

Kaija Hypén

KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA

Insinööri
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne
Kone- ja tuotantotekniikka
Kevät 2010



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Kaija Hypén	
Työn nimi Kunnossapitosuunnitelma	
Vaihtoehtoiset ammattipinnot Kunnossapito Tuotannon johtaminen	Ohjaaja(t) Mikko Heikkinen Toimeksiantaja Katera Steel Oy
Aika Kevät 2010	Sivumäärä ja liitteet 47+2
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli laatia kunnossapitosuunnitelma työn tilaajalle, Katera Steel Oy:lle. Suunnitelma käsittää Katera Steel Oy:n koneet ja laitteet, liikkuvan kaluston sekä tilat. Katera Steel Oy:llä ei ole aiemmin ollut käytössään kattavaa kunnossapitosuunnitelmaa, mutta sen laatiminen tuli ajankohtaiseksi yrityksen muuttaessa uusiin tiloihin Kajaaniin.</p> <p>Työn teoriaosassa käsitellään kunnossapidon käsitteitä sekä vikaantumista. Teoriaosassa perehdytään laajalti Reliability Centered Maintenance -strategiaan, joka valittiin kunnossapitosuunnitelman perustaksi. Lisäksi käsitellään ennaltaehkäisevää kunnossapitoa sekä laatu- ja talousnäkökulmia.</p> <p>Insinööriyön soveltamisosassa käydään läpi niitä toimenpiteitä, joita kunnossapitosuunnitelman käyttöönotossa suositellaan tulevaisuudessa tehtäväksi. Siinä määritellään muun muassa suunnitelman kohteet sekä niille pääasiassa tehtävät toimenpiteet. Tuloksena ovat siis muutokset yrityksen kunnossapidossa, toimenpiteet tullaan tekemään tulevaisuudessa.</p> <p>Nykyään yritysten on syytä panostaa kunnossapitoon muun muassa turvallisuus- sekä taloudellisuussyistä. Mikäli kunnossapitoon ei laiteta resursseja, kustannukset voivat lopulta kohota huomattavasti korkeammiksi kuin suunnitellussa kunnossapidossa. Näin ollen kunnossapitosuunnitelman laatimisesta on etua yritykselle.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Kunnossapito, RCM, Ehkäisevä kunnossapito
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Kaija Hypén	
Title A Maintenance Plan	
Optional Professional Studies Maintenance Production Management	Instructor(s) Mr Mikko Heikkinen, Senior Lecturer
	Commissioned by Katera Steel Oy
Date Spring 2010	Total Number of Pages and Appendices 47+2
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Katera Steel Oy. The purpose was to create a maintenance plan which improves the maintenance procedures of the company. This thesis includes all machines and devices, rolling stocks and premises of Katera Steel Oy.</p> <p>Before this Katera Steel Oy had not had a comprehensive maintenance plan. The first stage was to collect information about machines, devices, rolling stocks and premises which were included in this thesis. Secondly existing maintenance methods were studied. Considering the need of the company, Reliability Centered Maintenance was chosen to promote the maintenance situation of Katera Steel Oy. The theoretical part of this thesis contains mostly Reliability Centered Maintenance and preventive maintenance operations.</p> <p>As a result Reliability Centered Maintenance was found idealistic because in this case the company requires that production is reliable. The most important objective was that this maintenance plan fulfills the individual preconditions of every object.</p> <p>This study includes the recommendations, but the implementation remains to be worked out later. However this thesis includes important data which will be used when improving the maintenance process of the company.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Maintenance, Reliability Centered Maintenance
Deposited at	<input type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Aluksi haluan kiittää Katera Steel Oy:n tuotannosta vastaavaa Kari Jauhiaista mielenkiintoisesta insinööriyön aiheesta, ohjauksesta ja siitä, että sain toteuttaa työni Katera Steel Oy:lle. Haluan kiittää Mikko Heikkistä ohjauksesta ja avusta työtä suoritettaessa. Kiitos kielellisestä ohjauksesta kuuluu Eero Soiniselle sekä Kaisu Korhoselle. Kiitokset myös läheisilleni, erityisesti avomiehelleni ja vanhemmilleni tuesta opiskeluni ja insinööriyön eri vaiheissa.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 KATERA STEEL OY	2
2.1 Työn lähtökohdat ja tavoitteet	3
2.2 Työhön sisältyvät elementit	3
3 KUNNOSSAPIDON KÄSITTEITÄ	5
3.1 Standardit	5
3.2 Kunnossapidon määritelmiä	5
3.3 Vikaantuminen	6
3.4 Korjaava kunnossapito	8
3.5 Ehkäisevä kunnossapito	9
3.5.1 Käyttöseuranta	10
3.5.2 Jaksotetut huollot	11
3.5.3 Kunnonvalvonta	12
4 RCM – RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE	16
4.1 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito	16
4.2 RCM:n historiaa lyhyesti	17
4.3 Aikaan sekä satunnaisuuteen perustuvat vikaantumismallit	18
4.4 RCM:n tavoitteet	22
4.5 Kunnossapidon määrittäminen ja resurssit	23
4.6 Prosessi	24
4.6.1 Toimintahäiriöt ja vikaantuminen	25
4.6.2 Vikojen vaikutukset ja seuraukset	26
4.6.3 Työtehtävien suunnittelu	28
4.7 Vaiheet RCM: n käyttöönottoprosessissa	28
5 LAATU JA TALOUDELLISUUS KUNNOSSAPIDOSSA	31
5.1 Laatu	31
5.2 Palvelu	32
5.3 TQM – Laatujohtaminen	34
5.4 Talous	34

6 KUNNOSSAPITOSUUNNITELMAN TOTEUTUS	36
6.1 Työn alkusuunnittelu	36
6.2 Työhön sisältyvien kohteiden määrittely	36
6.3 Menetelmien määrittely	38
6.4 Ohjeita kunnossapitosuunnitelman käyttöönottoa varten	39
6.4.1 Koulutus, priorisointi ja riskianalyysi	39
6.4.2 Vikaantumismekanismien huomioiminen ja raportointi	40
6.4.3 Vikaantumisen hallinta	42
6.5 Käyttöönoton tapahtumaketju	43
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	45
8 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	
LIITTEET	

SYMBOLILUETTELO

FAA	Federal Aviation Agency, Yhdysvaltain ilmailuvirasto.
ISO-9000	Laadunhallintaa käsittelevä kansainvälisten standardien ja ohjeiden sarja.
LCC	Life Cycle Costs. Elinjakson kustannusanalyysi.
NDT	Ainettarikkomattomat mittaukset.
PDCA	Demingin luoma malli, Demingin laatuympyrä.
PSK 6201	Kansallinen standardi. Kunnossapito, Käsitteet ja määritelmät.
RCM	Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito.
RCM2	Vaihtoehtoinen nimi John Moubrayn RCM: n pohjalta kehittämälle ohjelmalle, joka soveltuu teollisuuden tarpeisiin.
SFS-EN 13306	EU-standardi, kunnossapitosanasto.
TAC	Total Asset Care. Päämääränä suunnitella tuotantolaitoksen toimintatilan, että liiketoiminnalliset tavoitteet saavutetaan samalla kustannuksella minimoiden.
TPM	Total Productive Maintenance. Tuottava kunnossapito.
TQM	Total Quality Management. Laatujohtaminen. Kokonaisvaltainen laatujohtamisen malli.

1 JOHDANTO

Kunnossapidon merkitys yrityksille on nykyään suuri. Kunnossapito on tärkeää, esimerkiksi koska yritysten tuotantoon ei haluta turhia katkoja ns. turhien laiterikkojen takia. On huomioitava, että heikko kunnossapito voi aiheuttaa monenlaisia ongelmia, kuten mainittuja laiterikkoja, työn jäljen heikentymistä ja näin ollen viivästymisiä sekä pitkiäkin seisokkeja, jotka ovat yrityksille kalliita.

Insinööriyön aiheena oleva kunnossapitosuunnitelma tehdään Katera Steel Oy:lle, joka on alun perin otanmäkeläinen koneiden ja laitteiden järjestelmätoimittaja. Yrityksellä ei ole aiemmin ollut käytössään kattavaa kunnossapitosuunnitelmaa. Nyt yritykselle halutaan luoda kunnossapitosuunnitelma, joka vastaa yrityksen tarpeisiin ja on käytännössä toimiva. Syynä kunnossapidon kehittämiseksi on se, että yrityksessä halutaan varmuutta tuotannon volyymin säilyttämiseksi. Lisäksi kunnossapidon tilannetta halutaan selkiyttää. On tärkeää myös tietää koneiden ja laitteiden tila, jotta oikeat toimenpiteet osataan kohdistaa oikeille koneille oikeaan aikaan.

Tässä insinööriyössä käsitellään kunnossapidon käsitteitä sekä vikaantumista. Lisäksi tutkitaan, mitkä toimenpiteet palvelevat Katera Steel Oy:n tarpeita. Työssä käsitellään laajemmalti ennaltaehkäisevää kunnossapitoa sekä Reliability Centered Maintenance-strategiaa (RCM). Työhön sisältyy yrityksen koneet ja laitteet, tilat sekä liikkuva kalusto.

2 KATERA STEEL OY

Katera Steel Oy polveutuu Hitsaus ja levytakomo Ky -nimisestä otanmäkeläisestä metalliverstaasta. Hitsaus ja levytakomo Ky:n perusti vuonna 1961 Esa Jauhiainen, jonka jälkeläiset toimivat edelleen yrityksen johdossa sekä palveluksessa. Aluksi yritys toimi metalliverstaana ja se valmisti muun muassa metsäoja-auroja ja teräsveneitä sekä teollisuuden teräsrakenteita. Tätä nykyä toimitusjohtajana toimii Markku Jauhiainen. Yrityksen liikevaihto on n. 5 miljoonaa euroa. Henkilöstöä Katera Steel Oy:n palveluksessa on tällä hetkellä n. 40. [1.]

Katera Steel Oy:n toimiala on laajentunut Hitsaus ja levytakomo Ky:n ajoista. Nykyään yritys on koneiden ja laitteiden järjestelmätoimittaja. Osavalmistus, hitsauskokoontaminen, koneistus, pintakäsittely sekä loppukokoontaminen sähkö- ja hydraulikkatöineen kuuluvat yrityksen osaamiseen. Yrityksen referenssejä ovat esimerkiksi raepuhallusrobotit Blastman Robotics Oy:lle sekä laitetilat VR-Rata Oy:lle. Suurimpiin asiakkaisiin lukeutuvat myös jätteenkäsittelylinjoja suunnitteleva Cross Wrap Oy ja lentokenttämastoja tuottava Exel Composites Oy. [1.]

Katera Steel Oy:n tytäryhtiö on nimeltään Debomix Oy, jonka juuret ovat myös Otanmäessä. Vuonna 1995 perustetun Debomix Oy:n toimialana on koneistusalihankinta. Yrityksen suurimpiin asiakkaisiin lukeutuvat muun muassa Transtech Oy, Normet Oy ja Farmi Forest Oy. Vuoden 2008 liikevaihdoksi on ilmoitettu n. 1,2 miljoonaa euroa vuodessa. Yrityksen palveluksessa olevaa henkilöstöä on samana vuonna ilmoitettu olevan kymmenen henkilöä. [2.]

Katera Steel Oy on toiminut alkuvuoteen 2010 asti Otanmäessä. Otanmäessä yrityksellä oli käytössään tuotantotilaa seuraavasti: konepajahalli 1500 m², kokoonpanohalli 1300 m², koneistamohalli 700 m² ja halli 3 pintakäsittelyyn 336 m². [1.]

Yrityksen kasvattaessa tuotantoaan kyseiset tilat kuitenkin jäivät liian ahtaiksi, jolloin yrityksen tuotanto olisi rajoittunut. Näin ollen yrityksen olisi pitänyt joko laajentaa tilojaan Otanmäessä tai sitten tuotanto tulisi muuttaa kokonaan muualle. Kun UPM:n Kajaanin

paperitehtaan entisiin tiloihin alettiin toteuttaa uutta yritysalueita, Renforsin rantaa, Katera Steel Oy päätettiin muuttaa sinne suurempiin 7000 m² :n tuotantotiloihin. [3.]

2.1 Työn lähtökohdat ja tavoitteet

Katera Steel Oy toimii siis koneiden ja laitteiden järjestelmätoimittajana. Yrityksen laitekanta muodostuu osavalmistuskoneista (sahaus ja polttoleikkaus) sekä hitsaus-, koneistus- ja pintakäsittelylaitteista. Koska yrityksen tuotanto käsittää useita työstövaiheita, koneiden ja laitteiden käyttötarkoitukset sekä kunnossapitotarpeet vaihtelevat. Konekantaan sisältyy myös useita erimerkkisiä koneita ja laitteita, jolloin niiden kunnossapitotarpeet eroavat toisistaan tämänkin johdosta. [1.]

Katera Steel Oy:llä ei ole insinööriä aloitettaessa käytössä olevaa, toimivaa kunnossapitosuunnitelmaa. Kunnossapito hoidetaan lähinnä siten, että korjaus aloitetaan koneen tai laitteen rikkoontuessa, ennakoivaa kunnossapitoa ei siis juurikaan ole. Yrityksessä koetaan, että kunnossapidon suunnittelu ja käytännössä toimivan kunnossapitosuunnitelman luominen olisi tarpeellista muun muassa siksi, että tuotanto ei hidastuisi laiterikkojen takia.

Ennen insinööriä kunnossapitoon perehdyttiin viiden (5) kuukauden työharjoittelun ajan. Tänä aikana selvitettiin koneiden ja laitteiden sekä tilojen alkutietoja, kunnossapidollisia tarpeita ja esimerkiksi sitä, missä määrin kunnossapidon ulkoistaminen kannattaa. Perustiedot insinööriä varten siis saadaan työharjoittelusta.

Työn tavoitteena on luoda sellainen kunnossapitosuunnitelma, joka palvelee kohdeyrityksen tarpeita. Lopputuloksen tulisi olla toimiva ja helposti toteutettavissa oleva kunnossapitosuunnitelma juuri nimenomaisen yrityksen tarpeet huomioon ottaen.

2.2 Työhön sisältyvät elementit

Kyseiseen työhön sisältyy Katera Steel Oy:n koneet ja laitteet, tilat sekä liikkuva kalusto. Kaikista näistä on kerätty alkutietoja ennen työn aloittamista. Lisäksi on selvitetty

tämänhetkisen kunnossapidon tilanne, eli hoidetaanko kunnossapito itse yrityksen toimesta, vai tilataanko se joltakin kyseisiin laitteisiin erikoistuneelta yritykseltä. Osa kunnossapidosta hoituu maahantuojaan kautta, kuten varaosatkin. Toisaalta kunnossapitoa on tilattu myös yrityksiltä, jotka ovat erikoistuneet tiettyihin merkkeihin. On selvää, että osa kunnossapidosta hoidetaan itse, kuten esimerkiksi muutamat pienet toimenpiteet.

Työn alussa laadittiin lista, josta selviää kaikkien koneiden ja laitteiden sekä liikkuvan kaluston tilanne. Listasta ovat nähtävissä kaikkien Katera Steel Oy:n ja Debomix Oy:n koneiden konekilvistä kerätyt tiedot (liite 1). Lisäksi Katera Steel Oy:n ja Debomix Oy:n uudet tilat sisällytetään suunnitelmaan.

3 KUNNOSSAPIDON KÄSITTEITÄ

3.1 Standardit

SFS-EN 13306 (EU:n standardi):

”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.” [4.]

PSK 6201 (kansallinen standardi):

”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, ja hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.” [5.]

3.2 Kunnossapidon määritelmiä

Kunnossapito käsittää ne tapahtumat, jotka tehdään, että saataisiin taattua esimerkiksi jonkin koneen toiminta mutkattomasti. Kunnossapito ei rajoitu vain tietyille alueille, vaan se on käytössä monilla aloilla. Tavoitteena on pitää koneet, laitteet ja rakennukset tuotantokunnossa. Lisäksi kunnossapidon tehtävänä on varmistaa laitteiden pysyminen työturvallisina. Nämä tavoitteet halutaan saavuttaa, jotta saataisiin taattua parhaat olosuhteet tuottavuuden, turvallisuuden, ympäristön ja laadun kannalta. [6, s. 13]

Jotta kunnossapito saadaan toteutettua oikealla tavalla, täytyy ensinnäkin varmistaa, että perusedellytykset ovat kunnossa. Näitä perusedellytyksiä ovat esimerkiksi sähkön ja veden saanti sekä lämmityksen toiminta. Lisäksi on huolehdittava, että laitteet, kuten pumput ja nosturit, toimivat. Tuotantotoiminnan kunnossapidossa tulee kiinnittää huomiota kunnonvalvonnan ja huoltojen hoitamiseen. Kun vikoja ilmenee, ne on pystyttävä korjaamaan mahdollisimman pienellä viiveellä sekä optimikustannuksin. [6, s. 13]

3.3 Vikaantuminen

Vialla tarkoitetaan tapahtumaa, jonka johdosta kohteen toiminta päättyy tai potentiaalinen toimintamahdollisuus estyy. Vikaantuminen on tapahtuma, jonka johdosta sen kyseinen kohde eli yksilö ei voi suorittaa vaadittua toimintaansa oikein. Vikaantuminen siis aiheuttaa esimerkiksi kohteena olevaan koneeseen vikatilaa. [6, s. 70]

Kohde voi olla mikä tahansa osa, komponentti, osajärjestelmä, toiminnallinen yksikkö, välineistö tai järjestelmä, ja se voi olla fyysinen osa, ohjelmisto tai molempia. Kohteen vikaantuessa vaadittu toiminto puuttuu tai se ei ole kriteerien mukainen joko määrällisesti tai laadullisesti. [7, s. 25–26]

Vikaantuminen voi aiheuttaa häiriöitä tai vaurioita. Häiriön korjaaminen onnistuu ns. pienemmillä toimenpiteillä, kuten puhdistuksella tai säätämällä. Häiriöt kuitenkin aiheuttavat tuotantoon menetyksiä, vaikka häiriö ei varsinaisesti aiheuta kohteensa rikkoutumista. Häiriöt on korjattava välittömästi, mikäli tuotanto halutaan saada palautettua normaaliin tilaansa. Vauriot ovat periaatteeltaan samantyyllisiä kuin häiriöt, mutta kohteen vaurioituessa kohde on rikki. Toisin kuin häiriökorjauksessa, vaurion tapahtuessa joudutaan käyttämään korjaavaa kunnossapitoa, jolloin tuotannon palauttaminen normaaliin kestää todennäköisesti kauemmin. [7, s. 26]

Vioittumismekanismi voi olla esimerkiksi fyysikaalinen tai kemiallinen tapahtuma, joka aiheuttaa kohteen vikaantumisen ja näin ollen häiriön tai vaurion. Vioittumistavaksi kutsutaan vian olemusta eli sitä seikkaa, millainen vika oikeastaan on. Kohteilla voi olla moniakin vioittumistapoja, eli ne voivat vioittua useasta syystä. Lisäksi on mahdollista, että useammat kohteet vioittuvat samanaikaisesti samasta syystä esimerkiksi oikosulun johdosta. Viat voivat olla piileviä, jolloin ne selviävät vasta mittauksen ja tutkimusten yhteydessä, tai paljastuvia, jolloin ne paljastuvat heti syntyhetkellään. Piilevät viat ovat usein vaarallisia, koska ne eivät selviä heti. Piilevän vian olemassa olo heikentää kohteen toimintakykyä, jolloin on mahdollista, että myös työturvallisuus kärsii. Paljastuvat viat voivat olla turvallisempia, koska niiden syntyhetkellä havaitaan toiminnan heikentyminen. Tällöin asiaa päästään tutkimaan tarkemmin jo varhaisessa vaiheessa. [8.]

Vika kehittyy siten, että vian alkua seuraa vian kehittyminen ja lopulta vikaantuminen. Nämä kolme vaihetta johtuvat eri tekijöistä. Sekä vian kehittymisen vaiheet että syyt on tiedettävä, jotta niihin voidaan puuttua kunnossapidolla. Vikaantuminen voi tapahtua nopeasti tai sitten sen kehitys voi olla hyvinkin hidasta. Vikaantumisen syiden tunteminen on tärkeää siksi, että useimmiten vikaantuminen aiheutuu usean seikan yhteisvaikutuksesta. Raportointi on aina hyödyllistä, koska sen johdosta analysointia ja seuranta saadaan parannettua. Nykyään pidetään tärkeämpänä estää vikaantuminen ajoissa kuin puuttua asiaan vasta korjaamalla ilmennyt vika, vaikka viat korjattaisiinkin tehokkaasti jälkikäteen. [6, s. 73]

Vikaantumiseen johtavia syitä on useita. Vikaantumiselle on määritelty muutamia periaatteellisia syitä, jotka luetteloidaan seuraavassa:

- Onnettomuus johtuu ulkoisista syistä, ja se voi aiheuttaa joko piilevän tai paljastuvan vioittumisen. Onnettomuudeksi voidaan lukea esimerkiksi kastumiset ja kemikaaleille altistumiset.
- Ylikuormitus; esimerkiksi mekaaninen rasitus tai sähkövirta. Kohde ylikuormittuu, kun sille määriteltyjä arvoja ei noudateta, vaan ne ylitetään.
- Korroosio; materiaali muuttuu käyttökelvottomaan muotoon joko liukenemalla ympäristöönsä tai reagoimalla ympäristön kanssa ja muodostamalla kiinteitä korroosiotuotteita ("ruostetta"). Korroosiolla on useita eri ilmenemismuotoja, kuten kemiallinen, sähkökemiallinen ja galvaaninen korroosio.
- Eroosiossa kohteen pintaa kuluttavat kiinteät partikkelit, mikä aiheuttaa siis pinnan kulumisen.
- Kuluminen; kaksi toisiinsa kosketuksissa olevaa pintaa hioutuvat toisiaan vasten.
- Abraasio on sitä, kun kohteen pintaa naarmuttaa tai hioo toinen kappale, jonka kovuus on suurempi kuin itse kohteen. Suuremman kovuuden omaava kappale voi myös hioa materiaalia pois kohteen pinnasta.

- Väsyminen tapahtuu kuormitusvaihteluista tai lämpötilavaihteluista johtuen. Kun kappaleissa on virheitä, särön kasvu alkaa lisääntyä, jolloin seuraa väsymistä.
- Komponentit vanhenevat esimerkiksi kemiallisista syistä, vrt. esimerkiksi paristot.
- Inhimillinen virhe johtuu muun muassa siitä, ettei kouluttautumista ole hoidettu asianmukaisesti. Lisäksi inhimillinen virhe voi johtua myös välinpitämättömyydestä tai tahallisesta tuottamuksesta (koneita ei kehtaamattomuuttaan hoideta vaaditulla tavalla). [6, s. 74]

3.4 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on kunnossapidon ehkä perinteisin ja yksinkertaisin tapa. Korjaavassa kunnossapidossa kohde korjataan silloin, kun vikaantuminen on ilmennyt. Kun kohde vikaantuu ilman, että vikaantumista voidaan etukäteen havaita, käytetään korjaavaa kunnossapitoa. Korjaavan kunnossapidon tavoitteena on eri keinoin saada vikaantunut kohde takaisin tuotantotilaansa. [6, s. 28]

Korjaava kunnossapito voidaan jakaa eri toimintatavoitteisiin. Väliaikainen korjaus on se toimenpide, jolla pyritään minimoimaan vikaantumisesta johtuva toimintakatkos. Toisekseen korjaustapahtuma voidaan suorittaa siten, että toimintakyky palautetaan entiselleen. Tällöin vikaantunut kohde korjataan joko paikalla tai sitten kohde vaihdetaan vastaavaan ja vikaantunut kohde korjataan korjausyksikössä. Lisäksi voidaan suorittaa parantava korjaus, jolloin halutaan estää esiintyneiden vikojen uusiutuminen. [6, s. 28]

Korjaava kunnossapito ei yleensä ole taloudellisesti suosiollisin menetelmä hoitaa kunnossapitoa. Yrityksissä tulisi siis olla kunnossapitosuunnitelmat, jotka sisältäisivät muitakin kunnossapitotoimenpiteitä ja -malleja kuin korjaavaa kunnossapitoa. Toisaalta on olemassa sellaisia vikaantumistapahtumia, jotka hoituvat luonnollisemmin korjaavan kunnossapidon menetelmin, esimerkiksi lampun vaihtaminen sen palamisen jälkeen. [6, s. 28]

3.5 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito sisältää nimensä mukaan tapahtumia, joilla pyritään ennaltaehkäisemään vikaantumista. Kun prosessilta vaaditaan luotettavaa toimintaa, eikä häiriöitä saa esiintyä, ehkäisevän kunnossapidon keinoin saadaan nostettua luotettavuuden taso sellaiseksi, että toiminta on täysin varmaa. [7.]

Kaikkia koneita ja prosesseja ei kannata liittää ennakoivan kunnossapidon tasolle ”täysin varma toimivuus”, koska se ei ole taloudellisesti kaikkein kannattavin ratkaisu. Ehkäisevän kunnossapidon ylläpidon taso määritellään taloudellisten ja turvallisuusnäkökulmien valossa jokaiselle kohteelle erikseen. Samassa tuotantolaitoksessa siis voi olla kohteita, joihin käytetään laajemmin ehkäisevää kunnossapitoa, kun taas joihinkin muihin sitä ei juurikaan käytetä. [7, s. 59–60]

Ennakoivan kunnossapidon yhteydessä on huomattava, että usein ennakoiva kunnossapito tulee yritykselle halvemmaksi kuin suunnittelematon kunnossapito. Suunnittelematon kunnossapito aiheuttaa välillisiä menetyksiä, jotka ovat usein kalliimpia kuin ennakoiva kunnossapito välittömin kustannuksin. Myös tehokkuus kasvaa ennakoinnin mukana, koska jos korjauksia tehdään vikaantumisen jälkeen, samalla joudutaan suunnittelemaan tehtäviä toimenpiteitä. Jos asiaa on jo ennakoitu, toimenpiteiden suunnittelu on aloitettu huomattavasti aikaisemmin, ja lisäksi käytössä on vastaavista tapahtumista aiemmin kerättyä tietoa. [7, s. 60]

Kun ennakoiva kunnossapito halutaan tehdä tehokkaasti, perustaksi tarvitaan hyvä suunnittelu ja aikataulutus. Etukäteissuunnittelun myötä kunnossapidon yhteydessä ei enää tarvitse miettiä, mitkä toimenpiteet ovat tarpeellisia ja miten ne hoidetaan. Aikataulutus poistaa turhat viiveet töiden välistä. Kun resurssit saadaan jaettua oikein, lopputulos on halutunlainen, toimiva ja järkevä. [7, s. 63]

On selvää, ettei ennakoivan kunnossapidon suunnittelu ole helppo tehtävä. Ennakoivan kunnossapidon suunnittelu vaatii ainakin sen, että tiedossa on aikaisemmat kokemukset vikaantumisista, ymmärrys koneen ja sen osien toiminnasta sekä koneen valmistajan laatimat suositukset. [7, s. 63]

Ehkäisevä kunnossapito voidaan jakaa eri tapahtumiin, mikä toisin on melko hankalaa, eikä se ole välttämätöntä toiminnan onnistumisen kannalta. Jos jako kuitenkin halutaan tehdä, se sisältää periaatteessa seuraavat osat:

- Käyttöseuranta – Koneen käyttäjä seuraa koneen toimintoja työtehtäviensä aikana ja tekee samalla pieniä huoltotoimenpiteitä.
- Jaksotetut huollot – Koneen huollot on suunniteltu tarkasti etukäteen, tietyt toimenpiteet suoritetaan suunnitelman mukaan.
- Kunnonvalvonta – Kohteen tilaa seurataan jatkuvasti tai aika ajoin tiettyjen mittauksen avulla. Toimenpiteet ovat usein laajempia kuin käyttöseurannassa ja kestävät pidempään kuin jaksotetuissa huolloissa. [6, s. 29]

3.5.1 Käyttöseuranta

Käyttöseuranta on se kunnossapidon laji, joka luo perustan koko kunnossapidolle. Näin ollen sen merkitys on suuri. Koneiden käyttäjien lisäksi kunnossapitohenkilökunta hoitaa käyttöseurantaan liittyviä toimenpiteitä. Käyttöseurantaan liittyy mitä moninaisimpia toimenpiteitä, joista seuraavassa käsitellään yleisimpiä ja ehkä tärkeimpiä toimenpiteitä. [6, s. 30]

Eräs tärkeimpiä toimenpiteitä liittyen jokapäiväiseen käyttöseurantaan on siisteyden ja yleisen järjestyksen ylläpito. Mikäli kohteissa tapahtuu likaantumista, likaantumisen syyt tulee eliminoida esimerkiksi asentamalla uusia suoja koneisiin. Päivittäin käytetään erilaisia työkaluja, jotka tulee palauttaa omille paikoilleen heti, kun niitä ei enää työssä tarvita. Lisäksi työpaikoilla on usein olemassa sellaisia työkaluja ja tarvikkeita, joita ei todellisuudessa tarvita. Kyseiset esineet tulisi hävittää, tai jos tarkan harkinnan jälkeen todetaan, että niitä tarvitaan toisinaan, ne voidaan varastoida. [6, s. 30]

Käyttöseurantaan liittyvät myös pienemmät säätö- ja kunnostustoimenpiteet. Koneen käyttäjä harjoittaa kunnon seuranta ja kirjaa havaintojaan muistiin, jolloin hänen on tulevaisuudessa helpompi seurata koneen kuntoa ja siinä tapahtuvia muutoksia. Koneen

käyttäjä tekee havainnoimisellaan ennakoivasta kunnossapidosta yhteisen tavoitteen, mikäli hän lisäksi pitää yhteyttä kunnossapitohenkilöstön kanssa. Kunnossapitohenkilöstö pysyy ajan tasalla, kun yhteydenpito ja tiedotus onnistuvat molemmin puolin käyttäjien kanssa. [6, s. 30]

On muistettava, ettei käyttöseuranta tapahdu itsestään, vaan sille on luotava ihanteelliset perusedellytykset. Kun ennaltaehkäisevää kunnossapitoa aletaan harjoittaa, henkilöstön voi olla aluksi hankalaa muuttaa asenteitaan positiivisiksi toimintaa kohtaan. Tiedotuksella ja koulutuksella sekä hyvällä etukäteissuunnittelulla asenteita voidaan muuttaa, jotta käyttöseuranta saadaan kaikkien yhteiseksi tavoitteeksi. Sille on varattava aikaa töiden suunnittelussa. [6, s. 31]

Käyttöseurannan suorittamista on valvottava, jotta sen toteutuminen varmistetaan. Työtä on arvostettava, jotta sen jatkamiseen kannustetaan. Lisäksi voidaan toteuttaa ns. kampanjaluonteisia projekteja, jotka edistävät käyttöseurannan jatkumista. [6, s. 31]

3.5.2 Jaksotetut huollot

Jaksotetut huollot on suunniteltava tarkasti ja systemaattisesti etukäteen. Jaksotetut huollot sisältävät toimenpiteitä, jotka suoritetaan tietyille koneille tiettyyn aikaan. Suunnittelussa toimitaan siten, että huoltojen vaatimukset ja tavoitteet suunnitellaan valmistajan ja koneen käyttäjän kesken, minkä lisäksi käyttäjä sopeuttaa suunnitelman omaan työskentelyynsä. Käyttäjällä on oltava takanaan sellainen huolto-organisaatio, että määrätyt toimenpiteet voidaan suorittaa riittävällä tavalla, sekä niiden tapahtumisesta ja tuloksista saadaan tositteet. Käyttäjän saamat tulokset ja hänelle huollon yhteydessä muodostuneet käsitykset tulee kirjata ja analysoida, jotta huoltotoimintaa voidaan jatkossa edelleen kehittää. [6, s. 31]

Jaksotetut huollot voidaan määrätä tapahtuviksi eri perustein. Perusteita voivat olla esimerkiksi kalenteriaika, käyttöaika, käyttömäärät, kunnonvalvonnan tulokset tai käyttötilanteet. Kalenteriaika on mahdollisesti selkein määrittely, joka helpottaa varsinkin useiden koneiden kesken tehtävää työjärjestyistä huolloista. Kalenteriajan mukaan on hyvä hoitaa ainakin ne koneet, joita käytetään ns. varakalustona. Kalenteriajan ongelmana on se,

ettei se ota huomioon todellista käyttöä. Esimerkiksi vuoden sisällä koko ajan käytössä olevat koneet kuluvat huomattavasti enemmän kuin sellaiset varalaitteet, jotka seisovat suurimman osan ajasta. Käyttöaikaan taas sisältyy todellinen käyttö, joka vaatiikin sen, että käyttöajat merkitään tarkoin muistiin. Käyttömääriin sisältyvät kulkuneuvoilla ajettut matkat ja nostimilla tehdyt nostot sekä vastaavat tapahtumat. Kunnonvalvonnan tulokset analysoidaan kunnan- ja tuotteiden laadunvalvonnan perusteella. Käyttötilanteissa tapahtuvat jaksotetut huollot hoidetaan silloin, kun yleinen tilanne sen sallii. Yleinen tilanne voi olla esimerkiksi muista syistä johtuva seisokki. [6, s. 32]

Jaksotettuihin huoltoihin sisällytetään seuraavia toimenpiteitä; puhdistus, voitelu, tarkastukset, testaukset, mittaukset, osien ja komponenttien vaihdot, monenlaiset korjaukset sekä huoltotoimenpiteet, kuten öljyn vaihdot. [6, s. 32]

3.5.3 Kunnonvalvonta

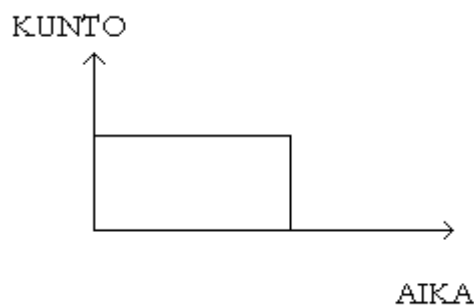
Kunnonvalvonnan järjestelmä vaatii, että se ensinnäkin suunnitellaan oikeiden periaatteiden mukaisesti. Kun tiedetään mittauksen kohteiksi otettavat koneet tai asiat, täytyy valita ne tunnussuureet, jotka palvelevat parhaiten tarkoitusta. Tunnussuureille määritellään mittauksen suoritustasuudet ja hälytysrajat, jonka jälkeen luodaan järjestelmä mittausten suoritukselle, sekä järjestelmä, joka tulkitsee ja tallioi saadut tulokset. Lopuksi on vielä luotava järjestelmä, joka hälyttää tarvittaessa tuloksista, sekä toteutusjärjestelmä niille päätöksille ja toimenpiteille, jotka mittaustulosten pohjalta tehdään. [6, s. 32]

Kunnonvalvonnalla saavutetaan monia etuja. Näihin etuihin lukeutuvat muun muassa kustannussäästöt, jotka nousevat ehkä tärkeimmäksi hyödyksi. Kokonaiskustannuksissa saavutetaan kustannussäästöjä, kun toiminnot saadaan optimiin. Toinen erittäin tärkeä etu on turvallisuus. Turvallisuutta saadaan parannettua ja henkilövahinkoja vähennettyä, kun rikkoontumisen mahdollisuutta pienennetään. Myös haitallisten päästöjen joutuminen ympäristöön minimoidaan, kun kunnonvalvontaa harjoitetaan oikealla tavalla. Kunnonvalvonnassa suoritetaan mittaustoimenpiteitä, joista saatujen tulosten perusteella voidaan tehostaa koneiden käyttöä ja ylläpitää laadun tavoitetasoa. Lisäksi erilaisia mittaustuloksia voidaan käyttää koneiden takuuajana todisteina, mikäli esimerkiksi ilmenee

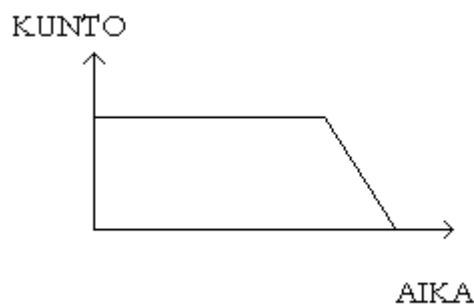
ongelmia, jotka halutaan menevän takuun piiriin. Yrityksissä on usein käynnissä monia tuotekehitysprojekteja, joissa voidaan hyväksikäyttää samaisia mittaustuloksia. [6, s. 33]

Kunnonvalvonnassa suoritettavat mittaukset eivät itsessään riitä, sillä niiden oikea tulkitseminen on myös tärkeä osa kunnonvalvontaa. Tuloksia tulkittaessa tärkeitä seikkoja ovat se, ovatko mittaustulokset todettujen sallittujen rajojen sisäpuolella, sekä millainen mittaustulosten trendi on verrattaessa aikaisemmin suoritettuihin vastaaviin mittauksiin. [6, s. 33]

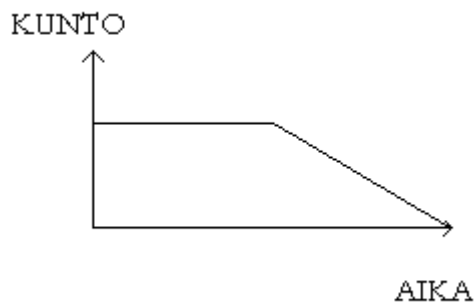
Seuraavissa kuvissa on esitetty, kuinka voimakkaasti kunnonvalvontamittausten tehokkuus ja soveltuvuus riippuu vikaantumisen muodostumisnopeudesta. Kuvat 1, 2 ja 3 on toteutettu Heikki Aallon [6, s. 34] Kunnossapitotekniikan perusteet -teoksessa olevan kuvan pohjalta.



Kuva 1. Malli A, nopea vaurioituminen



Kuva 2. Malli B, nopea kuluminen



Kuva 3. Malli C, hidas kuluminen

Kuva 1 havainnollistaa nopeaa vaurioitumista, jolloin mittauksista ei ole hyötyä. Kuvassa 2 tapahtuu nopea kuluminen, jolloin mittaavalla kunnonvalvonnalla on mahdollista estää vaurioituminen, jolloin mittaukset tapahtuvat reaaliajassa. Kuva 3 ilmentää hidasta kulumista, ja tällöin mittaavalla kunnonvalvonnalla pystytään sekä estämään vaurioituminen että suunnittelemaan soveltuvat korjaustoimenpiteet. Mittaukset tehdään joko reaaliajassa tai jaksoittain. [6, 34–35]

Kunnonvalvontamittaukset luokitellaan tunnussuureisiin ja mittausmenetelmiin. Aistinvaraiset tarkastukset tapahtuvat nimensä mukaisesti aistien (näkö, kuulo, haju, tunto) perusteella. Aistihavainnot antavat tärkeän yleiskuvan, mutta niitä ei useinkaan kirjata muistiin, ja siksi niitä on vaikeaa verrata muina aikoina tehtyihin aistihavaintoihin. Fysikaaliset perussuureet, kuten lämpötila, paine ja dimensiot, ovat mitattavia suureita, jotka saadaan todettua ja kirjattua muistiin, jolloin niiden vertaaminen aiempiin on yksinkertaista. Sähköiset perussuureet, eli jännite, virta, teho ja vastus liittyvät sähkölaitteiden ja sähkökomponenttien tilan havainnointiin. Ainettarikkomattomat (NDT) mittaukset (tunkeumaneste, ultraääni, röntgenkuvaus, pyörrevirta) ilmentävät sitä, onko rakenteissa halkeamia, väsymismurtumia, korroosiota tai vuotoja, joita ei ehkä havaita rakenteen ulkopuolelta ainakaan silmämääräisellä tutkimuksella. Värähtelymittauksilla ja iskusysäyksillä voidaan selvittää esimerkiksi pyörivien laitteiden laakerointeja, hammasvaihteita, pitkälle kehitettyjä sovelluksia ja tulkita tuloksia. Äänimittaukset liittyvät laitteiden yleiskunnon mittaamiseen. Lisäksi on öljyanalyseja, kuten hiukkasanalyysi ja kemiallinen analyysi. Nämä

analyysit mittaavat seikkoja, kuten hydraulikka, voiteluöljyt sekä kuluminen, ja voiteluainejärjestelmät sekä öljyn vaihto. [6, s. 34–35]

4 RCM – RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE

Aluksi mainittakoon, että nykyään käytössä on useita kunnossapitostrategioita, joista yksi on tässä työssä tarkemmin esitelty RCM – Reliability Centered Maintenance. RCM-strategia esitellään laajemmin siitä syystä, että se valittiin kyseisen työn pohjaksi.

Muita käytössä laajemmin olevia kunnossapitostrategioita ovat esimerkiksi TPM (Total Productive Maintenance) ja TAC (Total Asset Care). TPM eli kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito kattaa kaikki yrityksen toiminnot, ja sillä muutetaan huonosti toimiva kunnossapitotapa tehokkaammaksi. TPM:n periaatteisiin kuuluu muun muassa se, että kunnossapito käsitetään hyvin laajana käsitteenä. Koko henkilöstön sitoutuminen TPM:n periaatteisiin on toteuduttava kaikissa toiminnoissa, jotta tulokset ovat halutunlaisia. [7, s. 70]

TAC eli Total Asset Care -oppien mukaan yrityksen laitekannan toiminta on suunniteltava niin, että liiketoiminnan tavoitteet saavutetaan samalla kustannukset minimoiden. Kyseinen menetelmä on haastava, sillä onnistumiseen vaaditaan kaikkien kunnossapidon osa-alueiden erityisen hyvä hallinta. [7, s. 74]

4.1 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito kuuluu käytetyimpiin kunnossapitostrategioihin, kun kunnossapidon kohteena on kalusto. Kuten muutkin strategiat, myös RCM vaatii asennemuutosta ja syvällistä paneutumista asiaan. Lisäksi se vaatii paljon taloudellisia ja ajallisia resursseja, jotta toteutus saadaan hoidettua oikealla tavalla. RCM-menetelmällä pystytään korjaamaan seuraavat ennakoivaa kunnossapitoa vaivaavat ongelmat:

- Laitteita ja koneita puretaan turhaan toimintakunnon havaitsemiseksi, vaikka se olisi toisinaan mahdollista todeta jopa konetta käytettäessä. Liiallisella purkamisella lisätään vikaantumisen todennäköisyyttä.
- Kunnossapitoa ei osata kohdistaa oikeisiin kohteisiin tarpeeksi, sekä resursseja käytetään liikaa väärin kohteisiin.

- Käytetään väärä keinoja ennakoivan kunnossapidon suorittamiseksi. Kuvitellaan, että ennakoiva kunnossapito on ns. turha operaatio, jota on tehtävä vain näön vuoksi. [7, s. 109]

Luotettavuuskeskeisessä kunnossapidossa halutaan selvittää kaikkien prosessien ja tapahtumien kunnossapidon tarve. Aluksi käsitellään rajattuja kohteita, mutta tutkimuskohdetta laajennetaan koko ajan pidemmälle päästäessä. RCM rajautuu melko tiukasti selvittämään kunnossapitotarvetta sekä sitä, mitkä kunnossapitomenetelmät ovat tarkoituksenmukaisimpia. [7, s. 110]

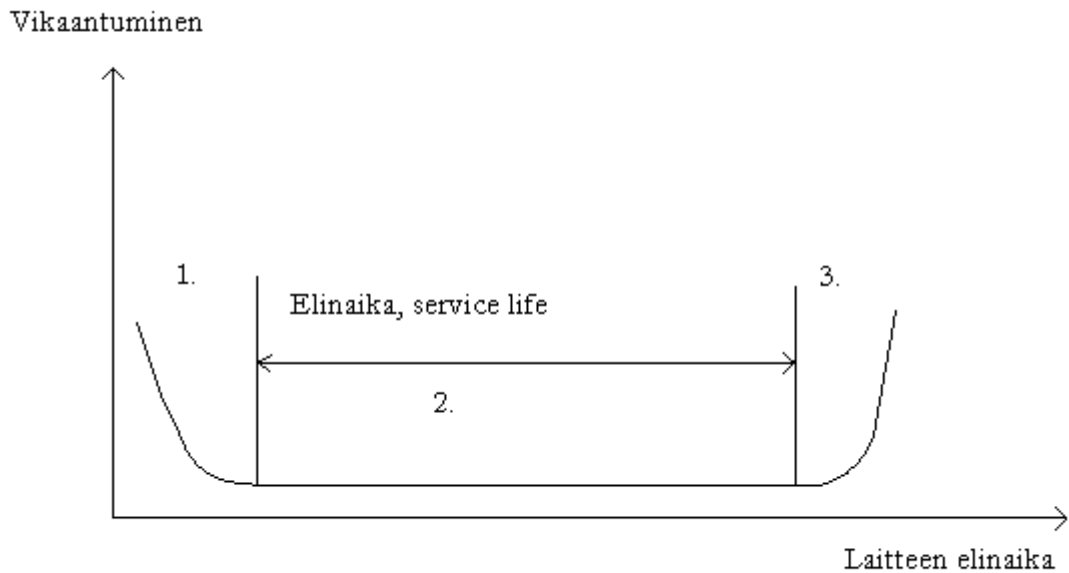
4.2 RCM:n historiaa lyhyesti

RCM-lähestymistapa on saanut alkunsa 1950-luvulla, mutta sen varsinainen kehitystyö aloitettiin kymmenisen vuotta myöhemmin. 1960-luvulla FAA (Federal Aviation Agency, Yhdysvaltain ilmailuvirasto) alkoi kehittää lentokoneisiin soveltuvaa ennakoivaa kunnossapitoa. Lopulta kehitystyöryhmä tuli siihen johtopäätökseen, että ensinnäkin monimutkaisimmilla laitteilla tulee olla jokin tietty, hallitseva vikaantumistapa, jotta ennakoivalla kunnossapidolla voidaan vaikuttaa huomattavasti laitteen luotettavuuteen. Toisekseen huomattiin, että lentokoneissa on sellaisia osia, joille ei alun perin ole olemassa ohjelmaa tehokkaan ennakoivan kunnossapidon suorittamiseksi. [7, s. 110]

Lentokoneiden vikaantumistapoja tutkittaessa löydettiin kuusi erilaista vikaantumismallia, joista kolmella ei ollut tekemistä ajan kanssa (mallit käsitellään tarkemmin luvussa 4.2.1 "Aikaan sekä satunnaisuuteen perustuvat vikaantumismallit"). Aiemmin uskottiin, että ennakoiva kunnossapito tulee hoitaa ajasta riippuen, koska luultiin, että vikaantuminen on pelkästään ajasta riippuva tapahtuma. Kun tutkimuksissa havaittiin kolme ajasta selkeästi riippumatonta vikaantumistapaa, ennakoivan kunnossapidon ohjeistusta alettiin uusia. [7, s. 110]

Kylpyammekäyrä (alkuperäinen kuva [7, s. 47]) on ns. perinteinen käsitys laitteen eliniästä. 1960-luvulla käyrän kyseenalaistivat amerikkalaiset Nolan ja Heap suunnitellessaan lentokoneiden huolto-ohjelmia. Kun huolto aiemmin hoidettiin kylpyammekäyrän

mukaisesti, jopa 85 % lentokoneiden osista vaihdettiin, eikä vikaantumista saatu kuriin siltikään. Nolan ja Heap havaitsivat tutkimuksissaan kuusi vikaantumismallia, joista kolme olivat riippuvaisia ajasta, mutta toiset kolme johtuivat satunnaisista syistä. [7, s. 47]

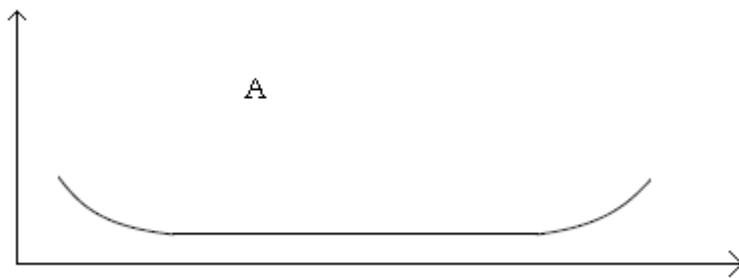


Kuva 4. Perinteinen käsitys laitteen eliniästä, ns. kylpyammekäyrä

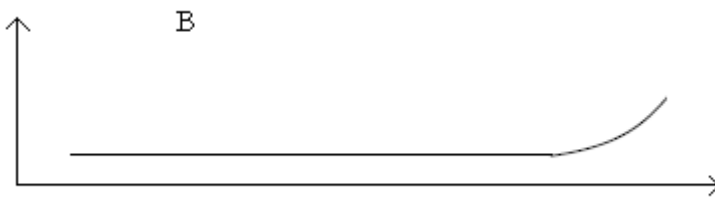
4.3 Aikaan sekä satunnaisuuteen perustuvat vikaantumismallit

Seuraavassa esitetään ne kuusi vikaantumismallia, jotka Nolan ja Heap löysivät tutkimuksissaan. Seuraavalla sivulla nähtävillä olevat kuvat eli Kuva 5. Malli A, Kuva 6. Malli B, ja Kuva 7. Malli C ovat aikaan eli vanhenemiseen perustuvat mekanismit. Sivulla 19 olevat kuvat, Kuva 8. Malli D, Kuva 9. Malli E ja Kuva 10. Malli F puolestaan kuvaavat satunnaiseen vikaantumiseen perustuvia mekanismeja. Seuraavat kuvat on suunniteltu Kunnossapitoyhdistys ry: n teoksen perusteella [7, s. 47].

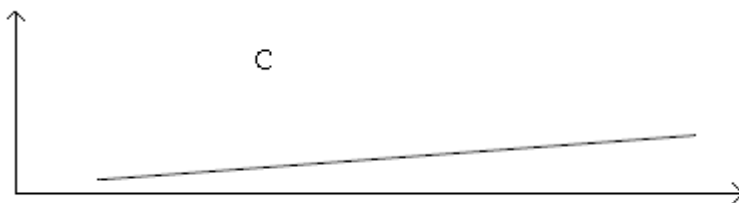
- Aikaan (vanhenemiseen) perustuvat mekanismit



Kuva 5. Malli A



Kuva 6. Malli B

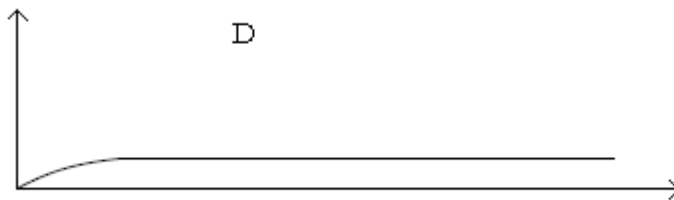


Kuva 7. Malli C

A, B ja C ovat siis aikaan perustuvia mekanismeja. Mallissa A on aluksi korkea ”lapsikuolleisuus”, jota seuraa tasainen vaihe. Eliniän lopulla tapahtuu voimakas

romuttuminen. Malli B on melko lailla samankaltainen, mutta siinä ei ole havaittavissa alun ”lapsikuolleisuutta”. Mallissa C vikaantumisen kasvaa tasaisesti loppua kohden. [7, s. 47]

- Satunnaiseen vikaantumiseen perustuvat mekanismit



Kuva 8. Malli D



Kuva 9. Malli E



Kuva 10. Malli F

Mallit D, E ja F edustavat satunnaiseen vikaantumiseen perustuvia mekanismeja. D-mallin mukaan ei aivan alussa tapahdu juurikaan vikaantumista, mutta vikaantuminen nousee nopeasti tasolle, jossa se jatkossa pysyy. Mallissa E vikaantuminen jatkuu koko eliniän ajan tasaisena. Mallissa F puolestaan on alussa ”lastentauteja”, mutta kun niistä päästään, vikaantuminen asettuu vakiotasolle pysyen siinä koko eliniän loppuun saakka. [7, s. 47]

Seuraavassa taulukossa on esitetty tulokset mallien esiintymisestä. Tulokset on saatu lentokoneteollisuudessa tehdyistä tutkimuksista. Alkuperäisen taulukon on luonut John Moubrey.[7, s. 48]

Taulukko 1. Vikaantumismallin esiintyminen (Moubrey)

Malli	Esiintyminen
A	4 %
B	2 %
C	5 %
D	7 %
E	14 %
F	68 %

Yhdysvaltain puolustusministeriö pyysi vuonna 1974 United Airlines -lentoyhtiötä valmistamaan raportin, jossa esitetään ne suuntaviivat, joiden mukaan siviililentokoneiden huolto-ohjelmat suunnitellaan. Kyseisen raportin nimeksi tuli Reliability-centered Maintenance. RCM -metodeja on käytetty laajasti vuodesta 1978 saakka muun muassa Yhdysvaltain laivastossa sekä energiasektorilla ja öljynjalostuksessa. [7, s. 111]

Pääasiassa RCM-metodin teki tunnetuksi Nolanin ja Heapin projektiin osallistunut englantilainen John Moubray. Moubray kehitti 1980-luvun alussa RCM:n ohjelman, joka soveltuu teollisuuden tarpeisiin. Kyseisestä ohjelmasta käytetään toisinaan nimeä RCM2. [7, s. 111]

4.4 RCM:n tavoitteet

Kun kunnossapitoa aletaan suunnitella RCM:n pohjalta, tulee huomata, että RCM:n avulla suunnitellaan kunnossapidettävän kohteen kunnossapito (Moubray). Ensin tulee selvittää, mitkä kohteet tarvitsevat eniten kunnossapitoa ja kohdistaa toimenpiteet kyseisiin kohteisiin. Useimmiten tärkeimmät priorisointiperusteet ovat kustannukset, turvallisuus, ympäristövaatimukset ja laatu. Seuraavaksi selvitetään kohteiden vikaantumismekanismit. Kun vikaantumismekanismit tiedetään, osataan kohdistaa oikeita kunnossapitomenetelmiä tehokkaasti. Myös ne laitteet (esimerkiksi raja- ja turvalaitteet), jotka ovat ns. passiivisina prosesseissa, saatetaan kunnossapidon piiriin. [7, s. 111]

Prosesseista löytyy sellaisiakin laitteita, joihin ei voida käyttää ehkäisevän kunnossapidon keinoja. Syynä voi olla esimerkiksi se, ettei ehkäisevän kunnossapidon käyttö ole kaikille laitteille taloudellisesti kannattavaa. Tällöin kyseisille kohteille luodaan valmiit toimintaohjeet sen varalle, että vikaantuminen tapahtuu. [7, s. 111]

Tehokkaan kunnossapidon suhteen on tärkeää, että henkilöstö on mukana päivittäin edistääkseen toimintaa. Tämän takia on tärkeää, että varsinkin koneiden käyttäjät oppivat seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa. [7, s. 111]

Kun kunnossapito kohdistetaan oikein, saadaan laskettua kunnossapidon kustannuksia, sekä parannettua prosessin tuottavuutta ja laitteiden luotettavuutta. Kunnossapidosta koituu aina

kustannuksia, mutta oikein kohdistettuna kunnossapito tuottaa yrityksille huomattavia etuja. [7, s. 111]

4.5 Kunnossapidon määrittäminen ja resurssit

Kun yritys alkaa toteuttaa RCM:n metodeihin perustuvaa kunnossapitoa, on päämääränä varmistaa tuotantovälineiden toiminta. Ensimmäinen askel on siis määrittää nämä toiminnot. Kun toiminnot on määritetty, pystytään selvittämään, mitä kunnossapidolla pyritään tekemään. Myös vikaantuminen on määritettävä tarkoin jokaisen kohteen osalta. Vikaantumisen määrittelyn jälkeen päästään etenemään vaiheeseen, jossa selvitetään vikaantumisen aiheuttajia ja seurannaisilmiöitä tapauskohtaisesti. [7, s. 112]

Vikojen aiheuttajien ja seurausten selvittyä saadaan arvioitua kaikki vikaantumistavat ja niistä seurauksena tulevat vaikutukset. Kun kaikki nämä vaiheet on käyty läpi, voidaan luotettavasti valita oikea kunnossapidon menetelmä ja strategia, joilla voidaan hallita ilmenneet vikaantumistavat. [7, s. 112]

Resurssit koostuvat ihmisistä ja asioista. Kun vaadittavat toimenpiteet kunnossapidon valitsemiseksi on suoritettu, voidaan valita oikeat resurssit kunnossapidon toteuttamiseen. Resurssien valitsemiseksi tulee selvittää, kuka tai ketkä suorittavat tarvittavat toimenpiteet ja onko heitä tarvetta kouluttaa. Lisäksi on selvitettävä, mitä varaosia ja työkaluja tarvitaan, että tehtävät saadaan suoritettua halutulla tavalla. [7, s. 112]

Resurssivaatimukset on hallittava, ennen kuin laaditaan suunnitelma siitä, miten resursseja käytetään ja jaetaan. Oikea käyttö ja jako selkiytyvät, kun vaatimukset ovat tarkoin harkittuja. Tämän pohjalta vaaditut kunnossapitotehtävät on mahdollista hoitaa tehokkaasti ja oikealla tavalla, jolloin tuotantovälineiden toimintakyky varmistuu. Kunnossapitovaatimukset muuttuvat merkittävästi, kun tuotantovälineiden kunnossapitovaatimuksia tutkitaan laitteen toiminnan pohjalta. Resurssien oikea kohdistus vaikuttaa muun muassa kustannuksien pienentymiseen sekä parantaa yrityksen tehokkuutta. [7, s. 112]

Loppuyhteenvedon voidaan todeta, että suunnittelu vaatii seuraavat toimenpiteet:

- Määritetään tehtävät, eli jokaiselle kohteelle oma kunnossapitosuunnitelma.
- Määritetään ja hankitaan tarvittavat resurssit, eli ihmiset ja asiat.
- Toteutetaan määrittelyjen perusteella päätetyt toimenpiteet. [7, s. 113]

4.6 Prosessi

RCM-menetelmä määritellään prosessiksi, jota apuna käyttäen pystytään määrittämään, mitkä toimenpiteet ovat tarpeellisia, jotta mikä tahansa kohde tekee koko ajan omistajansa siltä vaatimaa toimintoa omassa toimintaympäristössään. John Moubray on edellisen määritelmän pohjalta koonnut seitsemän kysymystä, jotka ovat tarpeellisia laitteiden arvioinnin yhteydessä:

- Mitkä ovat kohteen toiminnot ja suorituskykystandardit tämänhetkisessä toimintaympäristössä?
- Mitä tapahtuu laitteen rikkoontuessa? Mitkä toiminnot eivät tämän vuoksi tapahdu?
- Miksi toiminnot puuttuvat tai toiminto on vajaata? Mikä aiheuttaa tämän?
- Mitä kunkin vikaantumisen yhteydessä tapahtuu?
- Kun vikaantuminen tapahtuu, mitä vahinkoja siitä aiheutuu?
- Millä toimenpiteillä voidaan estää vikaantuminen tai miten erilaiset vikaantumismallit voidaan havaita ajoissa?
- Kun ehkäisevää toimenpidettä ei löydy, mitä tehdään? [7, s. 113]

RCM-prosessin alussa on määriteltävä jokaisen tuotantovälineen toiminnot ja suorituskykystandardit niiden omissa käyttöympäristöissä. Tämä on tehtävä, koska vasta kun kohteiden toiminnot on määriteltävä, on mahdollista selvittää kunnossapidon tavoitteet. Lisäksi on määriteltävä, mitä tarkoitetaan käsitteellä vika. Koneiden käyttäjät ovat

avainasemassa, kun aletaan selvittää, miten laitteella saadaan toiminnallisesti parhaat laadulliset, määrälliset ja taloudelliset tulokset, jotka vaikuttavat koko organisaatioon. [7, s. 113]

4.6.1 Toimintahäiriöt ja vikaantuminen

Tuotantovälineiden toiminnot ja niihin liittyvät suorituskykyvaatimukset ovat ne seikat, joiden pohjalta kunnossapidon vaatimukset asetetaan. Jos tuotantoväline ei kykene toimimaan vaaditulla tavalla, on taustalla vikaantuminen. Erilaiset vikaantumistavat on siis oltava tiedossa, ennen kuin käytettävät kunnossapidon menetelmät voidaan valita tehokkaasti. RCM-prosessi paneutuu vikaantumisen tutkintaan kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäinen selvitetään, mitkä ovat ne olosuhteet, joissa vikaantuminen tapahtuu. Toinen vaihe on selvittää, mitkä tapahtumat tai tilanteet johtavat vikaantumisen aiheutumiseen. [7, s. 114]

Koska vikaantumistilanteessa kohde ei voi suorittaa toimintoa käyttäjän haluamalla tavalla, RCM:n yhteydessä vikaantumista nimitetään usein myös nimellä toimintahäiriö. Käsite kattaa sekä täydelliset pysähtymiset että vajaatoiminnot. [7, s. 114]

Erilaisten toimintahäiriöiden selvittyä paneudutaan seuraavaksi selvittämään, mitkä ovat ne syyt, jotka voivat edes jonkinasteisella todennäköisyydellä aiheuttaa vikaantumisen. Kyseisiä seikkoja kutsutaan vikaantumistavoiksi. Raportointi on tärkeää, koska tässä vaiheessa on hyödyllistä saada tietoa siitä, millaisia tapauksia kyseisillä tai vastaavilla kohteilla on aiemmin tapahtunut samankaltaisissa toimintaympäristöissä. Mukaan otetaan myös ne mahdolliset vikaantumiset, jolle on luotu ennakkohuolto-ohjelmia, sekä ne mahdolliset tapaukset, joiden kohdalla esiintymisriski on suuri. Listaus sisältää siis nekin tapahtumat, joita ei välttämättä ole vielä koskaan edes tapahtunut, mutta ovat todennäköisiä. [7, s. 114]

Perinteisesti listaukset sisältävät vikaantumisia, jotka johtuvat kohteidensa rappeutumisesta tai normaalista kulumisesta. Listaukseen pitää ottaa mukaan nekin tapahtumat, jotka johtuvat inhimillisistä virheistä ja tuotantovälineiden väärinkäytöistä. Vikaantumisen alkusyyt on saatava selville, jotta voidaan muuttaa toimintoja siten, että alkusyyt voidaan poistaa. Kaikki vikaantumismahdollisuudet on käsiteltävä listalla tarkoin, jotta ne tunnistetaan. [7, s. 114]

4.6.2 Vikojen vaikutukset ja seuraukset

Neljäs vaihe on tutkia vikojen vaikutuksia. Jokainen vikaantumistapalistanne kerätty vika käsitellään. Määritysten pohjalta voidaan arvioida vikojen seuraukset. Määritykset tehdään käsittelemällä seuraavia seikkoja:

- Mistä nähdään jo tapahtunut vikaantuminen?
- Mitkä ovat terveys- ja ympäristöriskit, joita vikaantuminen aiheuttaa?
- Mitkä ovat vikaantumisen vaikutukset tuotantoon ja toimintaan?
- Mitkä ovat ne konkreettiset vahingot, joita vikaantuminen aiheuttaa?
- Mitä korjaustoimenpiteitä käytetään? [7, s. 114]

Vikaantumistapoja voi olla tuhansia, kun kyseessä on tavallinen tuotantolaitos. Jokainen vikaantumistapa vaikuttaa jotenkin tuotantolaitoksen toimintaan, mutta jokaisessa tapauksessa seuraamukset vaihtelevat. RCM jakaa vikojen seuraukset neljään eri kategoriaan, jotka luetellaan seuraavassa listassa:

- Piilevien vikojen seuraukset. Piilevät viat eivät aiheuta suoria seuraamuksia, mutta ne käynnistävät tapahtumaketjun, josta seuraa suuri joukko vikaantumisia. Nämä vikaantumisjoukot puolestaan aiheuttavat vakavia seurauksia.
- Turvallisuus- ja ympäristöseuraukset. Pahat turvallisuusseuraukset voivat aiheuttaa vammautumisia tai jopa kuoleman. Ympäristöseuraukset taas aiheuttavat säästöjä ylittäviä päästöjä ja haittoja.
- Toiminnalliset seuraukset. Vikaantuminen vaikuttaa huonontavasti tuotantoon, esimerkiksi määrään, laatuun, asiakaspalveluun tai käyttökustannuksiin välittömien korjauskustannusten lisäksi.
- Ei-toiminnalliset seuraukset. Seuraukset ovat korjauksista aiheutuvia välittömiä kustannuksia.

Strateginen päätöksenteko pohjautuu vikojen jakamiseen edellä mainittuihin neljään ryhmään. Kun seuraukset jaetaan väkisin neljään ryhmään, voidaan keskittyä jakamaan kunnossapito niille alueille ja niihin kohteisiin, joiden seuraukset vaikuttavat suurimmin organisaation toimintaan. Henkilökuntaa on syytä kannustaa miettimään laajemmin, mitkä ovat ehkäisevän kunnossapidon mahdollisuudet. Pelkästään vikojen estämiseen keskittyminen ei tuota tehokasta tulosta. [7, s. 115]

Vikaantumisen hallintaan tarvitaan toisinaan käytettäväksi koviakin keinoja, kuten esimerkiksi uudelleensuunnittelua ja vikasietoisten rakenteiden käyttöä. Kun laitteistot toimivat, niihin voidaan kohdistaa monitorointia, käynninvalvontaa ja laitteen toimintaparametrien valvontaa. [7, s. 115]

Vikaantumisen hallinnan tehtävät jaetaan RCM:n perusteella kahteen ryhmään, proaktiivisiin tehtäviin sekä korjaus- ja toimintaohjeisiin. Proaktiiviset vianhallintatehtävät ovat niitä tehtäviä, joita tehdään ennen kuin vikaantuminen on kehittynyt niin pitkälle, että laite ei toimi. RCM:n pohjalta proaktiiviset tehtävät jaetaan kolmeen ryhmään: jaksotettu korjaus, jaksotettu uusiminen ja kunnonvalvonta. Kunnonvalvonnan alle kuuluvat myös toimenpiteet, joihin kunnonvalvonnan havaintojen pohjalta ryhdytään. Ihmisten aistit toimivat osaltaan kunnonvalvonnan apuvälineinä. [7, s. 115 – 116]

Jaksotetun korjauksen toimenpiteitä ovat esimerkiksi osien uudelleent valmistus, laitteen ja sen osien määräaikaistarkastukset riippuen tai riippumatta elinajasta. Jaksotettu uusiminen tarkoittaa laitteen tai sen osien uusimista kunnosta riippumatta. Kunnonvalvonnan toimenpiteisiin aletaan, kun vikaantuminen on oireilevaa. Oirehtiva vikaantuminen on sitä, kun vikaantuminen on alkanut, ja se voidaan tunnistaa. Kunnonvalvonnan pyrkimyksenä on havaita viat siten, että ne voidaan korjata suunnitellulla tavalla. Kunnonvalvontaa liittyvät muun muassa ennustava ja ehkäisevä kunnossapito. [7, s. 116]

Korjausohjeet ja toimintaohjeet ovat aiheellisia silloin, kun kohteelle ei voida määrittää tehokasta ehkäisevää toimintamallia. Jos vikaantuminen tapahtuu, edetään kyseisten ohjeiden mukaisesti. Kun kohde vikaantuu, suoritetaan muun muassa vian etsintää ja korjaavaa kunnossapitoa. Ihmisten aistit toimivat osaltaan kunnonvalvonnan apuvälineinä. [7, s. 115]

Vian etsinnässä tutkitaan piileviä toimintoja, jotta löydettäisiin vikaantuneita osia. Uudelleensuunnittelu taas on sitä, kun muutetaan kohteen toimintaan vaikuttavia osia tai rakenteita.[7, s. 116]

4.6.3 Työtehtävien suunnittelu

RCM-menetelmän mukaan halutaan selvittää tapauskohtaisesti vikaantumisen seurauksia ja parhaiten soveltuvia kunnossapitomenetelmiä. RCM-menetelmään kuuluu priorisointi, jonka perusteella onkin mahdollista päättää, mitä on järkevää tehdä ja mitä ehkäisevän kunnossapidon keinoja erilaisissa toimintaympäristöissä on tehokasta käyttää. Lisäksi priorisointi helpottaa ymmärtämään, kuinka usein mitäkin keinoja tulee käyttää, ja miten syvällistä ymmärrystä kunnossapitäjältä vaaditaan. Seurannaisvaikutusten arvo ja määrä tulee tutkia etukäteen.

Priorisoinnin perusteella kunnossapidon rutiininomaiset tehtävät vähenevät. Tämä johtuu siitä, että kun ehkäisevää kunnossapitoa osataan kohdistaa oikeisiin paikkoihin, ns. turhaa työtä ei enää tehdä. Vähentyneet rutiinitehtävät vaikuttavat työn laatuun parantavasti. [7, s. 117]

4.7 Vaiheet RCM: n käyttöönottoprosessissa

Kun uutta menetelmää ollaan suunnittelemassa käyttöönotettavaksi, tulee suunnitelma esitellä yrityksen johdolle, osastojen vetäjille ja henkilöstöryhmien edustajille. Kaikkien on tärkeää saada tarvitsemansa tiedot asiaan liittyen, koska kaikki uudet asiat vaativat asenteiden muokkaamista. On ehdottoman tärkeää, että kaikki pysyvät ajan tasalla, sillä ilman tarvittavaa tiedotusta ja kouluttamista asenteet muokkautuvat helposti vastustaviksi, eikä uuden järjestelmän käyttöönotolle muodostu sen tarvitsemia olosuhteita. [7, s. 117]

Mikäli esitelty suunnitelma hyväksytään, muodostetaan pieni ryhmä, joka valitsee työlle muutamia pilottikohteita. Pilottikohteiksi on suositeltavaa ottaa ne kohteet, jotka ovat vaikeimpia kunnossapidon kannalta. Vaaditaan useita ryhmäkokoontumisia, ennen kuin

kohteet ovat selvillä ja kaikki jäsenet ovat samoilla linjoilla. Kohderyhmät tulee ennen työskentelyn aloittamista perehdyttää tarkoin RCM:n periaatteisiin. [7, s. 117]

Tuotantolaitoksessa on järjestettävä perehdyttämiskurssi, johon osallistuu muutamia henkilöitä pilottikohteista. Henkilöt edustavat käytön ja kunnossapidon esimies- tai johtotasoa. Tämän vaiheen jälkeen päätetään, jatketaanko projektia. [7, s. 118]

Perehdytetyt työryhmien jäsenet tekevät seuraavaksi useita asioita, kuten vahvistavat pilottikohteet ja määrittelevät kaikille kohteille omat tavoitteet. Olisi hyvä tuoda esille ero nykytilan ja tavoitetilan välille. Lisäksi arvioidaan aika, mikä kunkin kohteen laitteiden tarkastukseen menee. Projektille nimetään vetäjät ja avustajat sekä ne henkilöt, jotka osallistuvat projektiin. Projektiin osallistuville henkilöille on suunniteltava peruskoulutus sekä tuleville kokoontumisille tarkat aikataulut ja paikat. Myös tämän vaiheen jälkeen tehdään päätös projektin jatkamisesta. [7, s. 118]

Pilottiprojektit toteutetaan tekemällä seuraavia toimenpiteitä, kuten toteuttamalla peruskoulutus projektiin kuuluville henkilöille, sekä pitämällä RCM-kokoukset, joissa käsitellään kerättyjä tuloksia. Työryhmien suositukset ja parannusehdotukset auditoidaan, sekä tarkastetaan toimenpiteiden tulokset. Lopuksi ylintä johtoa tiedotetaan tuloksista ja sovitaan jatkotoimenpiteistä. [7, s. 118]

Kaikkien edellä mainittujen vaiheiden jälkeen projektia laajennetaan siten, että ensin tehdään kannattavuuslaskelmia, joiden pohjalta voidaan todeta, mihin RCM-metodia on järkevää käyttää. RCM:n voi siis ottaa käyttöön joko koko tuotantolaitoksessa tai sitten niissä osaluissa, joissa on ongelmia. [7, s. 118]

Seuraavassa on lueteltu tavallisimpia erikoistekniikoita, joita käytetään, kun kunnossapidon keinot eivät riitä hallitsemaan tilannetta ehdottoman luotettavasti.

- Reduntanttisuus eli varmentaminen
- Vikasietoisten komponenttien käyttö
- Käytön monitorointi

- Uudelleensuunnittelu
- Erikoiskomponenttien käyttäminen

Käytettävyyden hallinnan keinot perustuvat riskien hallintaan. Tähän liittyy neljä osa-aluetta, jotka ovat riskien määrittäminen, esiintymistodennäköisyyden arviointi, riskien vaikutusten arviointi ja toteutuneiden rikkoontumisten analysointi. [7, s. 118 – 119]

5 LAATU JA TALOUDELLISUUS KUNNOSSAPIDOSSA

5.1 Laatu

Niin kunnossapidossa kuin tuotannossa yleensäkin laatu on tärkeä elementti. Kunnossapidon laadusta ei kuitenkaan ole saatavilla juurikaan kirjallisuutta. Eräs merkittävä kunnossapidon kehittäjä on englantilainen John Moubray, joka kehitti luotettavuuskeskeisen kunnossapidon menetelmää (RCM2). [7, s. 82]

Kunnossapidon laatujärjestelmän suunnitteleminen on vaativaa, koska kaikkia tapahtumia ei voi ennustaa, eikä hoitaa ennakoivan kunnossapidon keinoin. Näin ollen on kirjattava tärkeimmät toimintaperiaatteet. Yritykset määrittelevät itse tuotelaadun, ja tavoitteena on luoda kunnossapitojärjestelmä, joka turvaa laadun pysyvyyttä. Laatujärjestelmään määritellään ainakin seuraavat seikat:

- Organisaatio, sekä sen sisäiset vastuut ja valtuudet
- Dokumentointi ja ohjeistus, sekä suoritettujen toimenpiteiden ja tapahtuneiden poikkeamien kirjaaminen
- Toteutukselle asetettavien vaatimusten dokumentointi
- Kunnossapitopalveluiden ostamisen periaatteet
- Kalibrointimenettelyt
- Tuotteiden käsittelyn, varastoinnin jne. turvaaminen kunnossapitotoiminnan puolesta
- Ylläpidettävien tietokantojen määrittely, laitetoimittajien ohjeet kunnossapidosta, varaosatieidot, piirustukset jne.
- Säilytysmenettelyt kunnossapidon tietotalleille

- Koulutus- ja pätevyysvaatimukset kunnossapitotoimintaan, sekä menettelytavat niiden turvaamiseksi

Dokumentointi on erityisen tärkeää, koska poikkeavat tapahtumat ja toimenpiteet on saatava talletettua muistiin tulevaisuutta varten. Kunnossapidossa keskeisenä ongelmana onkin kirjaamisen menettelyn vähäisyys. Jotta ongelma saadaan ratkaistua, on määrättävä, että kirjaukset suoritetaan välittömästi. Jos kirjaamista ei suoriteta välittömästi, on määrättävä tapa, jolla kyseinen tieto säilyy väliaikaisesti ja se, millä toimenpiteillä varmistetaan, että kirjaus suoritetaan jälkikäteen. [9]

5.2 Palvelu

Kunnossapito on palveluammatti, jolloin laatua voi lähteä tarkastelemaan asiakastyytyväisyyden kannalta. Yrityksen laatuksa on siis ratkaisevassa asemassa usein, kun asiakkaat tekevät päätöksiä. On huomionarvoista, että kunnossapidossa ”tuote” onkin palvelu, ts. tuote on immateriaalinen. Laatua on hankalaa arvioida kunnossapidossa, koska esimerkiksi suoritettaessa jokin mittaus siitä ei lopulta jää jäljelle mitään konkreettista. Mittauksen onnistuminen on kuitenkin kiinni siitä, miten hyvin sen tekijä osaa tehtävän suorittaa. [7, s. 83–84]

Huomioitavaa on, että kunnossapitoon liittyy ongelma asiakkaiden sitoutumiseen puolelta. Koska kunnossapidettävät koneet eivät välttämättä ole käyttäjiensä omistuksessa, saattaa heidän suhtautumisensa olla välinpitämätöntä. [7, s. 84]

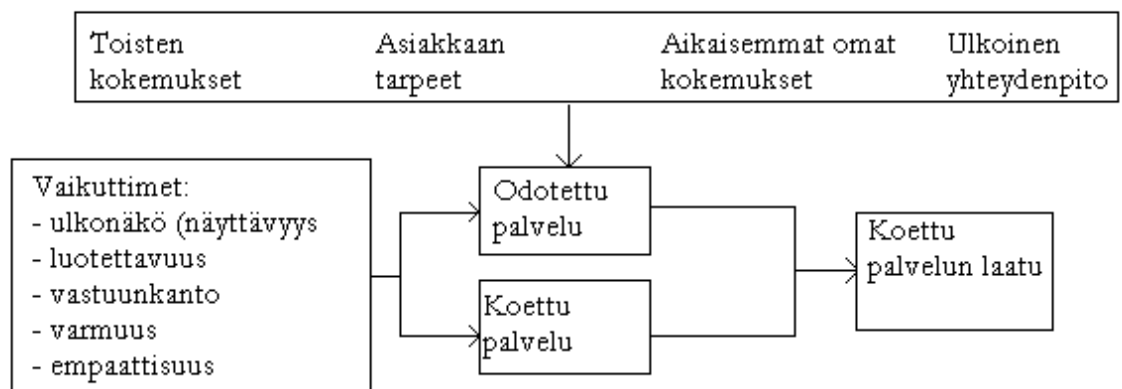
Eurooppalainen tapa soveltaa laatuoppeja onkin hyvin lähellä japanilaisten tapaa soveltaa tuottavaa kunnossapitoa. Laatuguru Demingin luoma PDCA-malli eli Demingin laatuympyrä on yleisesti käytössä. Mallin mukaan aluksi suunnitellaan menettelymalli, toimitaan mallin mukaisesti, tarkistetaan toimintaa ja analysoidaan lopuksi saadut tulokset loogisessa järjestyksessä. [9, s. 23]

Palvelun laadun tulee koostua pehmeästä ja kovasta laadusta. Suomalainen Christian Grönroos nimittää pehmeää ja kovaa laatua toiminnalliseksi ja tekniseksi laaduksi. Kun

asiakkaat saavat palvelua, he muodostavat käsityksensä pehmeästä laadusta. Tapahtuma on hyvin voimakas ja huono pehmeä laatu voi vaikuttaa asiakkaan ajatuksiin todella kielteisessä mielessä. Yleensä pehmeää laatua ei tiedosteta, vaikka se on keskeisin laatukäsityksen muodostaja. Mikäli asiakas kokee vain huonoa pehmeää laatua, hän todennäköisesti perustaa tulevat päätöksensä toimittajan valinnassa koviin komponentteihin. Esimerkiksi hinta on kova arvo, jonka voi vaikuttaa asiakkaan päätökseen. Kun asiakkaan kuva palvelun suorittajasta on positiivinen, hyvä asiakkaan ja toimittajan välinen suhde alkaa muodostua. [7, s. 84]

Tilannetta, jolloin asiakas ja toimittaja tapaavat, kutsutaan totuuden hetkeksi. Kohtaaminen voi tapahtua joko henkilökohtaisesti tai etäyhteyden kautta. Totuuden hetken aikana asiakas tekee johtopäätöksiä laadusta ja asiakkuussuhteen jatkosta. [7, s. 85 -87]

Kuva 11 ilmentää koetun palvelun laatua. Vaikuttimet ovat niitä mahdollisuuksia, joita toimittajalla on käytössään asiakkaaseen nähden. Alkuperäinen kuva on saatavilla Kunnossapitoyhdistys ry: n teoksessa. [7, s. 87]



Kuva 11. Koetun palvelun laatu

5.3 TQM – Laatujohtaminen

Total Quality Management eli laatujohtaminen on kokonaisvaltainen laatujohtamisen malli. TQM määritellään siten, että siinä johto ja työntekijät toimivat yhdessä tuottaakseen ja kehittääkseen laadukkaita palveluita. ISO9000 -standardin myötä TQM on saavuttanut kansainvälisesti standardisoituneen aseman, ja näin ollen se on levinnyt käytettäväksi laajasti.[10.]

TQM keskittyy parantamaan pelkkien tuotteiden lisäksi ns. koko yrityksen elämää. Se siis vaikuttaa filosofiana koko kohdeorganisaation kulttuuriin. Laadun tavoittelu lähtee ensikädessä organisaation johdosta, mutta onnistumiseen vaaditaan koko organisaation henkilöstön panos. Tämän vuoksi resursseja on käytettävä henkilöstön jatkuvaan koulutukseen. Lisäksi on tärkeää, että henkilöstölle tiedotetaan, miksi toimenpiteet suoritetaan ja mitkä ovat yhteiset tavoitteet. [10.]

Laatujohtamisessa on lisäksi otettava huomioon asiakasryhmien odotukset ja tarpeet. Erittäin keskeistä on jatkuvan muutoksen toteuttaminen toimintaa parannettaessa. Laatujohtamisessa voidaan korostaa esimerkiksi inhimillisiä tekijöitä, tehokkuutta tai yhteisöllisyyttä. Tärkeintä on luoda kestävä päämäärä, joka tulevaisuudessa pyritään omalla toiminnalla saavuttamaan. Päämäärän tulee olla sellainen, että se juontuu luonnollisesti yrityksen arvoista ja on yhteiskunnallisesti sovinnainen. Sen on tuettava yhteiskunnan ja ihmisten hyvinvointia sekä kestävä kehitystä. Moraalisesti oikea toiminta ja yhteiskunnallinen painotus liittyvät voimakkaasti TQM:n. [10]

5.4 Talous

Kunnossapito on liiketoimintaa, jonka tuottavuus syntyy tuottojen ja kustannusten erotuksena. Seuraavassa tutkitaan kunnossapidon kustannuksia. [7, s. 121]

Kunnossapidon kustannukset ovat joko välittömiä tai välillisiä. Välittömät kustannukset ovat ne kustannukset, jotka johtuvat toiminnan suorittamisesta. Esimerkkinä kyseisistä

kustannuksista ovat muun muassa kunnossapitohenkilöstön palkat, varaosat ja varastointikustannukset sekä hankintakustannukset. [7, s. 121]

Välittömiä kustannuksia on usein hankalaa kohdistaa. Niitä ei ole helppoa jakaa järkevästi kunnossapidon eri toiminnoille. Välillisiä kustannuksia ovat esimerkiksi hylky, uusiminen, varastojen epäsuhtaisuus ja hallitsematon resurssien käyttö. Välilliset kustannukset kasvavat helposti suuremmiksi kuin välittömät. Lisäksi niitä on vaikeaa mitata, jolloin niiden vaikutus koko toiminnan kannalta on suuri. [7, s. 122]

Huonolaatuisesta toiminnasta voi aiheutua aineettomia menetyksiä, jotka vaikuttavat toimintaan. Tällaisia ovat muun muassa sisäiset vaikutukset, kuten turvallisuuden, motivaation ja oppimisprosessin kärsiminen. Lisäksi toimittajan maine voi kärsiä, jolloin parhaat asiakkaat hakeutuvat muualle. Imagon kärsiessä yrityksen on tulevaisuudessa vaikeaa saavuttaa asemansa hyvämaineisena yrityksenä. [7, s. 122]

Koneen elinjakson kunnossapitokustannukset saadaan selvitettyä LCC-analyysin pohjalta. LCC-analyysissä huomioidaan kaikki kulut, jotka tutkittava kohde aiheuttaa. Kulut jaetaan pääomakustannuksiin, käyttökustannuksiin ja kunnossapitokustannuksiin. Pääoma- ja käyttökustannukset pysyvät suhteellisen vakioina, mutta kunnossapitokustannukset ovat alun asennusvaiheessa sekä lopun lisääntyneen kunnossapitotarpeen ja käytöstä poiston aikana korkealla. Tuotto syntyy silloin, kun kone on toiminnassa. [7, s. 123]

Varsinkin ostohetkellä LCC-menetelmä havainnollistaa hyvin koneen toimintaa. Ostajalla on tuolloin mahdollisuus saada tietoa koneen kustannuksista ja niistä tekijöistä, jotka aiheuttavat kuluja. [7, s. 125]

6 KUNNOSSAPITOSUUNNITELMAN TOTEUTUS

6.1 Työn alkusuunnittelu

Työn tilaajalla ei ole ollut aiemmin käytössään kattavaa kunnossapitosuunnitelmaa. Suunnitelman laatiminen osoittautui ajankohtaiseksi, kun yritys muutti uusiin tiloihin. Aikaisemmin yrityksessä on käytetty vain lähinnä korjaavan kunnossapidon keinoja. Kuitenkin tiedetään, ettei pelkkä korjaava kunnossapito ole kannattavaa, jolloin on eduksi perehtyä myös ennakoivan kunnossapidon menetelmiin ja luoda yritykselle oma kunnossapitosuunnitelma.

Aluksi määriteltiin, että kunnossapitosuunnitelman tulee olla käytännössä toimiva. Lisäksi määriteltiin, että työhön sisällytetään yrityksen koneet ja laitteet, liikkuva kalusto sekä tilat. Tässä insinööriyössä ei paneuduta syvällisemmin tilojen kunnossapitoon, vaan tiloihin sovelletaan kunnossapitosuunnitelman suosituksia yleisesti.

Työ aloitettiin keräämällä tietoa kohteista, jotka ovat työssä mukana. Alkutiedot ja ne kunnossapidolliset asiat, joita kohteisiin on sovellettu aiemmin, kerättiin yhteen. Alussa haettiin myös kohteista lisätietoa, joka dokumentoitiin alkutietojen yhteyteen.

Laaja kokonaisuus työn aloituksessa oli kunnossapitomenetelmiin ja -strategioihin tutustuminen. Erilaisiin menetelmiin tutustuminen vei aikaa varsinkin, koska yrityksellä ei ollut aikaisempaa kunnossapitosuunnitelmaa, jota olisi lähdetty kehittämään. Menetelmiin tutustumisen jälkeen työtä alettiin koostaa alkutietojen pohjalta. Lisäksi työn eri vaiheissa pidettiin seurantapalavereja, joissa seurattiin työn edistymistä sekä suunniteltiin, mitä työn tulee käsitellä.

6.2 Työhön sisältyvien kohteiden määrittely

Työ toteutettiin tilaajan hyötynäkökulmaa ajatellen. Koska tilaaja halusi kunnossapitosuunnitelman laitteille ja koneille, liikkuvalla kalustolle sekä tiloille, mainitut

elementit sisällytettiin työhön. Työssä ei kuitenkaan käsitellä laajemmin tiloja, mutta niiden kunnossapito noudattaa muun suunnitelman toteutusperiaatteita.

Tilaaajan etua palvelee myös se, ettei työn tässä vaiheessa koota yksityiskohtaista kunnossapitosuunnitelmaa jokaiselle kohteelle erikseen. Suunnitelman käyttöönotto siis jäänee tulevaisuuteen, koska tässä vaiheessa aika ei riitä toteuttamaan koko suunnitelmaa. On muistettava, että jokaisen kunnossapitosuunnitelman laatiminen ja käyttöönotto vievät huomattavasti aikaa. Työmäärä on lisäksi kohtuuton toteutettavaksi kyseiseen työhön käytetyssä ajassa, jolloin käyttöönotto ei olisi edullista osapuolille. Tästä työstä saadaan kuitenkin tarpeellisia tietoja ja suosituksia, joiden perusteella yritys voi aloittaa kunnossapitotoimintansa parantamisen.

Kaikista koneista ja laitteista sekä liikkuvasta kalustosta laadittiin listat, joista käy ilmi kohteiden tietoja (liite 1). Tiedoista nähdään muun muassa koneiden merkit, valmistusvuodet, tyypit ja sarjanumerot. Tietojen pohjalta etsittiin kohteiden manuaalit, joista löydettiin lisätietoa liittyen kunnossapitoon. Manuaaleista kerättiin lisää hyödyllistä tietoa, kuten aiheellisia kunnossapitotoimenpiteitä suoritettaviksi esimerkiksi päivittäin ja kuukausittain. Lisäksi maahantuojien ja varaosatoimittajien yhteystiedot kerättiin koneiden tietojen yhteyteen.

Kun kohteiden perustiedot ja tarpeelliset yhteystiedot saatiin kerättyä samaan paikkaan, saatiin selkeä kuva yrityksen laitteistosta. Sillä hetkellä kunnossapito hoidettiin niin, että osan hoiti oma henkilöstö ja osa kunnossapidosta oli hajautettu useammalle yritykselle. Kunnossapidon ulkoistamista harkittiin, mutta toimenpiteet asian suhteen jäivät päätettäväksi myöhemmin. Tarkoituksena oli tutustua useampiin kunnossapitopalveluja tarjoaviin yrityksiin, jonka jälkeen olisi mahdollista päättää, kuka yrityksen kunnossapidosta tulee vastaamaan. Koska yrityksellä on omistuksessaan useita erimerkkisiä koneita, valintaprosessi on monimutkainen. Ulkoistamiseen haettiin pohjatietoja, mutta päätöksen teko siis jää tulevaisuuteen.

Kunnossapitosuunnitelmaa laadittaessa pidettiin palavereja, joissa sovittiin jatkossa seuraavista toimista. Ennen suunnittelun alkua oli ehdottoman tärkeää perehtyä erilaisiin menetelmiin ja strategioihin, jotta löydetään oikeat tavat kunnossapitosuunnitelman

perustaksi. Jo aluksi oli selvää, että ennakoivan kunnossapidon osuutta tulee korostaa, unohtamatta korjaavaa kunnossapitoa. Menetelmiin tutustumisen jälkeen alkoi hahmottua kuva siitä, mitkä menetelmät vastaavat parhaiten asetettuja tavoitteita.

6.3 Menetelmien määrittely

Kyseiselle yritykselle siis täytyy ensinnäkin suunnitella ennakoivaa kunnossapitoa. Jokaista kohdetta ei ole järkevää tuoda ennakoivan kunnossapidon piiriin, koska kaikkea ei ole syytä kontrolloida sen avulla. Vikaantumista tapahtuu joka tapauksessa jossakin määrin, eikä pelkistettynä esimerkkinä sähkölamppua kannata vaihtaa, ennen kuin se on palanut. Toisekseen kustannustehokkuus kärsisi, jos kaikki kohteet otettaisiin ennakoivan kunnossapidon sisälle.

Ennakoiva kunnossapito tulee sisältämään ne kohteet, joita on järkevää kytkeä tähän piiriin. Koneiden haluttu luotettavuustaso on pitkälti kiinni taloudellisuudesta sekä tietysti turvallisuudesta, jonka perusteella määritetään ennakoivan kunnossapidon kohteet.

Aluksi on selvitettävä, minkä kohteiden vikaantuminen aiheuttaa turvallisuus- tai ympäristöriskejä. Kun nämä kohteet on saatu selville, riskit arvioidaan ja näille kohteille suunnitellaan ensimmäiseksi ennakoivan kunnossapidon toimenpiteet. Lisäksi riskejä arvioidaan talousnäkökulmasta. Mikäli jonkin koneen vikaantuminen aiheuttaisi pitkän seisokin esimerkiksi varaosien vaikean saatavuuden vuoksi, koneelle tulee suunnitella ennakoivan kunnossapidon toimenpiteitä, kuten tiettyjen osien varastointia.

On muistettava, että välilliset menetykset johtuen suunnittelemattomasta kunnossapidosta voivat kasvaa moninkertaisiksi suunnitellusta kunnossapidosta aiheutuvien kustannusten rinnalla. Myös laatu vaikuttaa ennakoivan kunnossapidon suunnitteluun. Loogisesti ajateltuna tehtävä kannattaa hoitaa kerralla laadullisesti kuntoon, ettei sitä jouduta toistamaan uudelleen turhan takia.

Työn pohjaksi katsottiin parhaaksi palaverin perusteella ottaa Reliability Centered Maintenance -menetelmä. RCM oli paras vaihtoehto, koska yritys kokee tärkeäksi

tuotantoprosessien luotettavuuden. RCM-menetelmä on metodi, jonka avulla voidaan suunnitella kunnossapidettävän kohteen kunnossapito. [7, s. 111]

6.4 Ohjeita kunnossapitosuunnitelman käyttöönottoa varten

Seuraavassa käydään läpi vaihe vaiheelta kunnossapitosuunnitelman käyttöönotossa tarvittavia askelia. Ohjeet auttavat yritystä toteuttamaan suunnitelman.

Ohjeistukseen on yritetty tuoda sellaisia näkökohtia, jotka eivät välttämättä ole itsestään selviä käyttöönottoa aloitettaessa. Lyhyt ja yksinkertaistettu vaiheittainen kunnossapitosuunnitelman käyttöönotto selvitetään lisäksi liitteissä (liite 2).

6.4.1 Koulutus, priorisointi ja riskianalyysi

Ensimmäinen askel on se, että kunnossapitosuunnitelma menetelmien tuodaan koko henkilöstön tietoon. Kunnossapitosuunnitelman käyttöönotto vaatii asenteiden muokkaamista koko organisaatiolta, jolloin pohjatyö tulee tehdä perusteellisesti. Mikäli palavereja ja kokouksia asian tiimoilta ei pidetä hyvissä ajoin, asenteet saattavat muuttua välinpitämättömiksi ja jopa kielteisiksi. Koko henkilöstö tulee ottaa mukaan suunnitelman kehittämiseen ja muokkaamiseen yritykselle sopivaksi.

On huomioitava, että koneiden käyttäjät tuntevat työvälineensä parhaiten. Näin ollen koneiden käyttäjät omaavat erittäin arvokasta tietoa. Lisäksi he ovat avainasemassa kunnossapidon onnistumisen suhteen, koska usein esimerkiksi päivittäiset huoltotoimenpiteet kuuluvat juuri koneiden käyttäjille. Koneilla työskennellessään työntekijät pystyvät myös seuraamaan ja havainnoimaan koneiden toimintaa ja mahdollisia poikkeamia jo pelkästään aistiensa perusteella.

Kun kunnossapitosuunnitelmaa aletaan ottaa käyttöön, kohteet tulee priorisoida. Kun priorisointi on suoritettu, kunnossapito osataan kohdistaa tärkeimpiin kohteisiin.

Todennäköisesti tärkeimpiä priorisointiperusteita ovat kustannukset ja turvallisuus sekä ympäristövaatimukset ja laatu.

Kohteiden priorisointia suoritettaessa huomioidaan ensin laitteiden toiminnot ja suorituskykystandardit omissa toimintaympäristöissään. Niin laitteet kuin niiden toimintaympäristöt ovat parhaiten koneiden käyttäjien tiedossa. Näin ollen selvitystyö tehdään koneiden käyttäjien kanssa. He osaavat kertoa, millainen on koneen optimaalinen laadullinen, määrällinen ja taloudellinen tulos. Tavoitteet kunnossapidolle asetetaan kyseisten tietojen pohjalta.

6.4.2 Vikaantumismekanismien huomioiminen ja raportointi

Kun saadaan selville, mihin kohteisiin menetelmää sovelletaan, on seuraavaksi tutkittava, mitkä ovat näiden laitteiden vikaantumismekanismit ja vikaantumisen seuraukset. Mitä vakavammat ovat vikaantumisen seuraamukset, sitä enemmän kyseiseen mekanismiin tulee kiinnittää huomiota. Jos kohteen vikaantuminen aiheuttaa todennäköisen turvallisuusriskin, on riski ehdottomasti pyrittävä poistamaan. Myös riskit, jotka aiheuttavat vakavia ongelmia tuotantoon, tulee eliminoida mahdollisimman perusteellisesti.

Kun kunnossapitosuunnitelman pohjalle valittiin RCM-menetelmä, vikojen seuraukset jaetaan neljään seurauksien ryhmään, jotka ovat piilevien vikojen seuraukset, turvallisuus- ja ympäristöseuraukset, toiminnalliset seuraukset sekä ei-toiminnalliset seuraukset. Kyseinen jako on selitetty tarkemmin teoriaosassa (s. 25). Tätä jakoa tulee siis käyttää myös kyseisessä kunnossapitosuunnitelmassa, jotta kunnossapidon strateginen päätöksen teko saadaan yhtenäiseksi.

Vikaantumismekanismit voivat perustua esimerkiksi aikaan tai satunnaisuuteen. Tutkimukseen tulee liittää myös ns. passiiviset komponentit, kuten raja- ja turvalaitteet. Kun tutkimuksen tulosten perusteella tiedetään, miten laitteet vikaantuvat, on mahdollista suunnata oikeat menetelmät oikeisiin kohteisiin. Tässä vaiheessa tutkimustyö tulee suorittaa erityistä huolellisuutta noudattaen, jotta vikaantumismekanismit tulevat varmasti selville.

Mukaan tulee lisätä myös ne vaihtoehdot, joissa vikaantuminen tapahtuu inhimillisestä erehdyksestä tai välinpitämättömyydestä.

Aikaisempi raportointi helpottaa tehtävää, koska kirjatut toimenpiteet ja poikkeamat antavat kuvan siitä, mitä tietylle kohteelle on aikaisemmin tapahtunut. Voidaan olettaa, että laite vikaantuu mahdollisesti tulevaisuudessa samoin kuin aikaisemminkin. On tietysti huomioitava, että jokaisen koneen vikaantuminen on useamman tapahtuman summa, jolloin jokaista vikaantumistapaa ei voida ennakoida. Tulevaisuudessa tapahtuva raportointi on lisäksi ensiehtoisen tärkeää, jotta saadaan vieläkin laajempi näkemys tapahtumista.

Raportointiin liittyy sekin, että niille laitteille, joita ei ole järkevää liittää ehkäisevän kunnossapidon piiriin, on luotava omat erilliset toimintaohjeet. Kun jokin kyseisistä laitteista vikaantuu, toimintaohjeista saadaan selkeät ohjeet jatkotoimenpiteistä. Tulee selvittää myös ne seikat, minkä perusteella nähdään kohteen jo tapahtunut vikaantuminen. Toimintaohjeissa on syytä huomioida esimerkiksi seuraavat asiat:

- Mitkä ovat todennäköiset syyt vikaantumiselle?
- Kenellä on tarpeeksi tietämystä kohteen palauttamisesta toimintakuntoon?
- Missä tilanteissa kohde voidaan palauttaa toimintakuntoon oman henkilöstön voimin, milloin tarvitaanko paikalle esimerkiksi korjaaja yrityksen ulkopuolelta?
- Onko tarpeellista säilyttää joitakin varaosia omassa varastossa? Mistä varaosia saadaan?
- Toimintaohjeisiin on lisäksi hyvä liittää muun muassa varaosatoimittajien yhteystiedot.

Jokaisesta kohteesta (niin ennakoidun kunnossapidon piiriin kuuluvista kuin kuulumattomistakin) tulee olla konekortit, joiden perusteella saadaan vaivattomasti tietoa koneiden malleista ja muista tärkeistä seikoista, jotta esimerkiksi varaosien tilaaminen onnistuu heti tarpeen ilmetessä.

Koneiden käyttöhenkilöstölle tulee painottaa heidän panostuksensa tärkeyttä. Aisteihin perustuva havainnointi on tärkeää, varsinkin kun havaintoja tekee henkilö, joka tuntee kohteen parhaiten. Käyttäjille selvitetään, mitkä ovat kohteiden kriittiset komponentit, jotta he oppivat seuraamaan varsinkin niiden toimintaa.

6.4.3 Vikaantumisen hallinta

Muita vikaantumisen hallinnassa käytettäviä keinoja ovat jaksotettu korjaus ja uusiminen, kunnonvalvonta, vian etsintä ja uudelleensuunnittelu, sekä korjaava kunnossapito, jotka on vaiheittain käsitelty myös työn teoriaosassa.

Laitekohtainen jaksotettu korjaus suunnitellaan laitteille erikseen. Jaksotettua korjausta ja uusimista käytettäessä esimerkiksi tarkastetaan ja vaihdetaan sellaisia osia, joiden tiedetään kuluvan tietyn ajan kuluessa.

Henkilöstön on kunnonvalvonnalla seurattava oirehtivia vikoja, kun laitteiden vikaantuminen on jo alkanut. Kunnonvalvonta on tärkeässä osassa, jotta oirehtivat viat saadaan korjattua suunnitellusti, eikä vikaantuminen ehdi tapahtua aiheuttaen muun muassa haittoja tuotantoon.

Vian etsintää käytetään jo vikaantuneita osien havaitsemiseksi. Kun kyseiset osat havaitaan, ne luonnollisesti korvataan uusilla toimivilla osilla. Vian etsintään kannattaa myös osaltaan paneutua, jotta osataan käyttää oikeita menetelmiä oikeille laitteille ja vikaantuneet osat löydetään nopeasti.

Järeämpi keino kunnossapidossa on uudelleensuunnittelu, jota käytetään kun laitteen tai sen osien rakenteita on muokattava. Jos käytetään uudelleensuunnittelua, prosessi vie aikaa ja vaatii useita toimenpiteitä sisältäen muun muassa toimintatapojen uusimisen ja niiden johdosta tapahtuvat koulutukset.

6.5 Käyttöönoton tapahtumaketju

Kun asenteet on selvitetty ja saatu muokattua positiivisiksi kunnossapitosuunnitelmaa kohtaan, valitaan työryhmät ja ns. pilottikohteet. Työryhmille pidetään koulutus, jossa heille selvitetään RCM-menetelmän periaatteet. Pilottikohteiksi valitaan kahdesta kolmeen kohdetta, joiden on todettu analyyseissä olevan kunnossapidollisesti monimutkaisimpia. Tätä ennen on jo siis suoritettu laitteiden priorisointia, jolloin mahdolliset riskit ovat tiedossa.

Katera Steel Oy:n koneluetteloista (liite 1) löytyvät kaikki yrityksen koneet ja laitteet, joista valinta tehdään. Monimutkaisimpia kohteita ovat mahdollisesti jotkin työstökoneet, koska esimerkiksi nöölihakkurien toiminta ei ole kovinkaan monimutkaista. Lisäksi nöölihakkureista ja vastaavista laitteista saadaan helpommin selvitettyä vikaantumisen syy (tukkeutuma tms.).

Pilottikohteiden valinnan jälkeen jokaisesta pilottikohteesta valitaan henkilöt, jotka osallistuvat yrityksen tiloissa pidettävälle perehdyttämiskurssille. Perehdyttämiskurssilla käydään läpi niitä kunnossapitotapahtumia, jotka RCM-menetelmän mukaisesti tullaan kohteille suorittamaan.

Yrityksessä perehdytetyt henkilöt alkavat seuraavaksi suunnitella tarvittavia resursseja. Resurssit ovat henkilöitä ja asioita, kuten aika ja käytettävät rahamäärät. Samoin määritellään tavoitteet, eli miten nykytilannetta halutaan muuttaa. Yrityksen johto valitsee projekteille vetäjät, jotka muun muassa tiedottavat tapahtumista. Projekteihin valitaan myös muut niissä toimivat henkilöt, joille suunnitellaan koulutus. Projekteille määritellään ne ajat, jotka kuluvat kohteiden tarkastamiseen ja havainnointien tekemiseen. Aikataulujen määrittely myös kokouksien osalta on tärkeää, jotta suunnitelman käyttöönotto onnistuu, eikä koko projekti ns. kuivu kokoon.

Pilottiprojektit toteutetaan, eli RCM-metodeja sovelletaan ensin vain pilottikohteisiin. Kaikkien koneiden ja laitteiden osalta uusien metodien toteuttaminen samalla kerralla voi olla ylivoimaisen hankalaa, jolloin on vaarana, ettei kunnossapitosuunnitelman katsota olevan järkevä. Työmäärä tulee päättää sellaiseksi, että ensimmäiset projektit saadaan kohtuudella

vietyä loppuun. Projektissa toimivat henkilöt oppivat prosessin aikana paljon uutta, jonka jälkeen he kykenevät toteuttamaan uusia projekteja ja jakamaan tietoa muille.

Pilottiprojektien toteuttamiseen liittyy useita vaiheita. Ensinnäkin RCM-koulutukset ja -palaverit on vietävä läpi. Työryhmät antavat kokemansa perusteella parannusehdotuksia pilottikohteista. Nämä ehdotukset tutkitaan ja parannukset toteutetaan, sekä lopuksi tehtyjen toimenpiteiden tulokset tutkitaan. Tulokset saatetaan ylimmän johdon tietoon, jolloin pystytään sopimaan jatkotoimenpiteistä. Huomioitavaa on, että jokaisen vaiheen jälkeen tulee sopia, vieläkö projektia jatketaan.

Mikäli projekti katsotaan mielekkääksi, pilottiprojektien jälkeen projektia laajennetaan kannattavuuslaskelmien pohjalta. Yritys voi päättää ottaa menetelmän käyttöön kaikkiin kohteisiinsa, tai sitten menetelmää voidaan soveltaa pelkästään pahimpiin ongelmakohtiin. Laajennus pannaan toimeen mahdollisimman pian, kun pilottiprojekteista ja koulutuksista saatu tietämys on tuoretta. Muutoksien toteuttamiseen tulee kuitenkin suhtautua maltillisesti, että sopivat kokonaisuudet osataan lohkoa järkevästi käytössä olevien resurssien puitteissa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän insinööriyön pääasiallinen tarkoitus oli luoda käytännössä toimiva kunnossapitosuunnitelma Katera Steel Oy:lle. Työhön tuli valita kunnossapitomenetelmät sekä ohjeistaa niiden käyttöönottoon. Samalla tutustuttiin vikaantumiseen ja kunnossapitoon käsitteenä. Katera Steel Oy:llä ei ole aiemmin ollut käytössään ennakoivan kunnossapidon menetelmiä, mutta niiden suunnitteleminen ja käyttöönottaminen katsottiin tarpeelliseksi viimeistään yrityksen muuttaessa uusiin tiloihin. Ajallisesti prosessi kesti n. seitsemän kuukautta, alkaen työharjoitteluna ja jatkuen edelleen insinööriyön tekemiseen.

Kokonaisuudessaan voidaan todeta, ettei kunnossapitosuunnitelman laatiminen ja käyttöönotto ole aivan yksinkertainen prosessi. Varsinkin käyttöönotto vaatii laitekohtaista tutustumista sekä ennen kaikkea laajempaa paneutumista kunnossapidon menetelmiin. Ajallisesti prosessi on pitkä, jonka vuoksi kunnossapitosuunnitelman mahdollinen käyttöönotto jää tulevaisuuteen. Lisäksi käyttöönottoympäristö täytyy ensin muokata suotuisaksi, jotta kunnossapitosuunnitelmaa voidaan alkaa työstää yrityksen tarpeisiin soveltuvaksi.

Tästä insinööriyöstä yritys saa ohjeita ja suosituksia kunnossapitonsa kehittämiseen ensimmäisistä askelista käyttöönottoon saakka. Johtopäätöksenä huomioitakoon, että tässä kunnossapitosuunnitelmassa on tietoa, jota on mahdollista hyödyntää myöhemmin erilaisissa projekteissa.

Tulevaisuudessa yritys panostaa kunnossapitoon enemmän kuin aiemmin. Yrityksellä on kuitenkin ensin paljon tehtävää, jotta menetelmät sisäistetään ja olosuhteet saadaan muokattua optimaaliseksi.

Kunnossapitosuunnitelman osalta työtä on jatkettava vielä pitkälle tulevaisuuteen. Suunnitelmaa ei ole järkevää yrittää viedä loppuun vähässä ajassa, koska tuolloin kaikkia hyötyjä ei osattaisi käyttää eduksi. Työn tässä vaiheessa on onnistuttu, koska insinööriyö sisältää ainakin tärkeää informaatiota kunnossapidon eri osa-alueista. Lisäksi insinööriyöstä saadaan paljon hyödyllistä tietoa suunnitelman muokkaamiseksi kohdeyrityksen tarpeisiin soveltuvaksi.

8 YHTEENVETO

Kun kunnossapito kohdistetaan oikein, vältetään monilta riskeiltä turvallisuuden, ympäristön ja laadun suhteen. Lisäksi kustannuksia saadaan laskettua, sekä prosessin tuottavuutta ja laitteiden luotettavuutta saadaan parannettua. Kunnossapitosuunnitelman tulee olla sellainen, että se palvelee tilaajansa toiveita. Toisin sanoen suunnitelman tulee olla sellainen, että siitä voidaan ottaa irti kaikki mahdollinen hyöty kohdeyrityksessä. Tämä vaatii metodien täydellistä ymmärtämistä, joka puolestaan vaatii kouluttautumista.

Ennakoivan kunnossapidon osuus on tärkeä. Lisäksi yritysten tulee harjoittaa korjaavaa kunnossapitoa, sillä liiallinen ennakoivan kunnossapidon käyttäminen luo turhia kustannuksia. Kunnossapitosuunnitelman pohjaksi kannattaa ottaa jokin kunnossapidon menetelmä, kuten RCM tai TPM. Kunnossapitomenetelmien sisällön selvittäminen auttaa ymmärtämään, mikä menetelmä sopii parhaiten kohdeyritykselle.

Kun käytettävät menetelmät on selvitetty ja tiedetään, miten kunnossapito tulee suunnitella, toteutusvaiheelle kannattaa luoda aikataulu. Aikataulu ei saa olla liian tiukka, mutta on kuitenkin muistettava, että suunnitelmaa on vietävä eteenpäin napakasti. Suunnitelman tehokkuuden vuoksi on syytä selvittää muun muassa vikaantumismekanismit, ennakoivan kunnossapidon tarve, taloudellisuusnäkökulmat ja samalla on muistettava kohdeyrityksen tarpeet.

Kunnossapito vaatii paljon selvitystyötä pohjaksi. Kun suunnitelma on tehty ja otettu käyttöön, on huolehdittava siitä, että vaaditut menetelmät ja toimenpiteet pysyvät käytössä. Koko organisaation sitoutuminen on ehdottoman tärkeää.

Kunnossapito kannattaisi siis ottaa tuotantolaitosten päivittäiseksi rutiiniksi. Kunnossapidon suunnittelu ja päivittäinen toteuttaminen vaatii oman osansa työpanoksesta, mutta kunnossapidolla saadaan vältettyä tai ainakin minimoitua monia riskejä.

LÄHTEET

- 1 Katera Steel Oy: n kotisivut.<http://www.katerasteel.fi/index.html> (Luettu 20.3.2010)
- 2 Debomix Oy: n kotisivut. <http://www.debomix.fi/> (Luettu 20.3.2010)
- 3 Tehnologiateollisuus ry. Erikoistuotteiden valmistaja Katera Steel Oy jatkaa kasvua uusissa tiloissa.<http://www.teknologiateollisuus.fi/fi/a/erikoistuotteiden-sopimusvalmistaja-katera-steel-jatkaa-kasvua-uusissa-toimitiloissa.html> (Luettu 22.3.2010)
- 4 EU-standardi, 2001. SFS-EN 13306, Kunnossapitosanasto.
- 5 PSK Standardisointiyhdistys, 2003. PSK 6201 Kunnossapito, Käsitteet ja määritelmät.
- 6 Aalto, H. 1997. Kunnossapitotekniikan perusteet. Hamina: Kotkaset.
- 7 Kunnossapitoyhdistys ry, 2004. Kunnossapito. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.
- 8 Suomen Standardoimisliitto, 1986. SFS 3750, Luotettavuussanasto.
- 9 Kunnossapitoyhdistys ry:n kotisivut.
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/index.html> (Luettu 5.4.2010)
- 10 Viismaa, J. 2008. Kaluston kunnossapitovalmiuden kehittäminen. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. [WWW-dokumentti] Saatavissa Theseus – tietokannassa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200811144011>. (Luettu 9.2.2010).
- 11 Laatuakatemia. Viimeksi muokattu 11.4.2009.
<http://www.kotiposti.net/tuurala/TQM.htm> (Luettu 29.3.2010)

LIITTEET

Kyseiseen listaan sisältyvät ne kohteet, joita listattiin insinööriyötä varten.

Koneluettelo, liikkuva kalusto

Trukit:

1. Volvo BM

Tyyppi: 4300

Valm. nro.: 2097

Rek. nro.: 361-VE

2. Volvo BM

Tyyppi: 4300

Valm. nro.: 3260

Rek. nro.: 285-OAU

3. Toyota 25

Koneluettelo, koneet ja laitteet:

Hitsauslaitteisto, virtalähteet:

1. KempoMig 4000W (6 kpl)

2. Kemppe KM400

3. Kempomat32

4. Kemppi FastMig KMS 500

5. Kemppi Minarc 150

Hitsauslaitteisto, langansyöttö:

1. KempoMig Feed 400 (6 kpl)

2. FastMig MF33

3. FastMig MSF55

Hitsauslaitteisto, kolvit:

1. Kemppi PMT52W

2. Kemppi PMT51W

3. Binzel GP-7012-6

Kaasukärryt, lämmityskärryt

Nöölihakurit 7 kpl

CNC – sorvit

1. MAZAK QT 8 vm. 1989

- Sorvaushalkaisija max. 160 mm

- Kappalepituus max. 200 mm

- Tangonsyöttölaite

2. MAZAK QT 20 vm. 1996

- Sorvaushalkaisija max. 300 mm
- Kappalepituus max. 430 mm
- Tangonsyöttölaite

3. FAT-Tur630 vm. 2000

- Sorvaushalkaisija max. 500mm
- Kappalepituus max. 3000 mm

4. MAZAK QT Nexus 200 M vm. 2006

- Sorvaushalkaisija max. 380 mm
- Sorvauspituus 540 mm
- Pyörivät työkalut/tangonsyöttölaite

Työstökeskukset

1. MAZAK VTC-20BB vm. 1998

- X-liike 1000 mm
- Y-liike 510 mm

- Z-liike 510 mm

2. MAZAK VTC-200 vm. 2008

- X-liike 1660 mm

- Y-liike 510 mm

- Z-liike 510 mm

3. MAS VXD 100 CNC vm. 1990

- X-liike 1400 mm

- Y-liike 1000 mm

- Z-liike 300+500 mm

- Ohjaus Heidenhain 355

4. JOHNFORD DMC-1600h vm. 2008

- X-liike 1600 mm

- Y-liike 1300 mm

- Z-liike 800 mm

- Ohjaus Heidenhain 530

Jyrsinkoneet

1. ZAUER 8000 MF3 Pitkäjyrsinkone

- X-liike 6300 mm
- Y-liike 1010 mm
- Z-liike 2000 mm
- Ohjaus Heidenhain 320

2. FEMCO BMC-110 Aarpora vm. 2004

- Pöydän koko 1440x1600mm; 6,3 tn
- X-liike 2000 mm
- Y-liike 1800 mm
- Z-liike 1700 mm
- W-liike 550 mm
- Ohjaus Fanuc 0i-MB

3. Työkalujyrsinkone vm. 2008

- X-liike 1200 mm
- Y-liike 450 mm
- Z-liike 400 mm

Nostomagneetit

Hydrauliikkapuristin

Akkuporakoneet

Kulmahiomakoneet

Magneettijalkaporakoneet

1. Fein KBM 32 Q
2. Atlas Copco DH16

Manuaalityöstökoneet

1. CU637 Kärkisorvi
 - Sorvaushalkaisija johteiden päällä 550 mm
 - Sorvaushalkaisija kidassa 750 mm
 - Sorvaushalkaisija kelkan päällä 320 mm
 - Kärkiväli 3000 mm

- Digitaalinen mittalaite

- 2. Diamand Z3050x(i) Säteisporakone vm. 2002 (2 kpl)

- 3. Säteisporakone
 - max. ϕ 45 mm

- 4. Vannesaha Bianco 370 vm. 2003
 - CNC-ohjattu
 - max. ϕ 300 mm

- 5. Vannesaha Pegas Hercules A-CNC vm 2007
 - CNC-ohjattu
 - Max. halkaisija 350 mm

Testilaitte (sähkö)

1. Gossen Metrawatt, GMC-I Gossen-Metrawatt GmbH
 - Tyyppi: Profitest SII+0100 M520J
 - Sarjanro.:SA0341

Liite 2. sisältää roadmap -taulukon, jossa on selvitetty vaihe vaiheelta ne toimenpiteet, jotka sisältyvät insinööriyössä käsiteltyyn kunnossapitosuunnitelmaan. Ensimmäisessä taulukossa on käsitelty vaiheet yleensä. Toisessa taulukossa on esimerkki siitä, miten vaiheet tulee käydä läpi sekä yksityiskohtaisempi selostus työvaiheista.

Roadmap

<u>Vaiheet</u>	<u>Huomioitavaa</u>
Suunnitelman esittely johdolle ja henkilöstölle	Päätetään, aloitetaanko projekti
Kohteiden priorisointi	Laitekohtaiset suorituskykystandardit omissa toimintaympäristöissään Vikaantumismekanismit ja vikaantumisen seuraukset
Dokumentointi	Esim. Konekortiston luominen
Kootaan työryhmät valitsemaan pilottikohteet, valitaan pilottikohteet (2-3kpl)	Valitaan kunnossapidollisesti hankalimpia laitteita
Työryhmien perehdytys RCM:n periaatteisiin	Päätetään, jatketaanko projektia
Kohteille varataan resurssit	Aika kohteiden tarkastamiseen Vetäjät ja tiimit Koulutusten suunnittelu, aikataulut ja kokoontumispaikat
Koulutusten toteutus, pilottikohteiden toteutus, suositusten auditointi ja toteutus	
Tulosten tarkastaminen ja tiedottaminen johdolle	Päätetään, jatketaanko projektia

Laajennetaan projektia	Laajennetaan kannattavuuslaskelmien osoittamiin kohteisiin
	Periaate sama kuin pilottikohteissa
	Laaditaan toimintasuunnitelmat rikkoontumisen varalta myös niille kohteille, jotka kuuluvat korjaavan kunnossapidon piiriin

Esimerkki edellisistä toimenpiteistä

<u>Vaiheet</u>	<u>Huomioitavaa</u>
Suunnitelman esitellään yrityksessä johdolle ja henkilöstölle	Päätetään asenteiden perusteella, aloitetaanko projekti
Kohteet priorisoidaan	Laitekohtaiset suorituskykystandardit omissa toimintaympäristöissään Vikaantumismekanismit ja vikaantumisen seuraukset (periaatteena valita ne kohteet, jotka rikkoontuessaan aiheuttavat suurimmat riskit esim. turvallisuuden kannalta)
Dokumentointi	Esim. Konekortiston luominen kaikista laitteista, myös niistä, jotka rikkoontuessaan eivät aiheuta suurta haittaa
Tähän kyseiseen tarkoitukseen koottu työryhmä valitsee pilottikohteeksi Aarporakone FEMCO BMC-110(tässä	Valitaan kyseinen kohde siksi, että se on kunnossapidollisesti vaativa, sillä joitakin muita kohteita on helpompi korvata niiden

esimerkissä pilottikohteita vain 1kpl)	rikkoontuessa (esim. trukkeja ja hitsauslaitteistoa on käytössä runsaasti, trukin voi vuokrata muualta, työstökoneiden tehtäviä on hankalampi korvata muilla laitteilla niin, ettei tuotanto hidastu)
Työryhmä perehdytetään RCM:n periaatteisiin	Päätetään, jatketaanko projektia
Kohteelle varataan resurssit	Aika kohteen tarkastamiseen Vetäjät ja tiimit Koulutusten suunnittelu, aikataulut ja kokoontumispaikat
Työryhmien koulutusten toteutus, pilottikohteiden toteutus, suositusten auditointi ja toteutus	Koulutukset toteutetaan tuotantolaitoksessa, toteutetaan pilottikohteen tutkimus RCM -menetelmien mukaisesti (ennakoivan kunnossapidon tarve/vikaantuminen/miten kunnossapito toteutetaan/mitä toimenpiteitä laite yksilöllisesti vaatii/mitkä ovat ne toimenpiteet, jotka hoidetaan yrityksen sisällä ja missä määrin ulkoistetaan/ jne.
Tarkastetaan millaisia tuloksia tutkimus tuotti ja tiedotetaan tuloksista johdolle	Päätetään, jatketaanko projektia
Kannattavuuslaskelmien laatiminen	Selvitetään, mihin kohteisiin kannattaa käyttää RCM -menetelmiä
Laajennetaan projektia	Projektia laajennetaan kannattavuuslaskelmien osoittamiin kohteisiin (mahdollisesti vain vaativimpiin

	kohteisiin tai koko tuotantolaitokseen)
	Laajennuksen periaatteet ovat samat kuin pilottikohteissa
	Laaditaan toimintasuunnitelmat rikkoontumisen varalta myös niille kohteille, jotka kuuluvat korjaavan kunnossapidon piiriin

