi määritellyn värähtelyn monikerta (kuvio 9).



KUVIO 9. Eri komponenttien kunnan seuranta samassa kuvaajassa. (IFM 2013a.)

Laitteessa on myös oma historiamuisti, johon voidaan tallentaa haluttuja tietoja tietyn ajan välein. Omassa työssäni laitteisto tallentaa tiedot moottoreiden pyörimisnopeudesta, valvottavien laakereiden kokonaisvärinästä, moottorin kokonaisvärinästä sekä moottorin epätasapainon aiheuttamasta värinästä. Näin hälytyksen tapahtuessa voidaan historiatiedoista tutkia mahdollisia hälytyksen aiheuttaneita tekijöitä.

Tällä laitteistolla pystytään havaitsemaan laakereihin tulevat viat tai laakerivikoja aiheuttavat tapahtumat, kuten suurentunut kokonaisvärinä tai pyörivien komponenttien epätasapaino. Laitteistolla voidaan myös seurata tutkittavien kohteiden kunnon muutoksia eri ajan hetkillä, jolloin voidaan paikallistaa mahdollisia komponentteja rikkovia tai kuluttavia tapahtumia.

## 8 KÄYTTÄJIEN SUORITTAMA KUNNOSSAPITO

Kunnossapito ei tarkoita pelkästään oman kunnossapito-osaston suorittamia toimia, vaan kunnossapito kuuluu myös koneiden käyttäjille. TPM-filosofian yksi tärkeimmistä elementeistä on käyttäjien aktiivinen osallistuminen koneiden huoltamiseen. Koneenkäyttäjien kunnossapidon perusajatuksena on ottaa käyttäjät mukaan ja sitouttaa heidät kunnossapitoon, sillä heillä on usein tuorein ja paras tieto koneen toiminnasta. Käyttäjille siirretään erilaisia huoltotehtäviä, joita tehdessään he suorittavat tarvittavat tarkastukset. Käyttäjien kunnossapito tarkoittaa koneen kunnon ylläpitämistä eikä juurikaan korjaavia kunnossapitotoimia.

Koneilla, joilla on useita eri käyttäjiä, on tärkeää pitää listaa tehtävistä ja tehdyistä kunnossapitotoimista, jotta tarvittavat kunnossapitotoimet tulee tehdyksi aina samalla syklillä ja saman lailla. Kun kunnossapito on etukäteen suunniteltua sekä tehdyistä toimista pidetään kirjaa, on kunnossapito jatkuvaa.

Käyttäjien suorittamaan kunnossapitoon kuuluvat seuraavat osa-alueet:

- perusteellinen puhdistaminen
- ympäristön siistiminen
- työpaikan järjestyksen varmistaminen
- käyttöhenkilöstön suorittamat tarkastukset
- käyttäjien osallistuminen koneen kunnossapitoon osana käynnissäpitoa
- käyttäjien osallistuminen koneen kausihuoltoihin

(Järviö & Lehtiö, sivu 152-157)

Tässä työssä käyttäjien kunnossapito-ohjeiden luonti aloitettiin kartoittamalla käyttäjillä jo olleet kunnossapidon seurantalistat, jotka päivitettiin vastaamaan nykyisiä vaatimuksia ja menetelmiä. Kunnossapidon seurantalistojen päivitys tapahtui käymällä jokainen tuotantokone kone yksi kerrallaan läpi. Tämä pyrittiin ajoittamaan huoltoseisokkien aikaan, jolloin huoltohenkilökunnan avustuksella merkittiin seurantalistoille kaikki mahdolliset käyttäjien huoltokohteet. Erityistä

huomiota annettiin kohteille, jotka ennalta tiedettiin vaativan enemmän huoltoa ja joiden kanssa oli jo aikaisemmin ollut ongelmia. Osaltaan hyödynnettiin myös tähän opinnäytetyöhön liittyvää kriittisten varaosien määrittelyä. Käyttäjille mahdollisia kunnossapitotoimia suunniteltiin osastojen käyttöinsinöörien kanssa kriittisten varaosien määrittelyn yhteydessä.

Kun kunnossapidon seurantalista oli päivitetty, tehtiin niiden pohjalta kuvalliset kunnossapito-ohjeet (liite 2) jokaiselle tuotantokoneelle. Jokainen kunnossapidon kohde kuvattiin, ja ohjeisiin kirjoitettiin tarvittavat toimenpiteet sekä välineet toimenpiteen suorittamiseksi. Olemassa olevat kunnossapitovälineet kartoitettiin osastoittain, ja osastoille hankittiin tarvittavat lisävälineistöt, jotta kunnossapito-ohjeita pystytään toteuttamaan.

Kunnossapito-ohjeet käytiin läpi osastoittain, ja käyttäjät koulutettiin toimimaan kunnossapito-ohjeiden mukaisesti. Kunnossapito-ohjeiden kouluttamisvaihe aloitettiin pussiosastolta, ja sitä jatketaan muille osastoille lähitulevaisuudessa.



## 9 KRIITTISTEN VARAOSIEN MÄÄRITTELY

Kriittisillä varaosilla tarkoitetaan varaosia, jotka ovat verrattain hankalasti saatavilla ja jotka ovat välttämättömiä koneen käytölle. Kriittiset varaosat tulisi määrittää niin, että tiedossa on varaosan toimittaja, toimitusaika sekä hinta. Lisäksi tulisi määrittää, mitkä varaosat on pidettävä omassa varastossa ja mitkä tilataan vasta tarvittaessa. Tähän vaikuttavat erityisesti osien toimitusaika ja hinta. Kun kriittiset varaosat ovat tiedossa, voidaan paremmin varautua odottamattomiin seisakkeihin sekä lyhentää niiden kestoaikaa.

Kriittisten varaosien määrittäminen on olennaista, jotta voidaan tehdä oikeita varastointipäätöksiä. Osien kriittisyyden arviointiin ei kuitenkaan ole juurikaan olemassa käyttökelpoisia laskennallisia menetelmiä, joten luokittelu on aina tehtävä ainakin osittain manuaalisesti. Varaosien kriittisyyden luokittelussa on tuotantolaitteiden tekninen tuntemus välttämätöntä. Kriittisten varaosien tunnistamisella ja luokittelulla mahdollistetaan järkevä varaosavarastointi.

### 9.1 Varaosien luokitteluperiaatteita

Varaosat voidaan määrittellä alakategorioihin seuraavasti: kulutustarvikkeet, yleiset varaosat, erikoisvaraosat ja strategiset varaosat. Kulutustarvikkeisiin kuuluvat jatkuvasti ja tasaisesti käytettävät tarvikkeet, kuten öljyt, suodattimet ja puhdistusaineet. Yleisiä varaosia ovat sellaiset varaosat, joita voidaan käyttää useassa eri tuotantokoneessa, kuten erilaiset venttiilit, sylinterit, laakerit ja kytkimet. Yleisille varaosille on tyypillistä se, että niitä voidaan hankkia usealta eri toimittajalta. Erikoisvaraosat ovat osia, joilla on tietty käyttökohde. Nämä osat tyypillisesti hankitaan tuotantokoneen toimittajalta tai edustajalta. Strategisten varaosien tarvetta on usein vaikea ennustaa, ne ovat kalliita ja niiden toimitusaika on usein pitkä. Tällä luokittelulla voidaan karkeasti arvioida eri varaosien kriittisyyttä.

Kulutustarvikkeiden ja yleisten varaosien varastointi on yleensä järkevää niiden suuren, kohtalaisen tai jatkuvan menekin vuoksi. Erikois- ja strategisten varaosien varastointiin taas vaikuttaa osan kriittisyys koneen tai koko tehtaan toiminnalle. Jos osa on tuotantoprosessille kriittinen tai osa on koneesta joka on määritelty

kriittiseksi, kannattaa se usein varastoida. Muissa tapauksissa riittää yleensä se, että tiedetään osan toimittaja ja osan toimitusaika. Näin tarpeen vaatiessa voidaan osa tilata nopeasti.

Varaosien kriittisyyden määrittämiseen on olemassa myös kolmiportainen luokittelumenetelmä, VED-menetelmä. VED-menetelmän nimi tulee sanoista Vital, Essential ja Desirable. Vital kategoriaan varaosat ovat ”elintärkeitä”. Tällaisen osan hajoaminen pysäyttää koko tuotantoprosessin, jos korvaavaa osaa ei ole saatavilla. Osat, jotka määritellään kategoriaan Essential, ovat tärkeitä, mutta osan puute ei pysäytä tuotantoprosessia kokonaan. Jos varaosan puuttumisella ei ole välitöntä vaikutusta tuotantoprosessiin, määritellään se kategoriaan Desirable. (Hankintalehti 2010.)

## 9.2 Kriittisten varaosien määrittäminen Wipak Oy:llä

Kriittiset varaosat määriteltiin konekohtaisesti. Apuna määrittelyssä käytettiin olemassa olevaa huoltohistoriaa, kunnossapidon henkilöstöä sekä eri osastojen käyttöinsinöörejä. Työ aloitettiin tutustumalla jokaiseen koneeseen osaston käyttöinsinöörin kanssa, jolloin kirjattiin jokainen koneen käynnin kannalta kriittinen osa.

Kriittisten komponenttien selvityksen jälkeen kriittisiksi varaosiksi määriteltiin osat, joiden saatavuus on heikko tai vaihteleva. Lisäksi kriittiseksi varaosaksi määriteltiin kriittiset komponentit, joiden toimitusaika on niin pitkä, että komponentin rikkoutuessa tai sen ominaisuuksien heiketessä vastaavan komponentin saantiin tehtaalte kuluva aika aiheuttaisi tuotannolle ongelmia. Tässä työssä varaosien kriittisyyteen vaikutti siis pelkän komponentin toimitusajan ja hinnan lisäksi koko koneen toiminnan kriittisyys. Näin ollen eri koneiden komponenttien kriittisyyden määritelmä vaihtelee suuresti.

Kirjatuista kriittisistä varaosista tehtiin Excel-lista (liite 3), johon kerättiin varaosien tilaukseen tarvittavat tiedot, eli varaosan nimi, tyyppi ja toimittaja. Lisäksi listaan kirjattiin tiedot varaosien saatavuudesta. Kaikkia kriittiseksi määriteltyjä varaosia ei kuitenkaan ole tarkoitus pitää omassa varastossa, vaan kriittisten varaosien lista nopeuttaa varastoimattomien kriittisten varaosien tilausta sekä mahdollistaa tiedon tulevan seisakin pituudesta.

## 10 YHTEENVETO

Työni tärkeimpänä tavoitteena oli tuotantokoneiden seisakkiaikojen lyhentäminen, josta erityisesti suunniteltujen seisakkiaikojen ulkopuolisen seisakkiajan lyhentäminen. Tätä tavoitetta lähestyttiin TPM-filosofian avulla tärkeimmiksi oletettujen osa-alueiden kautta.

Tämän työn kriittiseksi määriteltyjen sähkömoottoreiden automaattisella kunnonvalvonnalla voidaan ehkäistä tulevia seisakkiaikoja tärkeällä tasokalvokoneella. Järjestelmällä pystytään havaitsemaan sähkömoottorien laakereiden tulevat viat ennen kuin ne vaikuttavat tuotantoon.

Kriittisten varaosien listauksen ansiosta pystytään jatkossa vastaamaan paremmin tuleviin varaosatarpeisiin ja täten lyhentämään tulevia suunnittelemattomia huoltoseisokkeja. Kriittisten varaosien listalle listattiin osia yhteensä 36:sta eri tuotantokoneesta.

Luoduilla käyttäjien huolto-ohjeilla ja huoltojen seurantalistoilla voidaan ylläpitää koneiden kuntoa, ja käyttäjien suorittamien säännöllisten tarkistusten avulla pystytään havaitsemaan ja puuttamaan alkaviin vikoihin jo ennen kuin ne vaikuttavat tuotantoon. Huolto-ohjeita luotiin yhteensä 43 eri koneelle, alkaen pussiosaston pussikoneista aina perustuotannon suuriin kalvokoneisiin asti.

Kaikilla opinnäytetyöhön valituilla osa-alueilla pystytään vaikuttamaan positiivisesti opinnäytetyön päätavoitteeseen, eli tuotantokoneiden huoltoseisokkien ulkopuolisen seisokkiajan lyhentämiseen.

## LÄHTEET

IFM. 2013a. VES003 Manual.

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

Laine, H. 2010. Tehokas Kunnossapito – tuottavuutta käynnissäpidolla. Helsinki: KP-Media Oy.

LMX Business Consulting GmbH. 2010. Overview, Total productive maintenance – TPM.

SFS-ISO 15242. 2004. Rolling bearings - Measuring methods for vibration. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto

Felten, D. 2003. Understanding Bearing Vibration Frequencies [viitattu 5.3.2013]. Saatavissa:

<http://electromotores.com/PDF/InfoT%C3%A9cnica/EASA/Understanding%20Bearing%20Vibration%20Frequencies.pdf>

Hankintahetki. 2010. Varaosien varastonhallinta - Huolellinen luokittelu kannattaa [viitattu 7.3.2013]. Saatavissa:

[http://www.hublogistics.fi/pdf/hub\\_hankintahetki\\_0110.pdf](http://www.hublogistics.fi/pdf/hub_hankintahetki_0110.pdf)

IEE Manufacturing engineer. 2006. Keeping the wheels turning. [viitattu 15.1.2013]. Saatavissa:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1603944>

IFM. 2013b. VSE100 Datasheet [viitattu 4.3.2013]. Saatavissa:

<http://www.ifm.com/products/uk/ds/VSE100.htm>

Meggitt. 2011. Bearing faults that can be detected with vibration monitoring [viitattu 12.2.2013]. Saatavissa:

<http://www.wilcoxon.com/knowdesk/Bearing%20defects.pdf>

Wipak Oy. 2013a. Wipak Group [viitattu 18.3.2013]. Saatavissa:

[http://www.wipak.com/company/group/en\\_GB/index/](http://www.wipak.com/company/group/en_GB/index/)

Wipak Oy. 2013b. Intranet [viitattu 10.2.2013]. Saatavissa: Wipak Oy:n intranet.

<http://wwihgrpsrv023:83/Nastola/Pages/default.aspx>

Wihuri Oy. 2013a. Toimialat [viitattu 18.3.2013]. Saatavissa:

[http://www.wihuri.fi/toimialat/fi\\_FI/etusivu/](http://www.wihuri.fi/toimialat/fi_FI/etusivu/)

Wihuri Oy. 2013b. Organisaatio [viitattu 18.3.2013]. Saatavissa:

[http://www.wihuri.fi/konserni/fi\\_FI/organisaatio/](http://www.wihuri.fi/konserni/fi_FI/organisaatio/)

Wihuri Oy. 2013c. Aarnio [viitattu 18.3.2013]. Saatavissa:

[http://www.wihuri.fi/toimialat/fi\\_FI/aarnio/](http://www.wihuri.fi/toimialat/fi_FI/aarnio/)

Wihuri Oy. 2013d. Tekninen Kauppa [viitattu 18.3.2013]. Saatavissa:

[http://www.wihuri.fi/toimialat/fi\\_FI/tekninen\\_kauppa/](http://www.wihuri.fi/toimialat/fi_FI/tekninen_kauppa/)

Wihuri Oy. 2013e. Erityistoimialat [viitattu 18.3.2013]. Saatavissa:

[http://www.wihuri.fi/toimialat/fi\\_FI/erityistoimialat/](http://www.wihuri.fi/toimialat/fi_FI/erityistoimialat/)

Wihuri Oy. 2013f. Pakkausteollisuus [viitattu 18.3.2013]. Saatavissa:

[http://www.wihuri.fi/toimialat/fi\\_FI/pakkausteollisuus/](http://www.wihuri.fi/toimialat/fi_FI/pakkausteollisuus/)

Eklund, D. 2012. Ifm kunnonvalvontalaitteistojen esittely. 13.11.2012.

## LIITTEET

Kaikki liitteet ovat salaisia.