LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Teknillinen tiedekunta
LUT Konetekniikka

Olli Kanninen

KUNNOSSAPITO-OHJELMAN RAKENTAMINEN RCM – MENETELMÄN AVULLA

Työn tarkastajat: Professori Jukka Martikainen
DI Tero Junkkari
Työn ohjaaja: Käyttöinsinööri Ismo Tapalinen

Lappeenrannassa 16.8.2013

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknillinen tiedekunta

LUT Konetekniikka

Olli Kanninen

Kunnossapito-ohjelman rakentaminen RCM – menetelmän avulla

Diplomityö

2013

90 sivua, 23 kuvaa, 19 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastajat: professori Jukka Martikainen

DI Tero Junkkari

Ohjaaja: Käyttöinsinööri Ismo Tapalinen

Hakusanat: RCM, luotettavuuskeskeinen kunnossapito, ennakoiva kunnossapito kriittisyysluokittelu, kunnossapito-ohjelma, varaosavarasto

Keywords: RCM, reliability-centered maintenance, preventive maintenance, critical analysis, maintenance program, spare parts stock

Työn tarkoituksena oli luoda UPM Kaukaan sellutehtaan kaustisointi- ja meesauunialueelle kunnossapito-ohjelma, RCM eli luotettavuuskeskeinen kunnossapitomenetelmää käyttäen. Tavoitteena oli luoda ennakkohuolto-ohjelma, joka pohjautuu laitekriittisyyksiin sekä optimoida kohdealueen laitteiden varaosien varastointia.

Perustaksi työlle luotiin uusi kriittisyysluokittelumalli, joka perustuu PSK 6800 standardiin. Tarvittavien ennakkohuoltotoimenpiteiden määrittämisen apuna käytettiin toimenpiteiden määritysmatriisia. Varaosavaraston optimointia varten luotiin varaosien varastointitarpeen määritysmatriisi. Prosessin suorittamisessa korostui laaja ja osaava projektiryhmä, jonka avulla asioiden läpikäynnissä oli tarvittavat tiedot saatavilla. Projektiryhmässä oli mukana sekä kunnossapidon että käytön henkilöitä.

Kunnossapito-ohjelmasta muodostui erittäin kattava. Seisokkia vaativat toimenpiteet ovat aikataulutettu siten, että niitä suoritetaan tasaisesti vuoden aikana. Uusien huoltorivien ansiosta alueen kunnossapito selkeytyy paljon.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology
Mechanical Engineering

Olli Kanninen

Creating a maintenance program by using RCM - process

Master's thesis
2013
90 pages, 23 figures, 19 tables, 2 appendices

Examiners: Professor Jukka Martikainen
M.Sc. Tero Junkkari
Supervisor: Plant engineer Ismo Tapalinen

Keywords: RCM, reliability-centered maintenance, preventive maintenance, critical analysis, maintenance program, spare parts stock

The meaning of the work was to create a maintenance program for caustic area of UPM Kaukas pulp mill by using RCM – reliability-centered maintenance process. The main point was to create preventive maintenance program based on equipment criticalities together with optimizing spare parts stock of target area.

For base of the work was created a critical analysis model based on PSK 6800 standard. For help to determine the necessary preventive maintenance actions was used an action matrix. To optimize a spare parts stock was created the determine matrix of a need to store a spare part. In a process there was a comprehensive and competent project group who brought all the necessary knowledge. In the project group there was people from both maintenance and operation.

The maintenance program became very comprehensive. Maintenance actions that needs shutdown has been scheduled so that those will be executed evenly during year.
Thanks to new maintenance rows the maintenance of area will clear up a lot.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan sellutehtaalla.

Työn aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja projekti on ollut kokonaisuudessaan todella opettava ja antoisa kokemus. Haluan kiittää työn tarkastajaa Jukka Martikaista, joilta olen saanut hyviä neuvoja työn suorittamiseen. Haluan myös suuresti kiittää työn toista tarkastajaa Tero Junkkaria sekä työn ohjaajaa Ismo Tapalista, joilta olen saanut paljon tärkeää tietoa ja hyviä neuvoja koko projektin suorittamisen aikana.

Lisäksi haluan kiittää koko projektiryhmää sekä kaikkia muita sellutehtaan työntekijöitä, jotka ovat olleet antamassa oman panoksensa tälle työlle.

Lappeenrannassa 2013

Olli Kanninen

Sisällysluettelo

LYHENNE- JA SYMBOLILUETTELO 1
1. Johdanto 2
1.1 Työn taustaa 2
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus 2
2. Yritysesittely 3
2.1 UPM-Kymmene Oyj 3
2.2 Kaukaan sellutehdas 4
2.2.1 Kaustistamo 4
3. Kunnossapito teollisuudessa 6
3.1 Kunnossapidon tavoitteet 7
3.2 Kunnossapidon osa-alueet 9
3.2.1 Ehkäisevä kunnossapito 10
3.2.2 Korjaava kunnossapito 12
3.2.3 Parantava kunnossapito 12
3.3 Kunnossapidon tasot 13
3.3.1 TPM 14
3.3.2 RCM 17
3.3.3 Asset management 17
3.4 Vikaantuminen ja siihen liittyvät tekijät 19
4. Kunnossapito UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan sellutehtaalla 21
4.1 UPM-Kymmene Oyj:n kunnossapitostrategia 21
4.2 Kunnossapidon nykytila Kaukaan sellutehtaalla 22
5. Tehtävien priorisointi ennakoivan kunnossapidon lähtökohtana 24
5.1 Laitekriittisyyden määrittäminen 25
5.2 Tarvittavien ennakkotoimenpiteiden määrittäminen 27
5.3 Resurssien ohjaaminen tärkeisiin kohteisiin oikealla tavalla 28
6. RCM – Luotettavuuskeskeinen kunnossapito 28

6.1 Toiminta-ajatus 29
6.2 Saavutettavat asiat 30
6.3 Prosessin eteneminen 34
7. Laitekohtainen kriittisyysluokittelu ja tarvittavien tietojen keruu 48
7.1 Projektiryhmän kokoonpano 49
7.2 Kriittisyysluokittelu, UPM 49
7.3 Tietojen keruu ja analysointi 54
7.3.1 Korjaus- ja vikahistorian listaaminen ja analysointi. 54
7.3.2 Valmistajien huolto-ohjeet ja käytön kokemukset 55
7.4 Laitteilta vaadittavat toiminnot ja VVA – analyysi 56
8. Ennakkohuolto-ohjelman luominen ja varaosatilanteen optimointi 57
8.1 Toimenpidematriisi lähtökohtana ennakkohuolto-ohjelman rakentamisessa 58
8.2 Ennakkohuoltotoimenpiteiden määrittäminen VVA – analyysin pohjalta 59
8.2.1 Toimenpiteiden suoritusvälien määritys 63
8.3 Laitekohtaisten vaiheluetteloiden luominen 68
8.4 Seisokkiryhmien laatiminen ja huoltopakettien muodostaminen 70
8.4.1 Oman työvoiman käyttö perustana huoltopakettien laatimisessa 73
8.4.2 Huoltopakettien ryhmittely 5-vuoden jaksolle ja työkalenterin muodostaminen 74
8.5 Vähemmän kriittisten laitteiden tarvittavien ennakkohuoltotoimien järjestäminen 75
8.6 Varaosavaraston päivittäminen kohdealueen laitteiden osalta 76
8.6.1 Varaosavaraston nykytilanne ja tulevaisuus 77
8.7 Suunniteltu ennakkohuolto vs. vikaantumisten korjaaminen 79
9. SAP:n huoltostrategia – työkalu perustana ennakkohuolto-ohjelmalle 80
9.1 Kunnossapito-ohjelman kirjaaminen SAP – järjestelmään 83
10. Uuden kunnossapito-ohjelman käynnistäminen kentällä 84
11 JOHTOPÄÄTÖKSET 85
12 YHTEENVETO 86

LYHENNE- JA SYMBOLILUETTELO

ABC	Kriittisyysluokka
DT	Down Time, tuotannon katkosaika
EN	CENissä vahvistetun standardin tunnus
IEC	Kansainvälinen sähköalan standardisointiorganisaatio
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen stardardisoimisjärjestö
JHA	Jälleenhankinta-arvo
K	Käytettävyys
KNL	Tuotannon kokonaistehokkuusluku
L	Laatukerroin
LCC	Life cycle cost, elinkaarikustannukset
N	Toiminta-aste
OEE	Overall equipment effectiveness, kokonaistehokkuus
OT	On Time, tuotannon käynnissä oloaika
P-F	Jakso, joka alkaa oirehtivan vian ilmenemisestä ja päättyy toiminnalliseen vikaantumiseen
PSK	Standardisointiyhdistys
RCM	Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito
RTF	Run To Failure, käyttö hajoamiseen saakka
SAP	Toiminnanohjausjärjestelmä
SFS	Suomen standardisoimisliitto
TBM	Time Based Maintenance, aikaan perustuva kunnossapito
TPM	Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito
UBM	Used Based Maintenance, käyttöön perustuva kunnossapito
UPM	Yksi maailman suurin metsäteollisuusyhtiö
VVA	Vika- ja Vaikutusanalyysi

1. Johdanto

Luvuissa 1.1 ja 1.2 käydään läpi työn taustaa sekä työn tavoitteet ja rajaus.

1.1 Työn taustaa

Viimeisen vuosikymmenen aikana selluteollisuus on muiden teollisuudenalojen tapaan kokenut suuria rakennemuutoksia. Suomesta on 2000-luvun loppupuolella suljettu useita sellutehtaita ja samaan aikaan käytössä olevien sellutehtaiden kustannuksia on alettu tarkkailemaan entistä tarkemmin. Syntyvät kustannukset koostuvat monista eri tekijöistä, mutta eräs osa-alue, jolla nykypäivänä on vielä paljon parantamista, on kunnossapito. Kunnossapitoa on harjoitettu ainakin jollain tasolla niin pitkään kuin teollisuutta on ollut maailmassa. Sen merkitys kokonaisuudessa on kuitenkin muuttunut hyvin paljon viimeisten vuosikymmenten aikana kehittymisen myötä.

Mahdollisimman suuren Laitoksen käyttövarmuuden takaamiseksi kustannustehokkaasti, täytyy kunnossapitoajatusta vanhoista ajoista muuttaa. Nykypäivänä ei ole enää mahdollista pitää pitkiä seisokkeja joka vuosi, vaan on pyrittävä mahdollisimman jatkuvaan tuotantoon ilman suuria katkoksia. Tämä edellyttää laitteilta hyvää kestoa ja tehokkaan käytön mahdollisuutta. Nämä asiat saadaan aikaan paremmalla huoltamisella sekä kunnossapitoresurssien tarkemmalla järjestelyllä.

Viime vuosien aikana on tehtaiden oman kunnossapitohenkilöstön koko pienentynyt selvästi ja korjaustöitä on alettu teettämään paljon alihankkijoilla. Ennakoivan kunnossapidon suunnitteluun on ryhdytty kiinnittämään enemmän huomiota, jotta ylimääräisiltä korjauksilta vältyttäisiin ja täten saataisiin käyttövarmuutta laitteistolle parannettua. Monille laitteille ei tehdä varsinaisia ennakkohuoltoja, vaan niitä aletaan korjata vasta, kun saadaan selvä merkki vikaantumisen syntymisestä. Tämän asian muuttamisella voidaan helposti vähentää alihankkijoiden tekemien töiden määrää ja samalla saada suuria kustannussäästöjä. Tämä kuitenkin edellyttää laitteille tehtävien huoltotöiden uudelleen tarkastelua aivan uudella tasolla.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Kohdealueella on käytössä suuri määrä erilaisia laitteita, joiden kunnossapitämisestä vastaa kuitenkin suhteellisen pieni kunnossapitohenkilöstö. Työn tavoite on kohdentaa kunnossapitoresursseja laitteisiin, joiden toimivuuden kautta tuotannon jatkuminen pystytään turvaamaan ilman ylimääräisiä katkoksia. Tavoite sisältää myös ennakkohuoltojen uudelleen

suunnittelun ja aikataulutuksen luomisen alueen kriittisimmille laitteille, joiden kautta pyritään parantamaan kunnossapitotöiden suunnitelmallisuutta ja selventämään tehtävien huoltotoimenpiteiden järjestämistä. Työssä käytetään apuna RCM (reliability centered maintenance eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito) -menetelmää, joka perustuu laitteiden kriittisyyksien arviointiin tuotannon kannalta sekä vikaantumisten kustannustehokkaaseen estämiseen.

Laitteet, jotka työhön ovat kohdealueelta valittu läpikäytäväksi, ovat mekaaniset laitteet, sähkömoottorit sekä venttiilit. Kyseisten laitteiden määrä on kuitenkin sen verran suuri, että tarkempaan tarkasteluun valittavien laitteiden määrittämiseksi suoritetaan kriittisyysluokittelu, jonka tuloksena saadaan jokaiselle laitteelle kriittisyysluokka. Kyseinen luokittelu luo samalla perustan työlle ja täten määrittelee, mitkä laitteet otetaan tarkempaan tarkasteluun työn jatkossa. Myös vähemmän kriittiset laitteet käydään työssä läpi ja niille tehdään huoltosuunnitelmat, mutta nämä suunnitelmat ovat enemmänkin laitetyyppikohtaisia sekä kokonaisvaltaisempia.

2. Yritysesittely

Tämä luku pitää sisällään UPM-Kymmene Oyj:n esittelyn sekä aiheeseen liittyen, tarkemman esittelyn Kaukaan sellutehtaasta sekä itse työn kohdealueesta, kaustistamosta.

2.1 UPM-Kymmene Oyj

UPM-Kymmene syntyi 1995 syksyllä Kymmene Oy ja Repola Oy sekä sen tytäryhtiö Yhtyneet Paperitehtaat Oy yhdistymisen johdosta. Toimintansa yhtiö aloitti toukokuussa 1996. Konsernilla on erittäin vankat perinteet Suomen metsäteollisuudessa, sillä sen ensimmäiset toiminnat käynnistyivät jo 1870-luvun alkupuolella puuhiomojen, paperitehtaiden ja sahalaitosten johdosta. Paperin jalostuksen UPM-konserni on aloittanut 1920- luvulla ja vanerin valmistuksen 1930-luvulla. (UPM historia 2013c).

Nykypäivän UPM-konserniin kuuluu noin sata aikanaan itsenäisenä yrityksenä toiminutta yritystä. Myyntiä yhtiöltä löytyy 67 eri maassa ja tuotantoa 17 eri maassa. Vuoden 2012 liikevaihto oli 10,4 miljardia euroa ja henkilöstön määrä 22000. Suomessa UPM:n palveluksessa on yli 9000 työntekijää ja eri tuotteita valmistavia tehtaita löytyy useilta eri paikkakunnilta. Yhtiöllä on Suomessa kolme sellutehdasta, jotka ovat Kaukas

Lappeenrannassa, Kymi Kouvolassa ja Pietarsaari. Sellun vuosituotanto globaaleille markkinoille on n. 3,2 miljoonaa tonnia. (Esittely materiaali intranet 2013a).

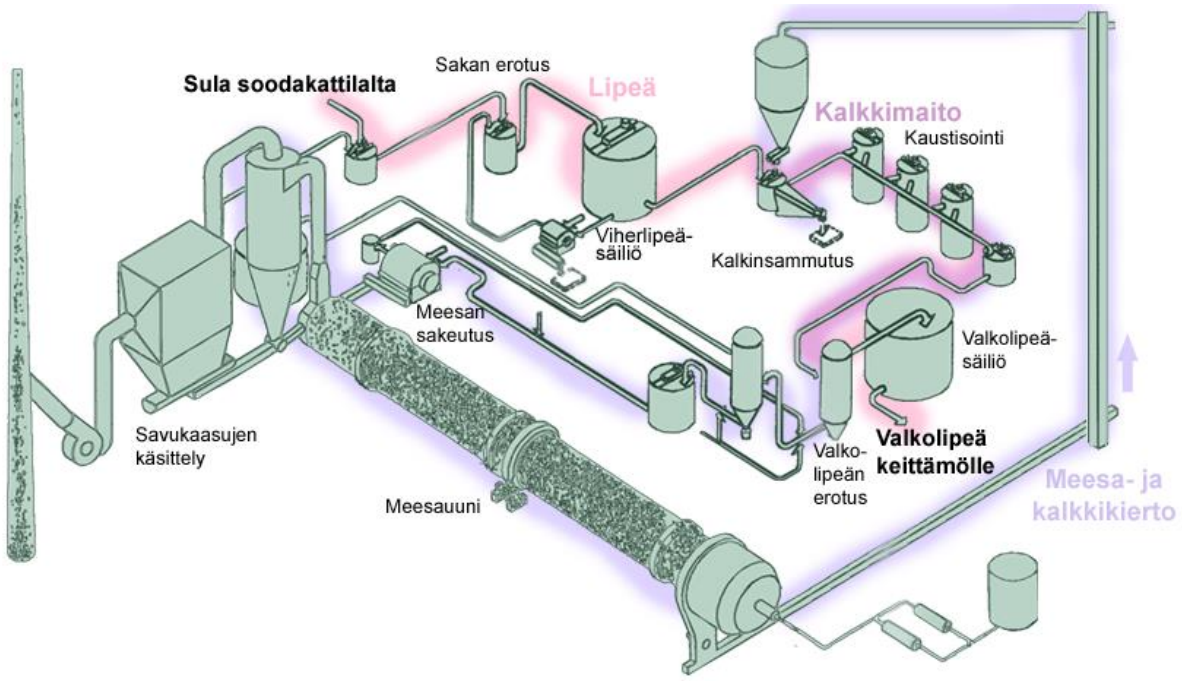
2.2 Kaukaan sellutehdas

Kaukaan sellutehdas on siis yksi UPM:n kolmesta Suomessa toimivasta sellutehtaasta. Sellun lisäksi Kaukaalla valmistetaan myös paperia, bioenergiaa, biokemikaaleja, sahatavaraa sekä puutuotteita. Kaukaan tehdasalueella työskentelee nykypäivänä noin 1200 työntekijää, joista sellutehtaan henkilöstöä on 150. Sellutehdas valmistaa kemiallista valkaistua koivu- ja havusellua. Vuosittainen tuotantokapasiteetti on 740 000 t/v. (Esittely materiaali intranet 2013a).

Sellutehdas koostuu kahdesta eri kokonaisuudesta; kuitulinjasta ja kemikaalikierrosta. Kuitulinja sisältää sellun valmistusprosessin vaiheet kokonaisuudessaan. Kyseiset vaiheet ovat puunkäsittely, keitto, pesu ja lajittelu, happidelignifiointi, valkaisu sekä kuivatus ja jälkikäsittely. Haluttaessa valmistaa sulfaattisellua taloudellisesti täytyy varsinaisessa sellun valmistusprosessissa käytettäviä kemikaaleja pystyä kierrättämään yhä uudestaan takaisin prosessiin tiettyjen välivaiheiden jälkeen. Kemikaalikierrossa suoritetaan kyseinen kierrätysprosessi. Kemikaalikierto koostuu haihduttamosta, soodakattilasta sekä kaustistamosta. Lyhyesti esiteltynä haihduttamon päätehtävänä on veden poistaminen keiton jälkeen erotetusta mustalipeästä sekä siihen sekoitettavista lisävirroista. Vedenpoiston yhteydessä haihduttamolla otetaan talteen keitossa syntyviä sivutuotteita, kuten metanoli, tärpätti ja suopa. Soodakattilalla on kaksi päätehtävää, jotka ovat kemikaalien talteenotto sekä prosessissa syntyvän palamislämmön talteenotto. Soodakattila toimii osakseen eräänlaisena höyrykattilana. Kaustistamosta kerrotaan seuraavassa luvussa tarkemmin. (AEL 2001.)

2.2.1 Kaustistamo

Kaustistamolla tapahtuva prosessi on osa kemikaalikiertoa, kuten edellisessä luvussa mainittiin ja kuuluu niin sanottuun kalkkikiertoon. Kalkki toimii kiertävänä apukemikaalina ja sitä käytetään soodakattilalla syntyvän viherlipeän muuttamiseksi valkolipeäksi. Prosessiosastoa, jossa valkolipeää valmistetaan, kutsutaan siis kaustistamoksi. Se sisältää kaksi eri osaa, meesanpolton ja kaustisoinnin. Kuvasta 1 selviää kaustistamon rakenne.



Kuva 1. Kaustistamo. (AEL 2001.)

Kaustisointi koostuu kahdesta eri reaktiovaiheesta; sammutusreaktiosta sekä kaustisointireaktiosta. Sammutusreaktiossa poltetun kalkin kalsiumoksidi reagoi viherlipeään veden kanssa muodostamalla kalsiumhydroksidia. Tämän jälkeen kaustisointireaktiossa kalsiumhydroksidi reagoi viherlipeän natriumkarbonaatin kanssa ja näin syntyy natriumhydroksidia.

Kaustisointi voidaan jakaa osaprosesseihin seuraavasti:

- Sulan liuotus laihavalkolipeään (syntyy viherlipeää)
- Viherlipeän käsittely (poistetaan sakka viherlipeästä ja säädetään viherlipeän tiheys ja lämpötila halutulle tasolle sammutusta varten)
- Sakan pesu, jossa viherlipeästä erotetusta sakasta kerätään natrium talteen
- Kalkin sammutus
- Kaustisointi
- Valkolipeän erotus ja meesan pesu (kaustisointireaktiossa syntynyt meesa eli kalsiumkarbonaatti erotetaan ja myöhemmin pestään sekä muutetaan meesanpoltossa kalsiumoksidiksi kalkin sammutusta varten).

(AEL 2001.)

Meesanpolton tarkoituksena on muuttaa kalkin olomuoto kalsiumkarbonaatista kalsiumoksidiksi. Itse reaktio tapahtuu meesauunissa, mutta ennen kuin valkolipeän erotuksesta kerätty meesa voidaan syöttää uunille, täytyy se sekä puhdistaa että kuivattaa oikeaan kuiva-ainepitoisuuteen.

Meesanpoltto voidaan jakaa osaprosesseihin seuraavasti:

- Meesan syöttö, sisältää pumppauksen meesasuotimelle ja sen jälkeen kuljetuksen hihnakuljettimella kuivatukseen
- Meesan kuivatus, joka tapahtuu meesauunista tulevan lämmön avulla, meesan kuiva-ainepitoisuus nostetaan lähes 100 %:iin
- Meesan poltto meesauunissa
- Poltetun kalkin käsittely eli siirto meesauunilta kalkkisiiloon
- Savukaasujen käsittely sähkösuodattimilla.

(AEL 2001.)

3. Kunnossapito teollisuudessa

SFS-EN 13306 standardi määrittelee kunnossapidon seuraavasti: ”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”. Kunnossapito ei ole mitenkään sidottu tiettyihin toimialoihin, vaan sitä esiintyy ainakin kaikilla toimialoilla, joissa on jonkinlaisia laitteita käytössä. (Järviö 2007, s. 15-16.)

Kunnossapitoala on kokenut suuria muutoksia muutamien viimeisten vuosikymmenten aikana kunnossapidettävien laitteiden, rakennusten ja tehtaiden määrän kasvun vuoksi. Vastauksena muuttuneisiin odotuksiin kunnossapitoa kohtaan on alettu kartoittamaan entistä tarkemmin vikaantumisten vaikutuksia turvallisuuteen ja ympäristöön, miettimään enemmän kunnossapidon ja tuotettavan laadun yhteyttä sekä pyritty mahdollisimman korkeisiin tehtaiden käyttöasteisiin mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Nämä asiat ovat johtaneet siihen, että kunnossapitohenkilöstö niin kuin käyttö- ja johtohenkilöstökin ovat alkaneet muuttamaan ajattelutapaa aivan uudenlaiseksi. Tämä on johtanut uudenlaisten kunnossapidollisten työkalujen kehittämiseen, joita ovat mm. erilaiset laatuohjelmat (ISO 9000, ISO 14000, Suomen Laatupalkinto, sekä Euroopan Laatupalkinto-ohjelmat), TPM, RCM sekä Asset Management. Kyseisten työkalujen käytön seurauksena

kunnossapitotoimintaan on tullut selkeää muutosta. (Moubray 1997,s. 1; Kunnossapito 2007,s. 23.)

Edellä mainittujen työkalujen käytön lisäksi kunnossapito on muuttunut myös sen suorittajien osalta. Aikaisemmin kunnossapitäjät ja koneiden käyttäjät ovat olleet täysin eri ryhmät. Nykyään kuitenkin myös käyttöhenkilökunta suorittaa pienimuotoisia kunnossapitotehtäviä, kuten laitteiden puhdistuksia, tarkastuksia, kunnonvalvontaa jne. samalla kun he itse seuraavat koneiden toimintaa itse kentällä. Käytännössä käyttöhenkilöt suorittavat sellaisia kunnossapitotoimenpiteitä, joissa ei kummemmin työkaluja tarvita. (Järviö 2007, s. 24.)

3.1 Kunnossapidon tavoitteet

Yksi kunnossapidon tärkeimmistä tavoitteista nykymaailmassa on käytettävien laitteiden käyttövarmuus, joka koostuu toimintavarmuudesta, kunnossapidettävyydestä ja kunnossapitovarmuudesta. Käyttövarmuuden merkitys varsinkin sellu- ja paperiteollisuudessa korostuu nykyään entistä enemmän, koska tuotanto pyritään pitämään päällä koko ajan ilman suuria lisäkustannuksia aiheuttavia katkoja. Samalla kun käyttövarmuutta nostetaan entistä paremmaksi, parannetaan myös suomalaisten tehtaiden kilpailukykyä ja kannattavuutta, jotka myös ovat erittäin tärkeitä tekijöitä nykyajan maailmassa, jossa kansainvälinen kilpailu on erittäin kovaa. (Konola 2000, 7; PSK 2003.)

Edellä mainittua tavoitetta syvemmälle vietäessä täytyy tavoitteen saavuttamiseen tehtävien toimenpiteiden kokonaisuutta pystyä myös optimoimaan siten, että kunnossapitotoimintaa toteutetaan oikealla tasolla. Kokonaisuudessaan kunnossapitotoimenpiteillä tavoitellaan muun muassa alla lueteltuja asioista:

- laitteen toimintakunnon pitäminen halutulla tasolla
- turvallinen laitteen käyttö
- hyvä laaduntuottokyky
- jäljellä olevan eliniän tiedostaminen
- suunnitteluheikkouksien korjaaminen
- käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittäminen

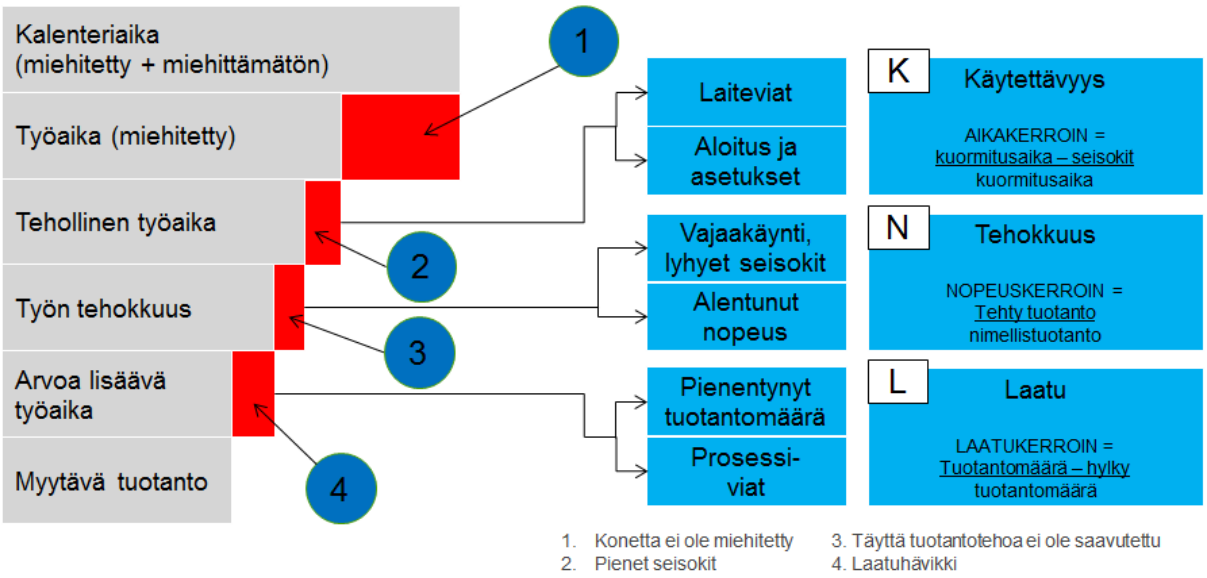
(Järviö 2007, s. 13.)

Tavoitteiden saavuttamista mitataan erilaisilla kunnossapidon tunnusluvuilla, joita on esitetty PSK 7501 standardissa jos johonkin lähtöön. Koneiden toiminnan tehokkuuden mittaaminen on erittäin tärkeä osa kunnossapitoa, sillä sen kautta voidaan vertailla nimellistä

suorituskykyä sekä todellista tehokkuutta. Eräs paljon käytetty tunnusluku on tuotannon kokonaistehokkuus (KNL). Se koostuu kolmesta eri osatekijästä, käytettävyydestä (K), toiminta-asteesta (N) ja laatukertoimesta (L). Seuraavaksi esitetyssä kaavassa näkyy, kuinka KNL lasketaan osatekijöiden keskinäisestä tulosta. (PSK 2000.)

(1) *KNL = Käytettävyys * Toiminta – aste * Laatukerroin*

Kuvassa 2 on esitettynä KNL-laskentamalli. Ylimmällä tasolla on kalenteriaika eli vuoden kaikki tunnit. Seuraavalle tasolle on kalenteriajasta vähennetty miehittämätön aika, jolloin saadaan laskettua laitteiden käytettävyys, eli kuinka suuri prosenttiosuus koko vuodesta laitteisto on ollut toimintakuntoisena. Kolmanneksi ylimmällä tasolla on tehollinen työaika eli se osa miehitetystä ajasta, jolloin koneet ovat todella olleet käynnissä. Neljänneksi ylimmällä tasolla ilmenee työn tehokkuus, joka ilmaisee täydellä nopeudella ajetun ajan osuutta koneen kokonaiskäynti ajasta. Kaksi alimmaista tasoa kuvaavat samaa tekijää, joka on lopullinen tuotantomäärä. Tähän saadaan selville, kun vähennetään koneiden täydellä nopeudella ajetusta ajasta pois liian pienen tuotantomäärä tuottaneet ajanjaksot, sekä prosessissa olleet vikaantumisjaksot.



Kuva 2. KNL-laskentamalli. Kuvasta ilmenee, mistä tekijöistä laitteen kokonaistehokkuus koostuu. (Järviö et al. 2007, 104.)

Taulukossa 1 on esitettynä Järviö et al. (2006) esittämiä KNL:n tavoitearvoja.

Taulukko 1. KNL:n tavoitearvot. (Järviö et al. 2006, 111).

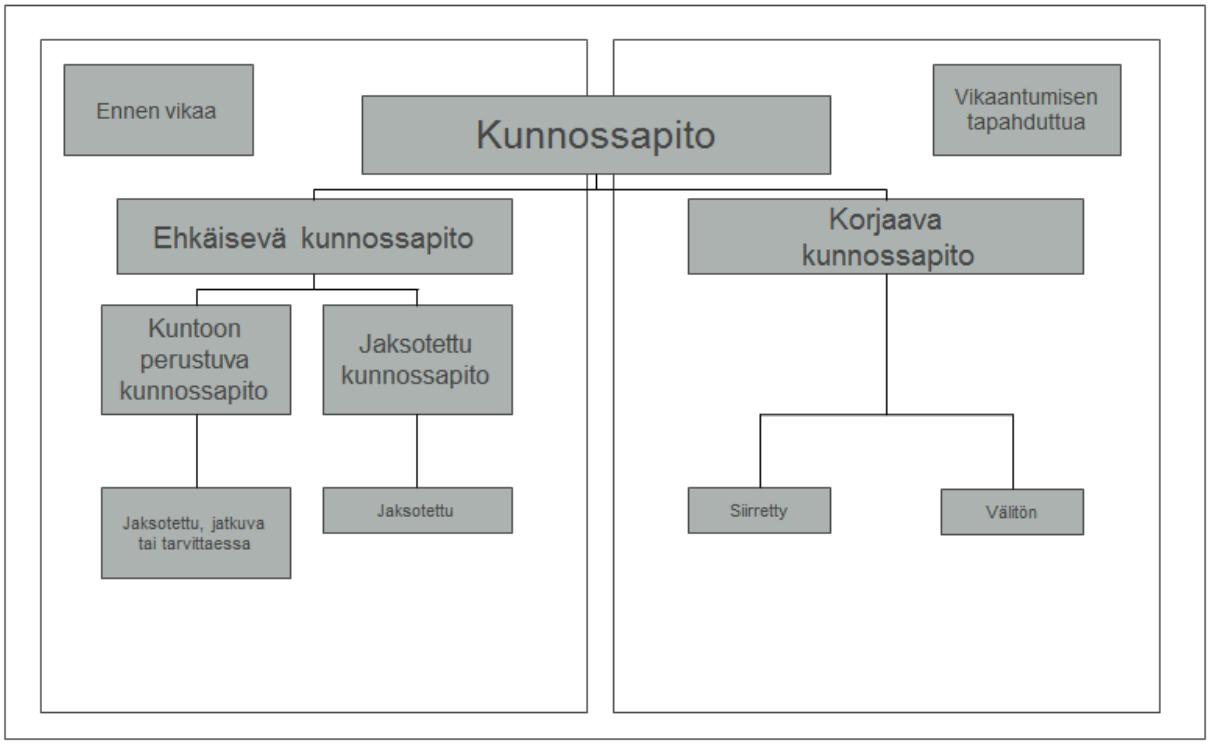
KNL tavoitearvot		
Termi	Engl.	Tavoitearvo
Käytettävyys	Availability	K > 90 %
Nopeuskerroin	Performance rate, speed rate	N > 95 %
Laatukerroin	Quality rate	L > 99 %
Kokonaistehokkuus KNL	OEE	K x N x L => 85 %

3.2 Kunnossapidon osa-alueet

Kunnossapitolajit määritellään eri lähteissä hieman eri tavoin. Esimerkiksi PSK 7501 standardin mukaan jako perustuu siihen, onko kunnossapitotyöt suunniteltuja vai aiheuttavatko ne häiriötä tuotannossa. SFS-EN 13306 taas jakaa kunnossapitolajit vian havaitsemiseen perustuen, kuten kuvasta 3 selviää. Todellisuudessa kunnossapito käsittää 5 eri päälajia, jotka ovat:

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito
- korjaava kunnossapito
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisten selvittäminen

(Järviö 2007, s. 48-49.)



Kuva 3. Kunnossapitolajit jaoteltuna ehkäisevään kunnossapitoon sekä korjaavaan kunnossapitoon. (SFS 2010.)

3.2.1 Ehkäisevä kunnossapito

PSK 6201 määrittelee ”ehkäisevän kunnossapidon” seuraavalla tavalla: ”ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurioituminen”. Sen päällimmäisenä tarkoituksena on pienentää koneiden vikaantumisen todennäköisyyttä sekä vähentää koneen tai jonkin komponentin toimintakyvyn huonontumista. Ehkäisevä kunnossapito voi perustua aikataulutettuihin, jatkuviin tai sitten tarpeen vaatiessa tehtäviin toimenpiteisiin. Ehkäisevä kunnossapito käsittää muun muassa seuraavia tehtäviä:

- tarkastukset
- kunnonvalvonta
- testaukset ja toimintakunnon toteamiset
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi
- määräystenmukaisuuden toteaminen.

Kohteiden suorituskyvyn tai parametrien aktiivisen seuraamisen perusteella pystytään suunnittelemaan ja aikatauluttamaan tarpeellisia toimenpiteitä suoritustason ylläpitämiseksi

halutun tason yläpuolella, jolloin korjaavan kunnossapidon osuus laskee. (Järviö et al. 2007, s. 50; Järviö et al. 2006, s. 66.)

Kunnossapidon etukäteisen suunnittelun ja aikatauluttamisen mahdollisuuden määrittää täysin se, että kuinka hyvä on ehkäisevän kunnossapidon tehokkuus. Hyvän kunnossapidon tunnistaa siitä, että suurin osa töistä on tiedossa jo muutamia viikkoja ennen niiden suoritusajankohtaa. Tämä takaa mahdollisimman hyvän lähtökohdan työn suunnittelulle ja suorittamiselle siten, ettei se suuremmin häiritse tuotantoa. (Järviö et al. 2006, s. 67.)

Aikaan perustuva jaksotettu kunnossapito

TBM/UBM eli aikaan/käyttöön perustuva ennakoiva kunnossapito tarkoittaa toimenpiteiden suorittamista aina tietyin aikavälein tai määritellyin jaksoin. Kunnossapitotoimenpiteiden suorittamisen mittarina voi olla esimerkiksi 1 viikko tai 100 tuntia. Kyseistä strategiaa käytetään silloin, kun sen katsotaan olevan halvempaa kuin korjaavan kunnossapidon suorittaminen. Aikaan/jaksoon perustuvassa kunnossapidossa toimenpiteiden suorittamissyklit määritellään yleensä toimittajan suosituksien ja omien kokemusten perusteella saadun tiedon avulla. (Kobbacy, Murthy. 2008, s. 30, 534.)

Kuntoon perustuva kunnossapito

Kuntoon perustuva kunnossapito on ehkäisevää kunnossapitoa, jonka ajatuksena on seurata kohteiden suorituskykyä tai muita parametreja sekä toimintaa havaintoihin perustuen. Käytännössä se käsittää siis kunnonvalvonnan, tarkastukset sekä käyttöparametrien seurannan. Seurantaa voidaan tehdä monella eri tavalla. Toiset kohteet ovat jatkuvassa seurannassa, toisia taas seurataan aikataulutetusti ja joitain kohteita vain tarpeen vaatiessa.
Kuntoon perustuva kunnossapito on kasvattanut suosiotaan sen eri tekniikoiden, kuten öljyjen analysointi, värähtelyanalyysit jne. paremman saatavuuden ja hinnoittelun vuoksi. Perinteiset tarkastuslistan kanssa suoritettavat kierrokset voidaan katsoa varhaiseksi kuntoon perustuvaksi kunnossapidoksi.

Aikaisemmin kuntoon perustuvaa kunnossapitoa suoritettiin sellaisissa kohteissa, joissa tarkastuslaitteiden investoinnille tehtiin oikeutta mahdollisten suurten riskien ehkäisemiseksi.
Nykypäivänä kuntoon perustuvaa kunnossapitoa suoritetaan joka puolella. Kyseisen strategian kautta on mahdollisuus saada aikaan suuria säästöjä varaosien käyttämisessä sekä varaosien varastoinnin optimoinnissa. Toiset kunnonvalvontatoimenpiteet vaativat

kuitenkin paljon kokemusta, jotta niiden tuloksia pystytään tulkitsemaan oikealla tavalla ja niistä saadaan kaikki hyöty irti.
(Järviö et al. 2007, s. 100; Kobbacy, Murthy. 2008, s. 30-31).

3.2.2 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito perustuu osien/komponenttien toimintakunnon palauttamiseen niiden vikaantumisen syntymisen jälkeen. Sitä voidaan suorittaa joko häiriökorjauksina (suunnittelemattomat työt) tai kunnostuksina (suunnitellut työt). Seuraavat toimenpiteet kuuluvat korjaavan kunnossapidon piiriin:

- vian määrittäminen
- vian tunnistus
- vian paikallistaminen
- korjaus
- väliaikainen korjaus
- palauttaminen toimintakuntoon
- kriittisten osien varastointi
- ennakkokorjaus

(Järviö et al. 2007, 49).

Korjaavaa kunnossapito voidaan suorittaa kohteissa, joissa tapahtuu jatkuvaa komponenttien hajoamista vaihtelevassa laajuudessa ja joiden korjauksista aiheutuvien katkoksien kustannukset ovat pieniä. Joissakin tapauksissa korjaava kunnossapito on ainoa järkevä ratkaisu, mikäli ennakoivan kunnossapidon suorittaminen on mahdotonta ja erittäin kallista.
(Kobbacy, Murthy. 2008, 30-31.)

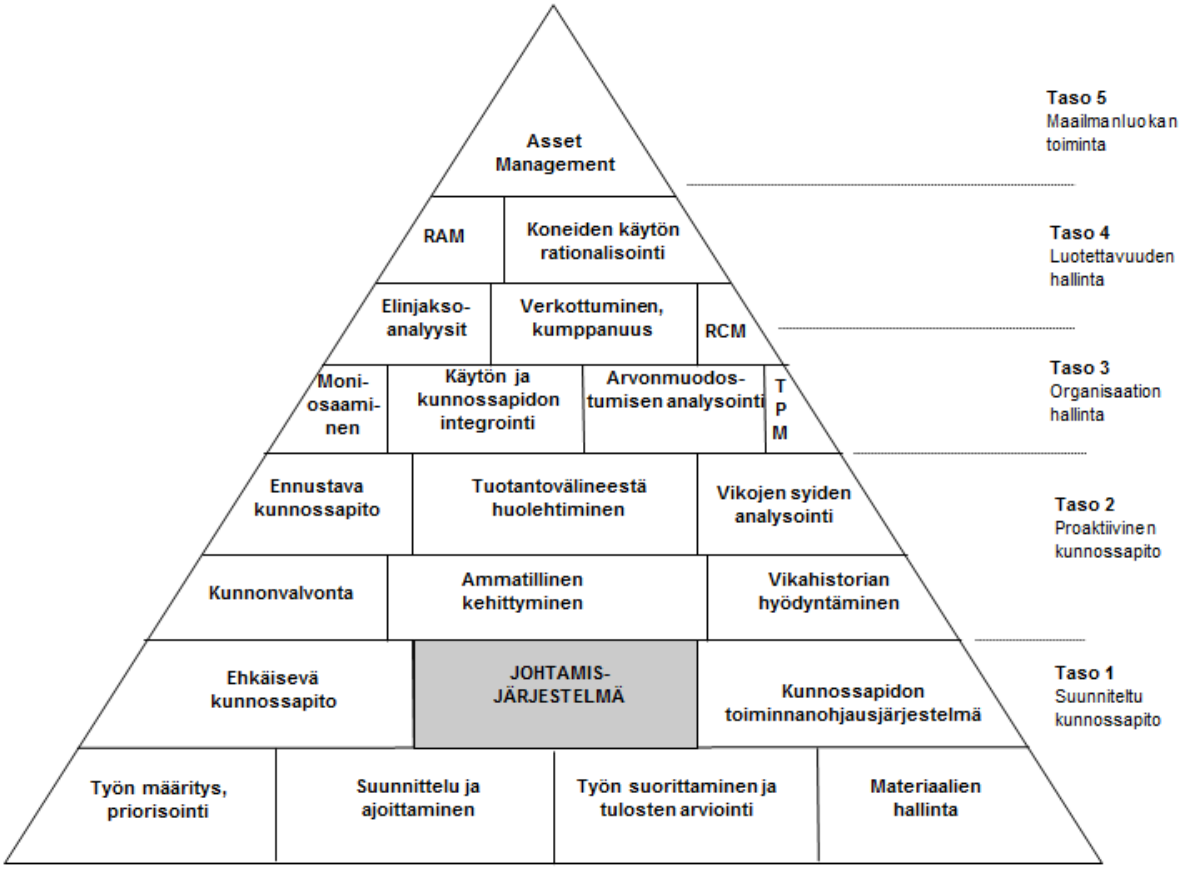
3.2.3 Parantava kunnossapito

Parantavaan kunnossapitoon sisältyy kolme eri pääryhmää. Ensimmäinen ryhmä käsittää osien tai komponenttien päivittämisen uudemmilla, mutta kuitenkaan kohteen suorituskykyä ei käytännössä muuteta mitenkään. Toinen ryhmä koostuu uudelleensuunnitteluista ja korjauksista, joiden avulla pyritään lisäämään koneen toiminnan luotettavuutta paremmaksi. Kyseisissä toimissa ei myöskään ole tarkoituksena muuttaa itse kohteen suorituskykyä.

Kolmas ryhmä muodostuu modernisaatioista, joilla pyritään parantamaan kohteen suorituskykyä. Näissä tilanteissa kohteen uudistamisen lisäksi uusitaan monesti myös valmistusprosessia kehityksen mukaan. Nämä toimet liittyvät varsinkin sellaisiin koneisiin, joiden elinikä on pidempi kuin sillä valmistettavien tuotteiden elinkaari.
(Järviö et al. 2007, s. 51.)

3.3 Kunnossapidon tasot

Kunnossapito voidaan jakaa viiteen eri tasoon sen suorittamisen mukaan. Kuvassa 4 olevassa pyramidissa on kuvattu kullakin tasolla vaadittavat kunnossapidon toiminnot. Alimmalla tasolla olevissa yrityksissä kunnossapito on aivan peruskuopissa, eli työt suunnitellaan ja suoritetaan. Ylimmällä tasolla olevat yritykset ovat tehneet vuosia orjallista työtä koko organisaation voimin, jotta kunnossapidon taso ollaan saatu huippuunsa. (Järviö et al. 2007, s. 94.)



Kuva 4. Kunnossapidon tasot, joiden avulla voidaan oman kunnossapito-osaston taso arvioida. (Järviö et al. 2007, s. 94.)

3.3.1 TPM

TPM (Total Productive Maintenance), eli kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito on yksi monista kunnossapitostrategioista. Kyseinen termi ei kerro todellista kuvaa prosessin sisällöstä, vaan TPM voidaan paremmin määrittää, kuten Laine (2010) kirjassaan "Tehokas kunnossapito" on sen määritellyt: "TPM tarkoittaa sitä, että koko organisaatio sitoutuu ylläpitämään, kehittämään ja huoltamaan tuotantokapasiteettia."

TPM perustuu 5 eri tekijän muodostamaan kokonaisuuteen. Kyseiset tekijät ovat,

- Kunnossapidon käsittäminen erittäin laajasti
- Sitoutuminen kunnossapitostrategiaan täytyy kattaa koko henkilökunnan
- Henkilökunnan osallistuminen laajalla rintamalla avaa tien kunnossapidon huomioimiseen kaikissa yrityksen toiminnoissa
- Päähäiriölähteet pyritään eliminoimaan työtehtävissä niiden työntekijöiden muodostamien pienryhmien kautta
- Ennakoiva kunnossapito-ohjelma luodaan jokaiselle laitteelle siten, että se käsittää koko laitteen käyttöiän

TPM sisältää kehitysohjelman, joka käsittää 12 porrasta. Strategian sisään ajamiseen täytyy varata tarpeeksi paljon aikaa, koska sen toimivuus perustuu koko organisaation suureen asennemuutokseen. Taulukossa 2 on esiteltynä kehitysohjelman 12 pääporrasta. (Laine 2010, s. 41; Opetushallitus.)

Taulukko 2. Kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon kehitysohjelma, joka kuvaa TPM:n suorittamisen eri vaiheet ja vaiheiden sisällöt. (Opetushallitus.)

Kehitysaste	Taso	Kuvaus
Valmistautuminen	1. Ylimmän johdon päätös TPM:n käyttöönotosta	Virallinen ilmoitus TPM:n käyttöönotosta; artikkeleita yrityksen lehdessä
	2. Aloita koulutuksen ja TPM:n esittely	Johto: seminaarit Työntekijät: luennot
	3. Perusta TPM:n tukiorganisaatio	Jokaiselle organisaatiotasolle perustetaan TPM:n työryhmä; perustetaan keskitetty johtoryhmä
	4. Määrittele toimintasuunnitelma ja tavoitteet	Nykytilanneanalyysi; tavoitteiden asetanta
	5. Laadi kirjallinen ”Master-suunnitelma” TPM:n käynnistämisestä	Laaditaan yksityiskohtainen käynnistämissuunnitelma
Toteutuksen valmistelu	6. Käynnistä TPM	Projekti esitellään sidosryhmille: asiakkaat, alihankkijat, tytäryritykset
Toteutus	7. Paranna yksittäisten laitteiden tehokkuutta	Valitaan pilottilaitteita; muodostetaan projektiryhmiä
	8. Luo kunnossapito-ohjelma käyttöhenkilöstölle	Käytetään seitsemän askeleen menetelmää; koulutetaan käyttöhenkilöstöä
	9. Luo aikataulutettu huolto-ohjelma kunnossapito-osastolle	Otetaan huomioon määräaikainen- ja ennakoivakunnossapito, kunnossapidon ohjaus, varaosat, työkalut, piirustukset ja työohjeet
	10. Jatka käyttö- ja kunnossapito-taitojen kehittämistä	Vaihdetaan kokemuksia eri alueiden koulutusvastaavien kesken
	11. Ota kunnossapito huomioon hankintavaiheessa, luo hankintaohje	Kunnossapitotarpeen ennakointi; luo vastaanottotarkastukset; LCC-analyysit
Vakiinnuttaminen	12. Täydellinen TPM:n käyttöönotto ja tason korottaminen	Asetetaan korkeammat tavoitteet (PM palkinto)

Tuotantoon liittyvien häiriötekijöiden poistamisen avulla on siis tarkoitus maksimaalistaa kokonaistehokkuus. Pääasiallisesti nämä häiriötekijät jaotellaan kolmeen eri ryhmään, joista jokainen ryhmä sisältää kaksi eri häiriölähdettä. Kyseiset ryhmät ja niihin sisältyvät häiriölähteet ovat:

- Seisokkihäviöt
    - laiteseisokit, jotka ovat vikaantumisten aiheuttamia
    - säädöt ja asetukset, jotka johtuvat tuotteen tai työkalujen vaihtumisesta tms.

- Nopeushäviöt
    - vajaakäynti ja lyhyet pysähdykset, jotka johtuvat antureiden huonosta toiminnasta, syöttöhäiriöistä, linjaruuhkista tms.
    - tuotantonopeuden aleneminen, jonka muodostaa toteutuneen ja suunnitellun tuotantonopeuden ero

- Laatuhäviöt
    - prosessipuutteet, jonka muodostavat syntyneet laatuvirheet ja tuotannon hylyt
    - prosessin käynnistäminen, koska tuotannon vakiintuminen vie oman aikansa laitteen uudelleen käynnistämisen jälkeen.

(Opetushallitus.)

Muutosten toteuttamisen edessä on yleensä pieniä haasteita ja niitä TPM:n suorittamisessakin on otettava huomioon jo sen suunnitteluvaiheessa. Seuraavassa pieni lista asioista, jotka täytyy huomioida suunniteltaessa TPM:n aloittamista:

1. Asenteelliset esteet
    - ennen kaikki oli paremmin
    - onhan näitä kokeilu ennenkin
    - ei ne asiat muuttamalla parane

2. Tekniset ja käytännön esteet
    - johdon osaamattomuus
    - tehdäänkö me tuotteita vai siivotaan paikkoja ja pidetään kokouksia

3. Tiedoista ja osaamisesta johtuvat esteet
    - kärsimätön johto

- pelko, että kunnossapitäjien työt siirtyvät käytön puolelle
- ei ymmärretä TPM:n sisältöä

4. Esteitä, jotka tulevat aikaisemmista kokemuksista
    - vaikea ymmärtää muutosta etukäteen
    - käyttöhenkilöstön laittaminen kunnossapitotehtävien tekemiseen vaikeaa
    - muutosten suunnittelu ja toteuttaminen on haastavaa työtä.

Edellä mainitut asiat ovat suunnilleen samoja, kuin erilaisten muutosten suorittamisessa yleensäkin tulee vastaan. (Laine 2010, s. 75.)

3.3.2 RCM

RCM (reliability-centered maintenance) eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito on menetelmä ehkäisevän kunnossapito-ohjelman rakentamiseen siten, että laitteiston ja rakenteiden käyttötoiminnan turvallisuuden, käytettävyyden ja taloudellisuuden parantaminen muodostaa perustan ohjelmalle. Kyseinen menetelmä on tämän diplomityön perusta, joten tästä aiheesta lisää tarkemmin luvussa 6. (Järviö 2000, s. 16.)

3.3.3 Asset management

Asset Management tarkoituksena on saada tuotantolaitteet toimimaan siten, että yritys pystyy toimimaan kustannukset minimoiden ja liiketoiminnalliset tavoitteensa saavuttaen. Tähän pisteeseen pääseminen edellyttää, että kunnossapito toimii erinomaisesti jokaisella osa-alueella. Kyseisillä osa-alueilla tarkoitetaan muun muassa ehkäisevää kunnossapitoa, hyvää yhteistyötä eri osastojen välillä, laitteiden toiminnan luotettavuutta sekä työsuunnittelun hallintaa. Kyseisten osa-alueiden hallitseminen on lähtökohta tavoitteeseen pääsemiselle.

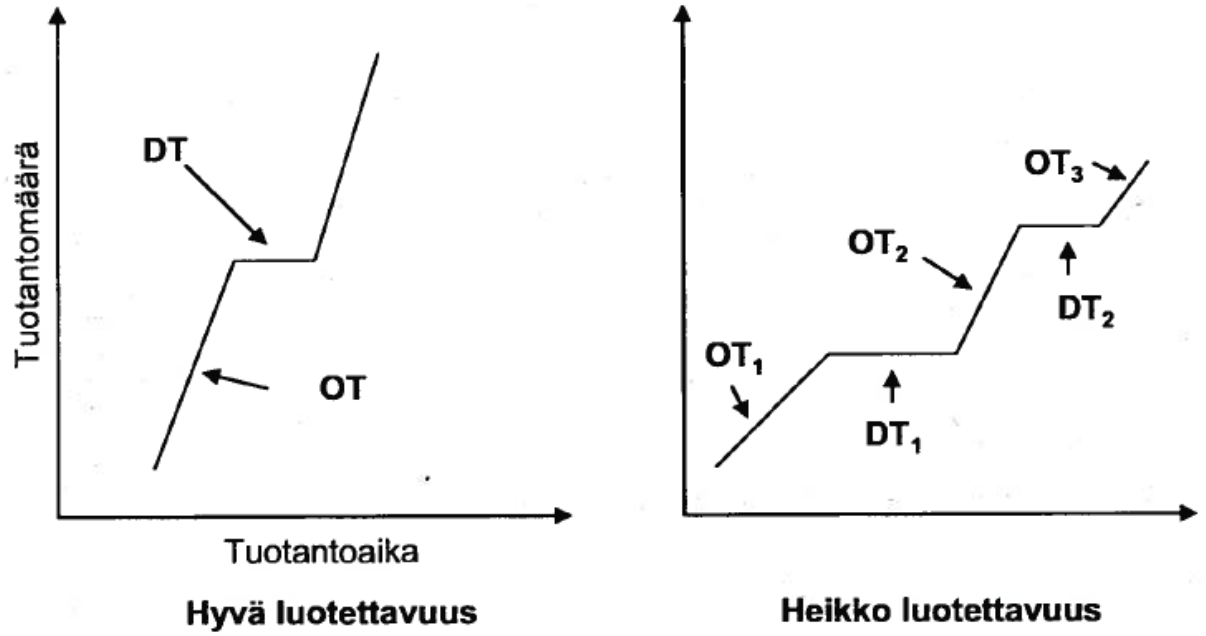
Projekti on jaettu viiteen eri vaiheeseen, joista ensimmäisessä on tarkoituksena selvittää nykyinen kunnossapidon taso sekä laitteiden kunnossapitotarve. Kyseiset asiat selvitetään seuraavilla toimenpiteillä:

1. laitekriittisyyksien määrittäminen

2. laitteiden kunnon, käyttötapojen sekä käytön kunnossapitomäärän selvittäminen
3. kunnossapitostrategian asettaminen laitteille
4. VVA:n (vika- ja vaikutusanalyysin) suorittaminen
5. toimintasuunnitelman luominen laitteille.

Toisen vaiheen tarkoituksena on ehkäisevän kunnossapidon lisääminen. Laitteille määritellyt ongelmakohdat, jotka ovat tulleet esille VVA:ssä, muutetaan sellaisiksi, että korjaavan kunnossapidon määrää saadaan selvästi alennettua. Oikea mittari ehkäisevän ja korjaavan kunnossapidon osuuksien määrittämisessä on suunnittelemattomien kunnossapitotöiden määrän suhteuttaminen kunnossapidon kokonaismäärään. Kolmannen vaiheen tarkoituksena on yhdistää kunnossapitoa ja käyttäjiä, jotta koneiden käyttäjät saataisiin osallistumaan paremmin kunnossapito-osaston toimenpiteiden tilaamiseen, valvomiseen, suorittamiseen sekä hyväksymiseen. Neljännessä vaiheessa tarkoituksena on luotettavuuden nostaminen. Koneille pyritään saamaan vähintään 95 % luotettavuus, poistamalla tuotannon pullonkaulat.

Viimeisessä vaiheessa optimoidaan tuotantolaitteistoa kunnossapidon keinoin siten, että sen optimaalinen toimintateho vastaa muutoksia markkinoiden kysynnässä. Toisin sanoen tällöin pyritään saamaan yrityksen johto ja kunnossapito samalle aaltopituudelle. Viimeisessä vaiheessa onnistuminen edellyttää tuotantotavoitteen asettamista, tuotantotavoitteen vaatiman luotettavuuden määrittämistä sekä lopullisen kunnossapidon suunnittelemista kustannukset minimoiden, jotta tuotantotavoitteeseen päästään. Kuvassa 5 on esitetty luotettavuuden merkitystä tuotantomääriin. (Järviö et al. 2007, s. 93-98.)



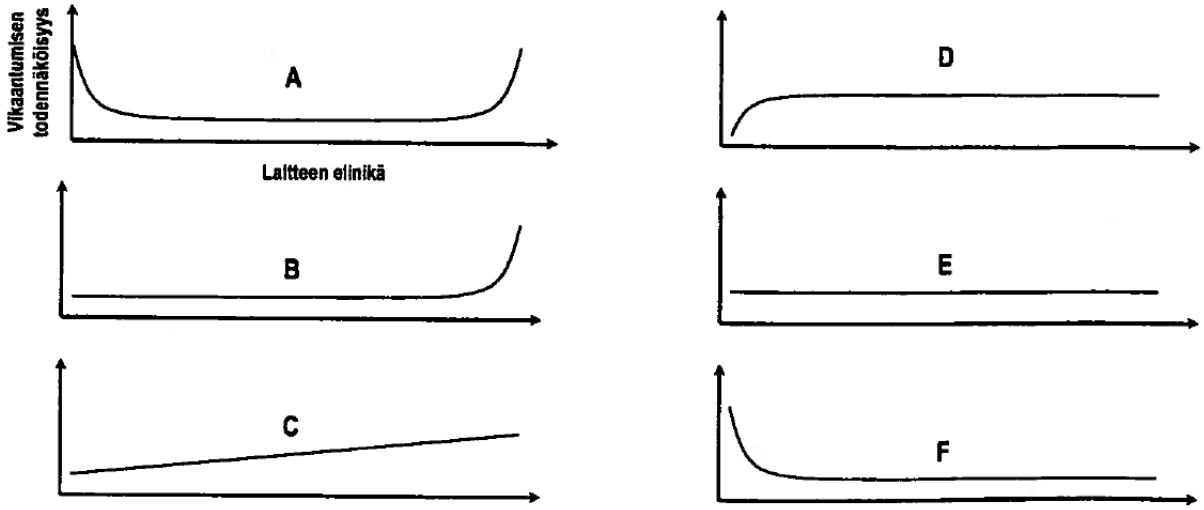
Kuva 5. Luotettavuuden vaikutus tuotantomääriin, joka ilmaisee kuinka koneiden käyntijaksot pitenevät sekä käyntinopeudet kasvavat, kun koneen luotettavuus paranee. OT tarkoittaa, että tuotanto on käynnissä ja DT taas, että tuotanto on keskeytetty. (Järviö et al. 2007, s. 98.)

3.4 Vikaantuminen ja siihen liittyvät tekijät

PSK 6201 standardi määrittelee ”vian” seuraavasti: ”Vika on tila, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa täydellisesti pois lukien ehkäisevän kunnossapidon, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteesta johtuvan toimintakyvyttömyyden takia.” Standardissa tulee hyvin esille sana ”täydellisesti”, joka viittaa siihen, että vaadittu toiminto pystytään toteuttamaan, mutta sen toteuttaminen tapahtuu liian alhaisella suoritustasolla. Yleensä vika ajatellaan kuitenkin liian ”on-off-tyyppisenä” eli laite vikaantuu vasta silloin, kun se ei enää ollenkaan pysty suorittamaan siltä vaadittua toimintoa. Tästä syystä esimerkiksi RCM-metodologiassa puhutaan laitteiden toiminnallisista vikaantumisista, joka määritellään laitteen kykenemättömyytenä toteuttaa käyttäjän edellyttämä toiminto käyttäjän hyväksymällä suorituskyvyllä.

Aikanaan vikaantumisen todennäköisyyden ja eliniän riippuvuuden ajateltiin olevan kylpyammeen muotoinen käyrä eli vikaantumisia ajateltiin tapahtuvan eniten laitteen käytön alussa ja eliniän loppupuolella, muttei niinkään näiden välisenä aikana. 1960-luvulla lentokoneiden huolto-ohjelmia suunnitelleet henkilöt kyseenalaistivat edellä mainitun vikaantumismallin, koska kyseiseen malliin perustuen vikaantumisia ei saatu estettyä tarpeeksi paljon. Myöhemmin samat henkilöt suorittivat vikaantumistutkimuksen, jonka

tuloksena he määrittelivät kuusi erilaista vikaantumismallia. Kyseiset vikaantumismallit voidaan jakaa aikaan pohjautuviin, sekä satunnaisiin vikaantumisiin. Aikaan pohjautuvissa vikaantumismalleissa vikaantumisten esitetään tapahtuvan enimmäkseen laitteen eliniän loppupuolella. Satunnaisten vikaantumisten malleissa esitetään vikaantumisten tapahtuvan tasaiseen tahtiin laitteen eliniän aikana. Kuvassa 6 on esitetty kolme aikaan pohjautuvaa vikaantumismallia sekä kolme satunnaiseen vikaantumiseen pohjautuvaa vikaantumismallia. (Järviö et al. 2006, s. 53.)



Kuva 6. Vikaantumismallit, joista A, B ja C kuvaavat aikaan pohjautuvia vikaantumisia ja D, E ja F satunnaisuuteen pohjautuvia vikaantumisia. (Järviö et al. 2006, s. 52.)

Kuvassa esiintyvien vikaantumismallien esiintymistä on tutkittu eri vuosikymmenillä useaan kertaan eri aloilla ja taulukossa 3 näkyy neljän eri tutkimuslaitoksen suorittamien tutkimuksien tulokset. (Järviö et al.2006, s. 53.)

Taulukko 3. Vikaantumismallien esiintymisten todennäköisyyksien tutkimusten tulokset neljän eri tutkimuslaitoksen mukaan. (Järviö et al. 2006, 53.)

Malli \ Tutkimuksen suorittaja	UAL (1968)	Broberg (1973)	MSP (1982)	Submepp (2001)
A	4 %	3 %	3 %	2 %
B	2 %	1 %	17 %	10 %
C	5 %	4 %	3 %	17 %
D	7 %	11 %	6 %	9 %
E	14 %	15 %	42 %	56 %
F	68 %	66 %	29 %	6 %

Taulukosta 3 voidaan huomata, kuinka käsitys eri vikaantumismallien esiintymisestä on muuttunut viimeisten vuosikymmenten aikana. Taulukon viimeisimmän tutkimuksen mukaan suurin osa vikaantumisista tapahtuu E – mallin mukaan, joka tarkoittaa jatkuvaa ja tasaista vikaantumistahtia koko laitteen eliniän aikana.

Pysyäkseen mukana vikaantumisista puhuttaessa, täytyy termin ”vika” lisäksi ymmärtää myös termien ”vikamuoto” ja ”vikaantumismekanismi” määritelmät. Vikamuodolla tarkoitetaan vikaantuneen laitteen eri tiloja, jotka liittyvät tiettyyn laitteelta vaadittavaan toimintoon. Venttiilin mahdollisia vikamuotoja ovat mm. venttiilin vuotaminen, virtauksen säädön virheellisyys ja syöpymä. Vikaantumismekanismilla puolestaan tarkoitetaan vikaantumiseen johtanutta fyysistä, kemiallista tai muunlaista prosessia. Perinteisimpiä vikaantumismekanismeja ovat mm. kuluminen, väsyminen ja murtuminen. (PSK 2003; Järviö 2000, s. 28.)

4. Kunnossapito UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan sellutehtaalla

Tässä luvussa käsitellään Kaukaan sellutehtaalla suoritettavaa kunnossapitoa, sitä mihin se perustuu, miten sitä suoritetaan ja kuinka kunnossapito nähdään menneessä ajassa, nykytilassa ja tulevaisuudessa. Lähdetietoa on hankittu SAP – tuotannonohjausjärjestelmän kautta, sekä teettämällä kysely (liite 1) työn kohdealueen kunnossapidon kanssa päivittäin työskenteleville, eri työnkuvan omaaville henkilöitä.

4.1 UPM-Kymmene Oyj:n kunnossapitostrategia

Perustan UPM:n kunnossapitotoiminnoille luo yhdessä tekeminen. Tämä tarkoittaa sitä, että kunnossapitotyöntekijöiden lisäksi myös käyttöhenkilöstö osallistuu laitteiden kunnossapitoon omalla panoksellaan. Kunnossapidon tehtävä on varmistaa tuotteiden laadun vastaavuus asiakkaiden odotuksiin sekä pyrkiä lisäämään tehtaiden kilpailukykyä. Näihin tekijöihin päästään pitämällä tuotantoprosessien laitteistot hyvässä kunnossa sekä suunnittelemalla, toteuttamalla ja kehittämällä kunnossapitoa kustannustehokkaasti.

Tarvittavat kunnossapitotyöt pyritään tekemään omin voimin niin pitkälle kuin ydinosaaminen omilla työntekijöillä riittää. Hyvän työnsuunnittelun avulla pyritään takaamaan jatkuva kustannustehokas toiminta sekä töiden suorittamisen korkea taso. Tehdastasolla kunnossapidon saralla pyritään mahdollisimman hyvään ja koko aika paranevaan

työturvallisuuteen sekä omien työntekijöiden joustavan liikkuvuuden parantamiseen, jonka avulla päästään entistä kustannustehokkaampaan toimintaan. (UPM 2012.)

4.2 Kunnossapidon nykytila Kaukaan sellutehtaalla

Tänä päivänä kunnossapito hoidetaan sellutehtaalla, kuten monella muullakin tehtaalla, suhteellisen pienellä miehityksellä. Yksittäisillä laitos-/automaatiomiehillä on suuria alueita hoidossaan ja tästä johtuen kaikki suuremmat työt ja huollot hoidetaan melkein ulkopuolisten toimesta, vaikka osa niistä pystyttäisiin hyvinkin itse suorittamaan, kunhan työt vain olisi aikaisin tiedossa ja suunniteltaisiin hyvin. Ennakkohuolto keskittyy enimmäkseen kunnonvalvojien suorittamiin säännöllisiin mittauksiin ja niiden tuloksiin reagointiin, mutta tarkempaa ennakkohuolto-ohjelmaa ei ole olemassa. SAP:ssa on automaattisesti tietyin aikavälein ilmaantuvia työilmoituksia, jotka pitäisivät olla ennakkohuoltotöitä, mutta niiden suorittaminen ei joka alueella mene kovinkaan tarkasti työilmoituksien ilmaantumisten mukaan.

Kyselyyn (liite 1) vastanneiden kesken oli hieman erilaisia mielipiteitä nykytilaan viitaten, vaikkakin kaikkien mielipiteistä huokui suhteellisen sama punainen lanka. Viime aikoina on paljon kehitytty kunnossapidon tilan parantamisessa ja askeleita otettu kohti parempaa ennakkohuoltoa, mutta erot osastojen välillä ennakkohuollon määrässä ovat erittäin suuria. Kunnonvalvonnan hyvä toiminta nähdään kaikkien toimesta olevan yksi avaintekijä ja kunnonvalvontamittauksista saadaankin paljon vikoja kiinni. Eri portaiden välillä on selvästi pieniä eroavaisuuksia siitä, mitä ennakkohuolto todellisuudessa tarkoittaa. Yhteneväinen linja kuitenkin oli se, että ennakkohuoltotöitä pitäisi olla paremmin suunniteltuna etukäteen eli käytännössä olla jonkunlainen ennakkohuolto-ohjelma. Tällöin työt ilmaantuisivat ajallaan esille SAP:iin ja niiden suunnittelemiseen jäisi hyvin aikaa. Töitä ei myöskään tarvitsisi aina erikseen kirjata järjestelmään, vaan ne olisi siellä jo valmiiksi ja täten säästettäisiin paljon aikaa pitkällä juoksulla. Suurimpana ongelmana ennakoivan kunnossapidon kehittymiselle nähdään ihmisten asenteet, pieni työntekijä määrä sekä SAP-järjestelmän huono käyttö. SAP-järjestelmän ja kunnossapidon kombinaatio on toiminut vastanneiden mielestä suhteellisen nihkeästi viime aikoina. Monien asioiden suorittamiseen kuluu turhan paljon aikaa, kun ei ole tarpeeksi osaamista järjestelmän käyttöä varten. Tämä tilanne muuttuu kuitenkin koko ajan hyvien koulutusten kautta.

Kunnossapitotöiden suorittamisessa on viime vuosien aikana käytetty paljon ulkopuolisia resursseja. Käytännössä aina kun on tehty jotain suurempia töitä, niin on tilattu ulkopuolisen

yrityksen työntekijöitä hoitamaan työ ja tämä myös näkyy kunnossapitobudjettien jatkuvassa ylityksessä. Tämän vuoden puolella on pyritty alkaa käyttämään enemmän omia resursseja ulkopuolisten sijaan sellaisissa töissä, jotka itse osataan tehdä. Monen mielestä juuri omien resurssien liikuttamisessa on otettu suuria askeleita eteenpäin tämän vuoden aikana. (Lampainen 2013; Isbom 2013; Viinikainen 2013; Sokkanen 2013; Maijanen 2013; UPM 2013b.)

Tulevaisuuden tavoitetila kunnossapidon osalta

Edistysaskeleita kohti parempaa ennakoivaa kunnossapito otetaan koko ajan, mutta paljon on vielä tehtävää, jotta se toimisi oikeasti hyvällä tasolla. Kyselyyn vastanneet näkevät tulevaisuuden tavoitteet suhteellisen samanlaisia. Ennakkohuolto-ohjelmien rakentaminen, kunnonvalvonta toiminnan tehostaminen, töiden suunnittelun parantaminen, oman työvoiman käytön lisääminen ja asenteiden muuttaminen ovat selvästikin asioita, joihin tulevaisuudessa halutaan kiinnittää enemmän huomiota. Kunnossapitoa kentällä hoitaa nykyään suhteellisen iäkkäät henkilöt, joiden korvaajiksi tarvitaan lähitulevaisuudessa hyviä kunnossapitotyöntekijöitä. Sopivien ihmisten rekrytoiminen on myös eräs tavoite, jossa tulee hyvin onnistua, jotta kunnossapitoa pystytään suorittamaan korkealla tasolla myös tulevaisuudessa. (Lampainen 2013; Isbom 2013; Viinikainen 2013; Sokkanen 2013; Maijanen 2013; UPM 2013b.)

Kehitystä vaativat asiat ja toimintatavat

Kehitystä vaativia asioita on vielä erittäin paljon. Lähtökohta ennakoivan kunnossapidon onnistumiselle on kuitenkin ihmisten asenteet, kunnossapito-ohjelman rakentaminen ja SAP:n oikeanlainen käyttö. Näiden tekijöiden kanssa on vielä paljon tehtävää. Sellutehtaalla on jonkun verran henkilöitä, joiden asenne ennakoivaa kunnossapitoa kohtaan ei ole kovinkaan hyvä. Toiset ajattelevat, että asiat voidaan hoitaa ”kuten ennenkin”, jolloin ei niin tarkkaa keskitytä töiden suunnittelemiseen, työn suorittamisen valvotaan ja työn suorittamisen laadun arvioimiseen. Kaiken lisäksi töitä suorittamaan tilataan usein ulkopuolisen yrityksen työntekijöitä, vaikka samat työt voitaisiin hyvin tehdä omin voimin, kun taidotkin siihen riittävät. Koko kunnossapitohenkilöstöllä pitäisi olla yhteneväinen ajattelutapa liittyen kustannusten hallitsemiseen sekä töiden tarkkaan suunnitteluun, omien työntekijöiden käyttämisen suunnitteluun, töiden toteuttamiseen ja töiden tulosten analysointiin.

Suurin kehittämistä vaativat asia on selkeä kunnossapito-ohjelma. Ennakoiva kunnossapito-ohjelma, johon on tarkkaan mietitty mitä ennakkohuollon piiriin lukeutuvia töitä eri laitteille / laitteistoille tulisi suorittaa, kuinka usein kyseiset työt olisi hyvä suorittaa ja viimeiseksi

tärkeänä vielä, että kuka työt suorittaa. Nykypäivänä laitosmiesten toiminta perustuu paljon kokemukseen. Tietyt työt ovat SAP:sta ilmaantuvia määräajoin suoritettavia töitä, joita ei kuitenkaan ole paljon. Loput työt ovat joko laite-/tehdasseisokkitöitä tai sitten oman mielen mukaisia tarkastuskierroksia ja ”ennakoivia kunnossapitotoimenpiteitä”. Töiden suorittaminen kokemukseen perustuen ajaa siihen, että osa töistä tehdään vaihtelevin syklein, välillä kuukauden välein ja välillä kahden kuukauden välein. Joitakin töitä taas tehdään turhan usein verrattuna kyseisten laitteiden kriittisyyteen ja todelliseen huollon tarpeeseen tehtaan jatkuvan tuotannon ylläpitämisen kannalta. Tarkastuskierrosten suorittaminen oman pään mukaisesti taas tarkoittaa sitä, että kierrokselle lukeutuvat kohteet eivät aina ole välttämättä samat ja kierroksella tarkasteltavat asiat, kuten akselitiivistyksien pitävyys, vaihteiden öljymäärä, puhaltimen toiminta jne. eivät myöskään ole aina samoja. Edellä mainittuihin lukuisiin syihin perustuen kunnossapito-ohjelman olemassaolo ja sen noudattaminen on erittäin tärkeätä, jotta voidaan varmistua siitä, että töitä tehdään oikeissa paikoissa, oikeilla tavoilla, oikeaan aikaan ja oikealla miehityksellä.

Viimeinen selvästi kehitystä vaativa asia on SAP:n käyttö. Aikaisemmin jo mainittiin, että SAP:n käyttämistä pyritään parantamaan erilaisten koulutuksien avulla. Tämä on hyvä alku kohti systemaattista ja oikeanlaista järjestelmän käyttöä. Perusasiat täytyy kuitenkin olla kunnossa, jotta järjestelmän käyttö saadaan toimimaan moitteettomasti. Seuraavassa pieni listaus asioista, joiden virheellisyys vaikeuttaa SAP:n käyttöä ja tuottaa lisätyötä työntekijöille:

- Virheelliset laiterakenteet, jolloin laitteessa olevien osien selvittäminen vaikeutuu ja vie aikaa erittäin paljon verrattuna siihen, että rakenteissa olisi tarvittavat ja oikeat tiedot
- Nimikkeiden puuttuminen käytössä olevilta osilta
- Ylimääräiset huoltorivit, jotka aukeavat todelliseen työn suorittamisen ajankohtaan nähden aivan väärään aikaan.

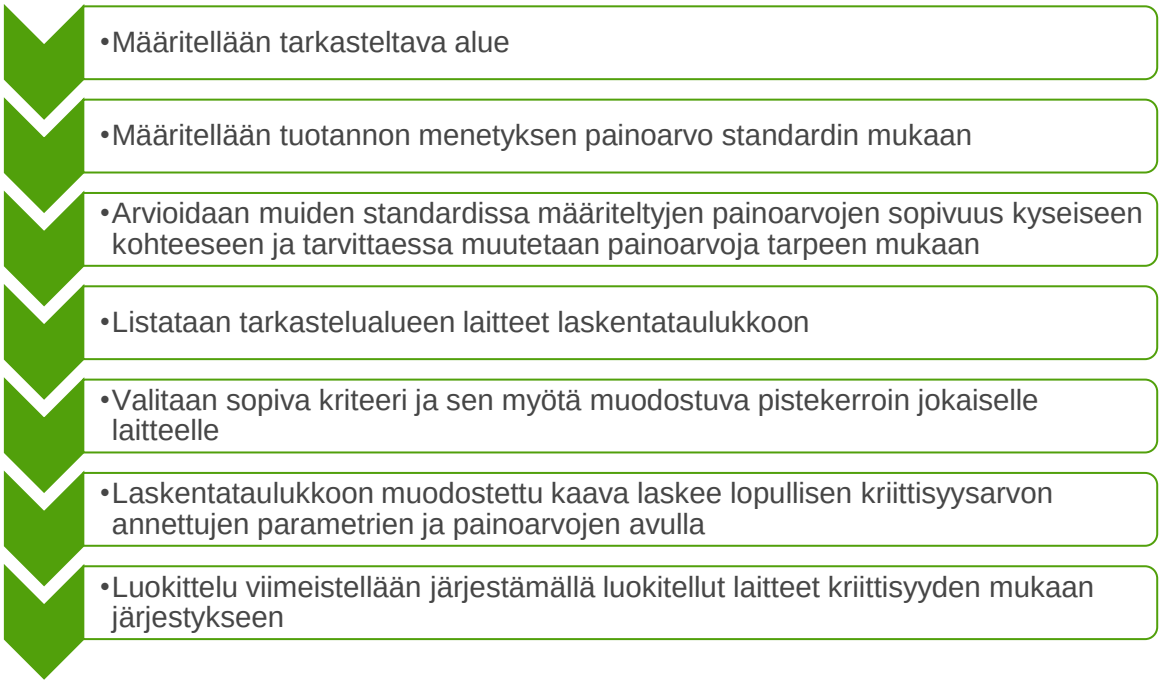
(Lampainen 2013; Isbom 2013; Viinikainen 2013; Sokkanen 2013; Maijanen 2013; UPM 2013b.)

5. Tehtävien priorisointi ennakoivan kunnossapidon lähtökohtana

Tässä luvussa käsitellään, että millä tavoin voidaan määrittää ne laitteet, joiden kunnossapito on tärkeämpää tuotannon jatkuvan toiminnan kannalta ja vastaavasti, minkä laitteiden vikaantumisella ei ole suoranaista vaikutusta tuotantoon tai tuotantoon vaikuttaviin laitteisiin ja niiden toimintaan. Luvussa käydään myös läpi, kuinka valita oikean tasoiset kunnossapitotoimenpiteet tehtaan laitteistoille, oli laitekriittisyys sitten mikä tahansa.

5.1 Laitekriittisyyden määrittäminen

PSK 6800 standardi määrittelee käsitteen ”kriittisyys” seuraavalla tavalla: ”Kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski (henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin ja tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seurauksiin liittyvä riski) ei ole hyväksyttävällä tasolla.” Lisähuomautuksessa mainitaan vielä, että riskin suuruus kuvaa vikaantumisen vaikutuksen ja todennäköisyyden tuloa. Laitteiden kriittisyysluokittelua käytetään tarkempien tietojen hankintaan ennen kunnossapitosuunnitelman rakentamisen aloittamista. Toisaalta sitä voidaan myös hyödyntää laitehankinnoissa määriteltäessä vaadittavia ominaisuuksia hankittavalle laitteelle. Kriittisyysluokittelu perustuu mm. toiminnan taloudellisten vaikutusten sekä turvallisuus- ja ympäristövaikutusten huomioimiseen. PSK 6800 jakaa kriittisyysluokittelun suorittamisen kuvan 7 mukaisiin vaiheisiin. (PSK 2008.)



Kuva 7. Kriittisyysluokittelun suorittamisen vaiheet PSK 6800 standardin mukaan. (PSK 2008.)

Parametrien eli painoarvojen ja kertoimien suhteen standardi antaa ohjeellisia lukuarvoja sekä jokaiselle kertoimelle vastaavan valintakriteerin. Vikaantumisvälin kautta muodostuva kerroin kertoo kokonaisuudessaan muista tekijöistä tulevien parametrien summat, joten sillä on oleellinen vaikutus kriittisyysluokittelun lopputulokseen. Muut luokittelussa esiintyvät tekijät ovat tuotannon menetys, turvallisuusriskit, ympäristöriskit, laatukustannukset ja

korjaus- tai seurauskustannukset. Näissä tekijöissä muodostuva kerroin kerrotaan pelkästään kyseisen tekijän painoarvon kanssa. Painoarvot ovat standardissa ehdotettu valmiiksi muille tekijöille, tuotannon menetystä lukuun ottamatta. Tuotannon menetyksen painoarvon voi itse määrittää sen todellisuuden mukaan, joka kohdealueella on nykytilanne. Eri tekijöiden painoarvot selviävät taulukosta 4. (PSK 2008.)

Taulukko 4. Standardin mukaiset painoarvot ja kertoimet luokiteltaville tekijöille. (PSK 2008.)

Tekijä	Painoarvo	Kertoimet
Tuotannon menetys	0…100	0, 1, 2, 3, 4
Turvallisuusriski	30	0, 2, 4, 8, 16
Ympäristöriski	20	0, 2, 4, 8, 16
Laatukustannus	30	0, 1, 2, 3, 4
Korjaus- tai seurauskustannus	20	0, 1, 2, 3, 4
Vikaantumisväli		1, 2, 4, 8

Taulukon 5 mukaiset kertoimet muodostuvat siis valintakriteerien perustella. Jokaisen tekijän kohdalla valitaan yksi, kyseiselle laitteelle sopiva valintakriteeri ja täten sille muodostuu kerroin, joka sitten lopuksi kerrotaan vielä painoarvon kanssa. Taulukossa 5 ilmenevät tuotannon menetyksen valintakriteerit. (PSK 2008.)

Taulukko 5. Standardin määrittelemät valintakriteerit ja niihin kuuluvat kertoimet. (PSK 6800)

Valintakriteeri	Kerroin
Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle	0
Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esim. ≤3h)	1
Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esim. ≤10h)	2
Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esim. 10 – 24h)	3
Laitteen toimimattomuusa pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esim. >24h)	4

Lopullinen kriittisyysluokka määräytyy standardin mukaisella laskennalla eri kriteerien kertoimen ja painoarvon tulossummista, joka vielä kerrotaan vikaantumisvälistä määräytyvällä kertoimella. Lopputulokselle asetetaan raja-arvo, jonka ylittäessä kyseinen laite katsotaan kriittiseksi. Kriittisyyden raja-arvo riippuu täysin kohdealueesta. Standardissa annetaan muutama eri esimerkki liittyen kriittisyysluokittelun suorittamiseen. Taulukossa 6 on esitetty yksi esimerkeistä, jossa kriittisyyden raja-arvoksi on asetettu 700. (PSK 6800).

Taulukko 6. Kriittisyysluokittelumalli, jossa kriittisyysindeksi muodostuu eri osatekijöiden kriteerien summasta ja painotuksesta, joka lopuksi kerrotaan vikaantumisvälin painoarvolla. (PSK 2008.)

Kriittisyyden raja-arvo	700
Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp	100

Toimintopaikan nimitys	Vikaan-tumisväli (1…8)	Turvalli-suus (0…16)	Ympäristö 0…16	Tuotannon-menetys (0…4)	Loppu-tuotteen laatukus-tannus (0…4)	Korjaus-kustannus (0…4)	Kriitti-syys-indeksi
	Painoarvot W -->	30	20	100	30	20	K
3.PURISTIN YLÄTELA	3	8	0	3	2	3	1980
3.PURISTIN ALATELA	3	8	0	3	2	3	1980
2.KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ	3	4	4	3	2	2	1800
1.PURISTIN YLÄTELA	3	4	0	3	2	3	1620
1.PURISTIN ALATELA	3	4	0	3	2	3	1620
2.PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ	2	2	8	4	2	3	1480
2.PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ	2	2	8	4	2	3	1480
1.PURISTIN KK1 ALAHUOVANJOHTOTELAT 3 kpl	3	2	0	2	2	2	1080
3.PURISTIN KARTONGINJOHTOTELA	3	2	0	2	2	2	1080
VIIRAN IMUTELA	2	4	2	3	3	3	1220
VIIRAN IMUTELAN KÄYTTÖ	2	4	4	2	2	2	1000
Puristin 1 alatelan käyttö	2	2	2	1	2	2	600

5.2 Tarvittavien ennakkotoimenpiteiden määrittäminen

Ennakoivan kunnossapidon toimenpiteet käsittävät yleisesti ottaen 3 eri kategoriaa: kuntoon perustuvat, aikaan perustuvat ja kunnonvalvontatoimenpiteet. Erilaiset ennakkohuoltotoimenpiteet kuuluvat jokainen johonkin näihin kolmeen mainittuun ryhmään. Kuntoon perustuvat ja aikaan perustuvat toimenpiteet pyrkivät suoranaisesti estämään komponenttitason vikaantumisia. Kunnonvalvontatoimenpiteet taas eivät estä vikaantumisia itse komponenttitasolla, vaan niiden avulla pyritään pikemminkin tarkastelemaan määrätyin väliajoin, että onko komponentti tai laite jo vikaantunut, jotta vikaantuminen voidaan havaita ennen kuin se aiheuttaa tuotannollisia seurauksia. Laitekohtaisesta suoritettavien ennakkotoimenpiteiden määrittämisestä lisää luvussa 6.3. (Bloom 2006, s 154 – 155.)

Ennakkotoimenpiteistä aiheutuvat kustannukset vs. hyöty

Lopullista kunnossapito-ohjelmaa listattaessa täytyy tarkkaan miettiä, mitkä kaikki toimenpiteet siihen kannattaa sisällyttää eikä vain listata mukaan kaikki mieleen tulevat ja sopivalta tuntuvat. Esimerkiksi jotkut osat saattavat olla säännöllisin väliajoin vikaantuvia, erittäin nopeasti ja helposti vaihdettavia sekä kaiken lisäksi vielä suhteellisen halpoja. Mikäli tällaisten osien vikaantumisen mittaaminen vaatii paljon aikaa ja on vielä suhteellisen hankala toteuttaa, kannattaa tarkkaan miettiä, että onko vain järkevämpää vaihtaa osa tietyin

väliajoin sen hetkisestä kunnosta riippumatta ja jättää vikaantumisen mittaaminen kokonaan suorittamatta. Kääntöpuoli edelliseen esimerkkiin on taas sellainen osa, jonka korjaaminen vie paljon aikaa ja itse osa on erittäin kallis. Tällaisille osille on järkevää panostaa vikaantumisen mittaamiseen ja erilaisiin tarkasteluihin. (Laine 2010, s. 141.)

5.3 Resurssien ohjaaminen tärkeisiin kohteisiin oikealla tavalla

2000-luvun alkupuolella ihmisillä oli vielä vankka uskomus, että kunnossapidon suorittamisen määrällä ja tarkkuudella on suoranainen vaikutus koneiden luotettavuuteen ja sen parantamiseen. Nykypäivänä ajastus tämän asian suhteen on muuttunut täysin päälaelleen. Nykyään ajatellaan, että laite juuri altistetaan erilaisille vikaantumismekanismeille aina, kun sitä mennään avaamaan, korjaamaan tai sulkemaan. Erään tutkimuksen mukaan 72 % tapauksista on tapahtunut juuri edellä mainitulla tavalla eli vikaantumismekanismi on alkanut kehittyä laitteen avaamisen, korjaamisen tai sulkemisen jälkeen. Tähän liittyen onkin muodostunut erittäin pätevä sanonta koskien laitteiden kunnossapitoa: ”älä kajoa toimivaan laitteeseen”. John Moubray esitti, että koneiden tarkastamismahdollisuuksia, ilman niiden avaamista tulisi tutkia huolella. Tähän liittyen on syntynyt käsite ”On condition task”, joka tarkoittaa laitteen tarkastuksien suorittamista sen ollessa toimintakunnossa tai toiminnassa.

Kriittisimmille laitteille tulee miettiä tarkemmin tarvittavia ennakoivan kunnossapidon toimenpiteitä, kun taas sellaisia laitteita, joiden vikaantumisella ei ole vaikutusta itse tuotantoon ja joiden arvo muutenkin on vähäinen, ei kannatta sisällyttää ehkäisevän kunnossapidon piiriin, vaan tällaisten laitteiden kohdalla oikea strategiavalinta on RTF. RTF eli run to failure tarkoittaa, että koneelle suoritetaan perushuoltotoimenpiteet ja sen toimivuutta seurataan. Tällaisen laitteen hajotessa, se korjataan tai vaihdetaan suoraan uuteen. (Järviö et al. 2007, s. 48.)

6. RCM – Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

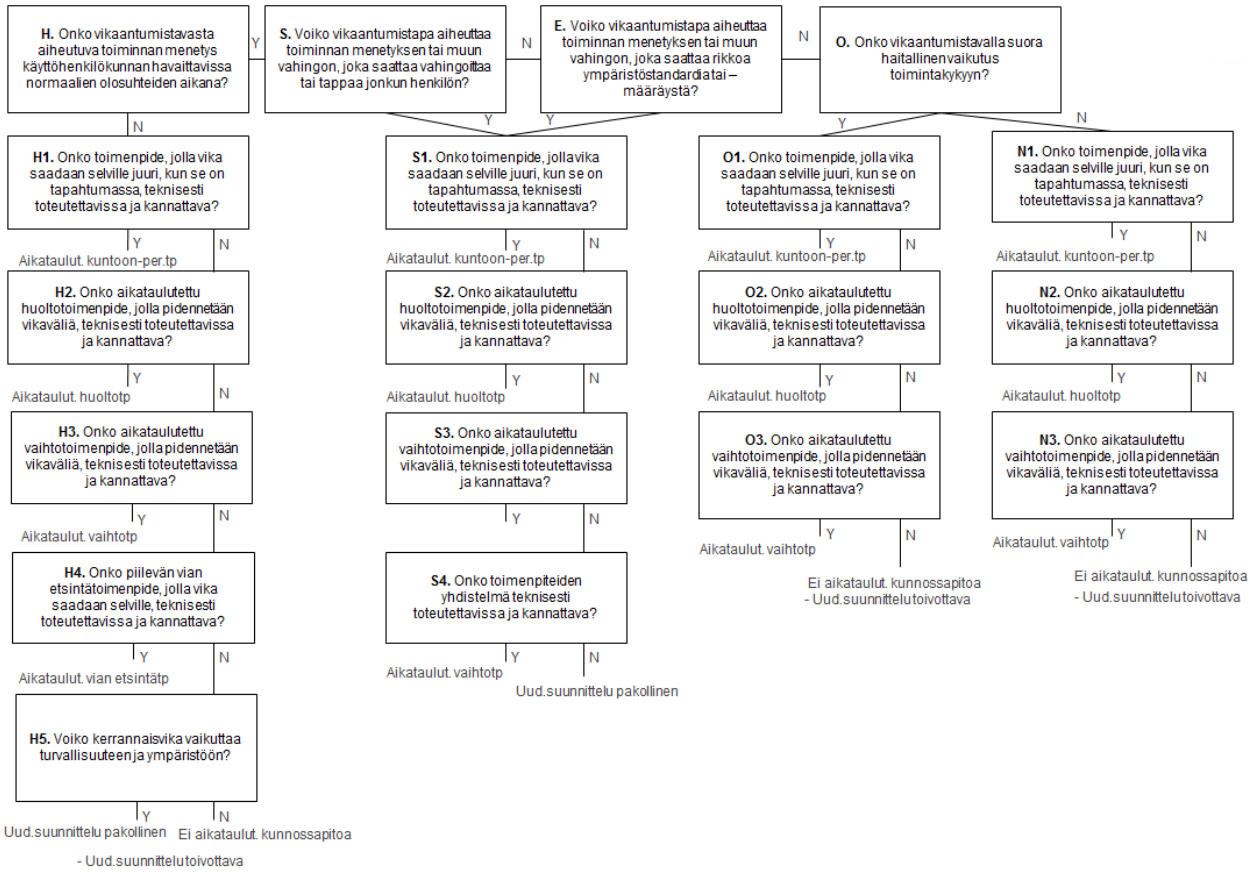
Luotettavuuskeskeinen kunnossapito eli RCM on menetelmä, jonka avulla pystytään rakentamaan yritykselle ehkäisevän kunnossapidon ohjelma, joka perustuu laitteiston ja rakenteiden käyttötoiminnan turvallisuuden, käytettävyyden ja taloudellisuuden paranemiseen (Järviö 2000, s. 16.)

6.1 Toiminta-ajatus

Moubray (1997) määrittelee RCM:n prosessiksi, joka kertoo mitä tulee tehdä, jotta voidaan varmistaa fyysisten toimintojen suorituskyvyn pysyvyys sillä tasolla, jolla käyttäjät haluavat sen olevan sen nykyisessä toimintaympäristössä. RCM-prosessi perustuu seitsemään ydin-kysymykseen, joihin prosessin edetessä haetaan vastauksia ja täten varmistetaan prosessin oikeanlainen suorittaminen. Nämä seitsemän kysymystä ovat:

- Mitkä ovat laitteen toiminnot ja tehokkuusvaatimukset sen nykyisessä toimintaympäristössä?
- Millä tavalla laite voi olla täyttämättä siltä vaadittuja toimintoja?
- Mistä toiminnalliset vikaantumiset johtuvat?
- Mitä tapahtuu vikaantumisen ilmetessä?
- Mihin asioihin vikaantumisella on vaikutusta?
- Mitä voidaan tehdä kunkin vikaantumisen ennustamiseksi tai ehkäisemiseksi?
- Mitä pitäisi tehdä, jos sopivaa ennalta ehkäisevää toimenpidettä ei löydy?

Yllä esitettyjen kysymyksien avulla prosessia viedään eteenpäin ja tietoa kerätään niin pitkään, että sitä on tarpeeksi lopullisten päätösten tekemistä varten. Lopullisten, laitteille määrättävien toimenpidelajien, kuten kunnonvalvonta, aikataulutettu huoltotoimenpide jne. valinnassa käytetään apuna RCM-päätöskaaviota, kuva 8. (Moubray 1997, s. 7, 103.)



Kuva 8. RCM-päätöskaavio, jonka avulla valitaan laitteille suoritettavan kunnossapidon toimenpidelaji. (Moubray 1997, s. 103.)

6.2 Saavutettavat asiat

RCM-prosessin suorittamisen seurauksena saavutetaan muun muassa seuraavia asioita,

- Suorituskyvyn paraneminen
- Ympäristö- ja turvallisuusasioiden huomioonottaminen korkeammalla tasolla
- Tehokkaampi kunnossapidon resurssien käyttö
- Kalliiden laitteiden eliniän nostaminen käyttökelpoisuustasolla
- Yhtenäisen tietokannan luonti
- Parempi ns. joukkuehenki työyhteisön sisällä
- Työmotivaation nostaminen
- Parantunut tuotteen laatu

(Moubray 1997, s. 308-317.)

Suorituskyvyn paraneminen

Suorituskyvyn paraneminen perustuu potentiaalisten toiminnallisten vikaantumisten havainnointiin hyvissä ajoin, ennen niiden muuttumista varsinaisiksi toiminnallisiksi vioiksi. Tällöin vaadittavat kunnossapitotoimenpiteet voidaan ajoissa suunnitella siten, että niiden tekemisen ajankohdasta koituu mahdollisimman vähän haittaa itse tuotannolle.

Toinen tärkeä saavutettava asia on hyvän valmistautumisen mahdollisuus itse kunnossapitotoimenpiteeseen. Tarvittavien henkilö- ja materiaaliresurssien hankkimiseen on riittävästi aikaa, jolloin voidaan taata mahdollisimman nopea suorittaminen siinä vaiheessa, kun laitteen pysäyttäminen kunnossapitotoimenpidettä varten on kaikkein suotuisinta itse tuotannon kannalta. Potentiaalisten vikaantumismahdollisuuksien havainnointi auttaa myös pidentämään kunnossapitotoimenpiteiden jaksotusta. Käytettäessä sopivia kunnonvalvonta-toimenpiteitä, jotka suoritetaan optimaalisin väliajoin, ei laitteita tarvitse huoltaa ennen kuin ne sitä todella vaativat. Täten mahdollistetaan resurssien maksimaalinen käyttö niihin kohteisiin, jotka kunnossapito todella tarvitsee sillä hetkellä. (Moubray 1997, s. 310).

Ympäristö- ja turvallisuusasioiden huomioonottaminen korkeammalla tasolla

Ennen varsinaisten toiminnallisten tehtävien määrittelyä kartoitetaan systemaattisesti kunkin tunnistetun vikatoiminnon aiheuttamat ympäristö- ja turvallisuusseuraukset. Tämä kertoo turvallisuus- ja ympäristöasioiden tulleen eräiksi kunnossapidon tärkeimmistä huomioonotettavista asioista. Käytännössä RCM:n päätöslogiikkapuu ei kerro suoraa vastausta, kuinka ympäristö- ja turvallisuusriskit pitää käsitellä. Se kuitenkin käskee hoitamaan ne siten, että riskit ovat hyväksyttävällä tasolla, mutta mieluiten eliminoituna kokonaan. Apua mainittujen riskien käsittelyyn antaa muun muassa standardi SFS-EN ISO 14001, jossa määritellään tarkasti ympäristöriskien huomioimiseen ja hallintaan liittyviä tekijöitä. (Moubray 1997, s. 308; SFS 2001.)

Prosessin päätöksenteossa otetaan mukaan sekä teknisen puolen osaajia kuin todennäköisiä ympäristö- ja turvallisuusriskien ”uhreja”, jolloin kyseiset asiat tulee käsiteltyä mahdollisimman todenmukaisesti. Käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön osallistumisella projektiin saadaan ihmiset ymmärtämään minkälaisia todellisia vaaroja heidän toiminnoillaan voi olla. Tällöin osallistujat haluavat varmasti tehdä oikeanlaisia päätöksiä asioiden suhteen, eikä jättää yhtään ympäristö- tai turvallisuustekijää huomioimatta. (Moubray 1997, s. 308.)

Tehokkaampi kunnossapitoresurssien käyttö

Kunnossapitoresurssien käytön tehostaminen saavutetaan useiden eri muutosten avulla, joita esimerkiksi ovat rutiininomaisten kunnossapitotöiden vähentäminen, ulkopuolisten kunnossapitopalveluiden ostamisen järjestelmällisempi toiminta ja kalliiden ulkopuolisten erikoisosaajien vähempi työllistäminen. Näiden kolmen tässä luvussa läpikäytävien muutosten lisäksi kunnossapitoresursseja voidaan myös tehostaa nopeamman vikojen määrityksen (vähempi ajankäyttö korjaamiseen), potentiaalisten vikojen syntymisen huomaamisen (parempi valmistautumisaika korjaustyöhön sekä seurannaisvikojen vähentäminen), seisokkitöiden listan lyhentämisen (säästöjä osien kulutuksen ja alihankkijatöiden vähenemisen avulla) sekä tehtaan laitteiden yleisimpien vikaantumisten ymmärtämisen avulla. (Moubray 1997, s. 312 – 314.)

Rutiininomaisten kunnossapitotöiden vähentäminen lähtee liikkeelle töiden määrän vähentämisellä (turhat pois listalta) sekä tarvittavien töiden suoritusvälin uudelleen muokkaamisella. Monesti suunnitelluista tehtävistä jopa yli puolet jää tekemättä. Tällöin rutiinitöiden suurikaan vähentäminen ei suoranaisesti tarkoita työmäärän vähenemistä, vaan listalta poistetaan ne rutiinityöt, jotka muutenkin jäävät tekemättä. Syy siihen miksi monesti jopa yli 50 % määrätyistä tehtävistä jätetään tekemättä on, että ne ollaan havaittu merkityksettömiksi. Näissä tapauksissa työsuunnittelu on kuitenkin epäjärjestyksessä, koska turhia töitä ei pitäisi olla järjestelmässä mukana. (Moubray 1997, s. 312 – 313.)

Ulkopuolisten kunnossapitoresurssien tehostaminen saavutetaan kahdella eri tavalla. Ensimmäinen on se, että vikaantumisten seurauksien paremman ymmärtämisen kautta ulkopuolisten resurssien ostajat pystyvät paremmin ymmärtämään, kuinka kiire kunkin vian korjauksella on. Tällöin voidaan säästää huomattavia summia, kun ei hankita ulkopuolista työvoimaa aina turhan nopealla aikataululla, joka maksaa reilusti omaa työvoiman käyttöä enemmän. Toinen seikka on jo edellisessä kappaleessa esiin nostettu rutiinitöiden määrä ja suoritusaikaväli. Näiden töiden vähentämisellä pystytään monesti myös vähentämään ulkopuolisen työvoiman tarvetta kunnossapitotöissä, joka taas tarkoittaa selvää kustannussäästöä. (Moubray 1997, s. 313.)

Ulkopuolisten erikoisosaajien käyttöä saadaan vähennettyä tiedonvaihdon avulla, joka tapahtuu RCM-tapaamisessa laitteiston toimittajan edustajan sekä tehtaan henkilökunnan välillä. Tämä taas johtaa selvään kunnossapitopätevyyden nousuun tehtaan sisäisesti. Sen seurauksena omat kunnossapitotyöntekijät pystyvät ratkaisemaan ja korjaamaan entistä

vaikeampia vikoja, jolloin ulkopuolisten erikoisosaajien käyttöä saadaan selvästi vähennettyä. (Moubray 1997, s. 313.)

Kalliiden laitteiden eliniän nostaminen käyttökelpoisuustasolla

Eliniän nostaminen perustuu täysin kunnossapitotoimenpiteiden tekemiseen vähintään siinä määrin, että laitteen sen hetkinen minimisuorituskyky pysyy korkeammalla tasolla kuin millä sen käyttäjät haluavat sitä käyttää. RCM-prosessin avulla pystytään turvaamaan melkein minkä tahansa laitteen pitkä elinikä ainakin niin kauan kuin sen tukielementit pysyvät vahingoittumattomina ja varaosia riittää. RCM:n päätöskaavio kehottaa suorittamaan ensisijaisesti kunnonvalvontaa jos se vain on mahdollista. Tällöin pystytään varmistumaan, että jokainen yksittäisen osan elinikä pystytään maksimoimaan ennen sen vaihtoa. (Moubray 1997, s. 314 – 315.)

Yhtenäisen tietokannan luonti

RCM – prosessissa kerääntyneisiin tietoihin pohjautuen voidaan muodostaa hyvä ja kattava tietokanta. Tietokannan avulla pystytään seuraamaan, mitä kunnossapitotoimenpiteitä kullekin laitteelle suoritetaan ja mitkä näiden toimenpiteiden suorittamisen ajankohdat ovat. Tietokantaan listattujen tietojen avulla pystytään varmistumaan siitä, ettei töiden suorittamisen suhteen pitäisi tulla suuria ongelmia, kun tehtaalle otetaan uusia työntekijöitä tai muuten liikutellaan työvoimaa organisaation sisällä. (Järviö 2000, s. 151.)

Työmotivaation paraneminen ja parantunut joukkuehenki

Prosessin avulla pysytään parantamaan varsinkin niiden ihmisten motivaatiota, jotka ovat osallisina asioiden tarkastelussa. Laitteilta vaadittujen toimintojen parempi ymmärtäminen sekä ymmärrys siitä, mitä heidän itse täytyy tehdä parantaakseen laitteiden toimivuutta ja sitä kautta niiden luotettavuutta selventää henkilöstön tietoutta ja sitä kautta myös työmotivaatiota. Tietous siitä, mitkä asiat kuuluvat kunkin henkilön vastuulle eli mitä kunkin kunnossapitohenkilön odotetaan hoitavan normaalilla työpanoksellaan vaikuttaa siihen, että työt suoritetaan oikealla tavalla ja vastuullisesti. Tällöin esimerkiksi työnjohtajien päälle ei enää pystytä kaatamaan kaikkia epäonnistumisia, kun on selvästi tiedossa, että mikä kenenkin vastuualueelle kuuluu. Näin saadaan parannettua myös työntekijöiden välisiä suhteita, koska epäselvyyksistä johtuvia väittelyitä ei pääse tulemaan. Kolmas asia työmotivaation parantamiseksi on jokaisen ryhmän jäsenen ymmärrys, että kukin heistä on

ollut asettamassa tavoitteita, päättämässä mitä tehdä tavoitteiden saavuttamiseksi ja päättämässä kuka olisi paras tekemään kyseiset työt. Täten he varmasti haluavat tehdä työt hyvin heti ensimmäisellä kerralla. (Moubray 1997, s. 315.)

Tuotteiden parantunut laatu

RCM- prosessin avulla pystytään parantamaan paljon automatisoitujen prosessien tuottoa, keskittymällä suoraan tuotteen laatuun ja siihen, että laitteistot toimivat niille asetetuilla toimintatasoilla. Tällöin vähennetään prosessi häiriöistä syntyviä laatumuutoksia. (Moubray 1997, s. 312.)

6.3 Prosessin eteneminen

RCM- prosessi etenee johdonmukaisesti ydinkysymyksiä seuraten. Suorituksen eri päävaiheisiin kuuluu paljon pienempiä selvitettäviä asioita ja nämä asiat käydään tarkemmin läpi suoritusvaihekohtaisesti. Alla on lueteltuna prosessin päävaiheet,

- Määritellään prosessin suoritusalueen rajat (tuotannon osa) sekä analyysin suorittava ryhmä
- Kartoitetaan kaikki kohdealueella toimivat laitteet ja määritellään kullekin laitteelle niiltä vaadittavat toiminnot sekä toimintoympäristö
- Valitaan laitteistosta merkittävimmät laitteet
- Määritellään merkittävimmille laitteille mahdolliset toiminnallisten vikaantumisten syyt
- Määritellään vioittumistavat todennäköisyyksineen sekä vikaantumisten vaikutukset ja aiheutuvat seuraukset, VVA- analyysi
- Määritellään sopivat kunnossapitotehtävät, jotka toimivat kunnossapito-ohjelman perustana
- Uudelleensuunnittelu niiden laitteiden osalta, joille soveltuvaa kunnossapito-menetelmää ei löydy
- Dynaamisen kunnossapito-ohjelman laatiminen, joka perustuu kunnossapito-ohjelman systemaattiseen päivittämiseen ja uudelleen tarkasteluun
  (Järviö 2000, s. 20 – 21.)

RCM – analyysin suoritusalueen rajaaminen ja osallistuvien henkilöiden valinta

Analyysi lähtee liikkeelle kohdealueen määrittämisestä. Analyysiin valitaan sellainen osa-alue tuotannosta, jonka laitteistolle analyysistä katsotaan olevan eniten hyötyä. Kohdealueen valinnan jälkeen muodostetaan työryhmä, joka osallistuu projektin aikana palavereihin miettimään eri asioita laitteistoon liittyen ja kertomaan omia näkökantojaan. Ryhmässä pitää olla mukana niin käyttö- kuin kunnossapitopuolenkin työntekijöitä ja vielä eri tason henkilöitä kuten laitosmies, työnsuunnittelija ja insinööri. Henkilöiden valinnassa on vielä otettava huomioon se, että saadaan mahdollisimman paljon tietämystä käsiteltävään tuotannonosaan liittyen. (Moubray 2000, s. 16 – 17.)

Laitteilta vaadittavien toimintojen ja toimintaympäristön määrittäminen

Jokaiselle laitteelle tulee määrittää niiltä vaadittavat toiminnot haluttuine suorituskykytasoineen. Monesti ihmiset ajattelevat, että kunnossapidon tarkoituksena on ylläpitää laitteen nimellissuorituskykyä, vaikka asia ei näin menekään. Todellisuudessa kunnossapidolla pyritään pitämään laitteen suorituskyky sen käyttäjien asettaman minimisuoritustason yläpuolella. Kunnossapito on siis onnistunutta, kun laitteen suoritustaso pysyy käyttäjien asettaman tason sekä nimellissuorituskykytason välissä, kuten kuvasta 9 ilmenee. (Järviö 2000, s. 24 – 25.)

Kuva 9. Suorituskykytasot ja kunnossapidon roolit, joiden avulla laitteiden suorituskyky pidetään haluttujen tasojen välissä. (Järviö 2000, s. 25.)

Yleensä laitteilla on itse päätoiminnon, joka yleensä ilmenee jo laitteen nimestä, lisäksi ainakin yksi tai monia sivutoimintoja, jotka sen tulee täyttää. Sivutoiminnot eivät ole aina yhtä selkeitä kuin päätoiminto, mutta niiden vikaantumisella saattaa kuitenkin olla todella suuret seuraukset ja niiden kunnossapitäminen on usein myös erittäin työlästä. Kaikkien vaadittavien toimintojen listauksen avulla laitteiden kunnossapidon parissa työskentelevät henkilöt ymmärtävät paremmin mitä toimintoja laitteella todellisuudessa on ja täten he myös pystyvät hahmottamaan niiden vaatiman kunnossapitotyön määrän (Järviö 2000, 25.)

Toimintojen määrittämisen lisäksi on erittäin tärkeää huomioida laitteen toimintaympäristö. Laite voi esimerkiksi toimia joko jatkuvassa tuotannossa tai sitten erätuotannossa. Huomioitavaa on myös se, että onko laite itse päälaite vai päälaitteen varalaite, joka otetaan käyttöön, jos päälaite sattuu vikaantumaan. Samanlaisilla laitteilla saattaa siis olla aivan eri toimintaympäristö ja sen takia ne on käsiteltävä eri tavalla. (Järviö 2000, s. 24 – 25.)

Toiminnallisesti merkittävimpien laitteiden tunnistaminen

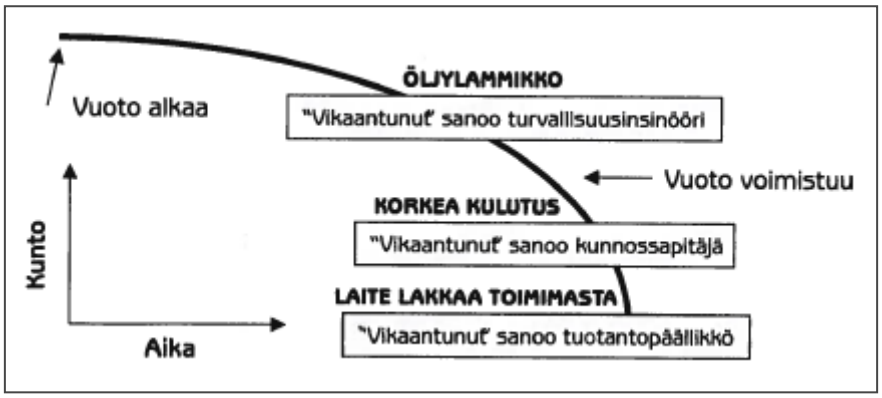
Kohdealueen laitteista täytyy valita laitteet, joille RCM-analyysi suoritetaan täysimääräisenä. Valinta tapahtuu priorisoimalla laitteet vertaillen niiden merkitystä tuotannon turvallisuuteen, käytettävyyteen tai taloudellisuuteen. Priorisointiin voidaan käyttää esimerkiksi historiaan ja yhteneväiseen tekniseen arviointiin perustuvia laadullisia menetelmiä, numeerisia menetelmiä tai sitten näiden menetelmien yhdistelmää. Tuloksena saadaan laitteille kriittisyysluokka, johon perustuen voidaan valita analyysiin mukaan otettavat, korostettavien tekijöiden kannalta merkittävimmät laitteet. (SFS 2001.)

Toiminnallisten vikaantumisten tunnistaminen

Laitevika tarkoittaa kykenemättömyyttä toteuttaa käyttäjän vaatima toiminto. Kyseinen termi käsitetään yleisesti laitteen rikkoutumisena. RCM-menetelmässä taas on tarkoituksena ottaa huomioon laitteiden toiminnalliset vikaantumiset eli sellaiset tapaukset, jolloin laite saattaa vielä toimia suhteellisen normaalisti, mutta sen suorituskyky ei ole käyttäjän asettamien rajojen sisällä. Toiminnallinen vikaantuminen voi esiintyä kokonaisvian eli täyden toimimattomuuden lisäksi myös osittaisvikana. Osittaisvika tarkoittaa, että laitteen suorituskyky on joko laskenut vaaditun minimisuoritustason alle tai sitten se on noussut määritellyn maksimisuoritustason yläpuolelle. (Järviö 2000, s. 28.)

Valittaessa laitteille tehokkaita ennakoivan kunnossapidon toimenpiteitä täytyy ensin olla selvillä eri vikaantumistavat, joita ehkäisemään toimenpiteitä tarvitaan. Kuten jo luvussa aikaisemmin tuli esille, niin laitteilla on yleensä päätoiminnon lisäksi ainakin yksi sivutoiminto, joka sen odotetaan suorittavan käyttäjän halutulla suoritustasolla. Samoin on toiminnallisten vikaantumisen käsittelyssä. Yleensä laitteen jokaiselle vaaditulle toiminnolle löytyy enemmän kuin yksi toiminnallinen vikaantuminen, joka voi aiheuttaa suoritustason muutoksen halutun suoritusalueen ulkopuolelle.

Tässä vaiheessa analyysiä jälleen korostuu RCM-ryhmän laajuuden (käyttö & kunnossapito) tarve, kun laitteiden haluttuja suorituskykyalueita sekä mahdollisia toiminnallisia vikaantumisia aletaan kartoittaa. Kuva 10 havainnoi hyvin, kuinka eri asemassa työskentelevillä henkilöillä voi olla täysin erilainen kuva toiminnallisen vikaantumisen alkamisesta. (Järviö et al. 2004, 114; Moubray 1997, 46-47; Järviö 2000, 28 – 29.)



Kuva 10. Vikaantumisen tulkinnan erot (Järviö 2000, s. 29.)

VVA (Vika- ja vaikutusanalyysi)

Vioittumistapa kuvaa toiminnalliseen vikaantumiseen syynä olevaa mekanismia. Parhaiten vioittumistapojen määrittely onnistuu, kun ensiksi on listattuna kaikki mahdolliset toiminnalliset vikaantumismahdollisuudet ja sen jälkeen aletaan kartoittaa, että mitkä eri vioittumistavat voivat olla syynä kyseisiin toiminnallisiin vikaantumisiin. Vikaantumisten ennaltaehkäisyn edellytys on, että vioittumistavat ja niiden syntymisestä aiheutuvat vaikutukset ovat kattavasti tiedossa. Tällöin kunnossapitoresursseja voidaan ohjata oikeisiin kohteisiin ja varsinkin niihin kriittisimpiin kohteisiin, jotka aiheuttavat vakavimmat seuraukset toiminnan, turvallisuuden tai ympäristön kannalta (Järviö 2000, s. 33).

Edellisessä kappaleessa mainittiin, että vioittumistavat täytyy olla kattavasti tiedossa. Tällä tarkoitetaan sellaisen tiedonmäärän kasaamista, jonka perusteella voidaan tehdä selkeitä päätöksiä vaadittaviin ennaltaehkäiseviin kunnossapitotoimenpiteisiin liittyen. Täytyy kuitenkin muistaa, ettei tietoa kerätä ”liian” syvällisesti, jolloin taas prosessin suorittamiseen kulutetaan aivan liian paljon ylimääräistä aikaa, kuin mitä oikeasti tarvitsisi hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi. Monesti voi olla erittäinkin vaikeaa löytää oikea tietotaso, jolla prosessista saadaan hyvä lopputulos tehokkaalla ajankäytöllä. Kuvassa 11 ilmenee eri tietotasojen mallit.

	Taso 2	Taso 3	Taso 4	Taso 5	Taso 6	Taso 7
Pumppuryhmä	Pumppu vikaantuu	Siipiratas vikaantuu	Siipiratas irtoaa	Kiinnitysmutteri kiristämättä	Kiinnitysmutteri Kiristetty väärin	Asennusvirhe
				Mutteri kulunut pois	Korroosio/ eroosiovaurio	
					Mutteri väärästä materiaalista	Väärä materiaalin valinta
						Väärä materiaali toimitettu
				Mutteri murtunut	Mutteria kiristetty liikaa	Asennusvirhe
					Mutteri väärästä materiaalista	Väärä materiaalin valinta
						Väärä materiaali toimitettu
			Siipiratas vioittuu ulkoisen esineen vaikutuksesta	Kunnoissapitotyökalu jääät prosessiin	Asennusvirhe	
				Vieras esine prosessissa	Suodatin asentamatta	Asennusvirhe
					Suodatin ruostunut puhki	
		Runko murtunut	Rungon pultit irronneet	Pultit kiristämättä	Asennusvirhe	
				Värähtely irrottanut pultit		
				Pultit ruostuneet		
				Väsymisvaurio pulteissa		
			Rungon liitokset pettävät	Liitokset huonosti sovitettu	Asennusvirhe	

Kuva 11. Vikaantumisen tietotasot. Mitä korkeammalla tasolla VVA-analyysi suoritetaan, sitä tarkemmin viat analysoidaan sekä sitä enemmän myös aikaakin tarvitaan analyysin suorittamiseen. (Järviö 2000, s. 37.)

Erittäin tärkeää on joka tapauksessa se, ettei tietotasoa aseteta liian alhaiseksi, jolloin helposti jää huomioimatta joitakin tärkeitä vioittumistapoja ja tämä taas saattaa olla erittäin vaarallista laitteiden käyttämisen ja kunnossapidon kannalta. (Moubray 1997, 64 – 65).

Vioittumistapoja listattaessa täytyy ottaa huomioon niiden esiintymisen todennäköisyys. VVA-analyysiin sisällytetään seuraavia kolmen tyyppisiä vioittumistapoja: 1) Vioittumistavat, joita on tapahtunut jo aikaisemmin tarkasteltavassa tai vastaavassa laitteessa. 2) Vioittumistavat, jotka alkaisivat esiintyä, jos niille jo tällä hetkellä tehtävät ennakoivat kunnossapitotoimenpiteet lopetettaisiin. 3) Vioittumistavat, joita ei ole vielä esiintynyt, mutta joita voi tulevaisuudessa esiintyä ja joiden esiintyessä seuraukset voivat olla erittäin vakavat. Analyysistä voi tarkan harkinnan jälkeen jättää pois sellaiset vioittumistavat, joita ei ole koskaan tapahtunut ja joiden esiintymisen todennäköisyys on minimaalinen sekä vioittumisesta seuraavat vaikutukset minimaaliset. Näin saadaan karsittua koko prosessiin käytettävästä ajasta jälleen turhaa ajankulutusta pois ja pystytään keskittymään paremmin itse tärkeisiin vioittumistapoihin. (Järviö 2000, s. 38 – 39.)

Vioittumistapojen vaikutuksia määriteltäessä on muistettava, että vaikutukset ja seuraukset eivät tarkoita samaa asiaa. Vaikutukset ilmaisevat, mitä vikaantumisen syntyessä tapahtuu. Seuraukset taas ilmaisevat, onko vikaantumisella jotain merkitystä esimerkiksi tuotannolle kokonaisuudessaan. Vioittumistapojen vaikutuksia mietittäessä täytyy listata alla olevat asiat jokaiselle vioittumistavalle,

- mistä voidaan tietää, että vioittumistapa on toteutunut?
- kuinka kyseisen vioittumistavan toteutuminen vaikuttaa turvallisuuteen ja ympäristöön?
- onko toteutumisella seurauksia itse tuotantoon?
- mitä vahinkoja vioittumistavan toteutuminen tekee?
- kuinka vioittumistapa korjataan?

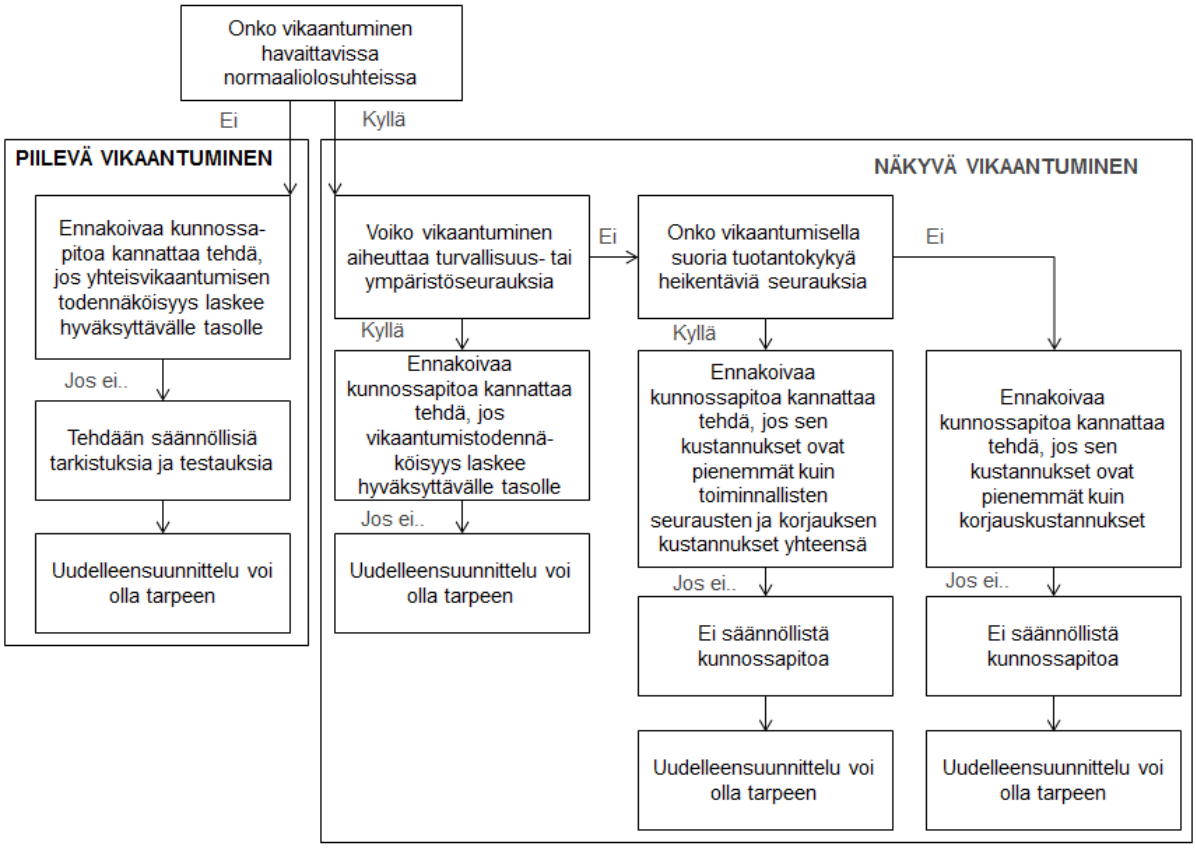
Niin vioittumistapojen vaikutusten kuin itse vioittumistapojen selvittämisessä on hyvä käyttää apuna laitevalmistajilta sekä laitetoimittajilta saatavaa materiaalia. Monesti kyseisillä tahoilla on valmiita vianetsintäohjeita, joiden avulla voidaan päätellä ainakin todennäköisimpiä vioittumistapoja ja niiden vaikutuksia. Ei pidä kuitenkaan unohtaa laitteiden käyttäjien kokemuksia, joilla valmistajien ja toimittajien dokumenteista saatavaa tietoa voidaan tarkentaa ja lisätä käytön kautta saaduilla tiedoilla vioittumistavoista ja siitä, kuinka ne vaikuttavat laitteistoon. VVA-analyysiä ei kuitenkaan voi perustaa pelkästään käyttäjien kokemuksiin, koska silloin ei saada minkäänlaista tietoa niistä vioittumistavoista ja niiden vaikutuksista, joita ei ole koskaan vielä esiintynyt. Vioittumisten vaikutukset kirjataan samaan taulukkoon laitteen toimintojen, toiminnallisten vikaantumisten ja vioittumistapojen perään, kuten taulukosta 7 huomataan. (Moubray 1997, s. 64 – 65, 70 – 73; Järviö 2000, s. 36 – 40.)

Taulukko 7. RCM-informaatiotaulukko, johon kerätään tiedot laitteen toiminnoista, toimintojen vikaantumismahdollisuuksista, eri vioittumistavoista ja niiden ilmentymisen vaikutuksista. (Järviö 2000, s. 41.)

Toiminto		Vika		Vioittumistapa		Vaikutukset
1	Johtaa pakokaasu turbiinilta haluttuun kohtaan häiriöittä	a	Ei johda kaasua ollenkaan	1	Äänenvaimentimen kiinnityspultit ruostuneet poikki	Äänenvaimentimen kiinnitys pettää ja se putoaa pakokaasukanavaan. Kohonnut vastapaine pysäyttää turbiinin. Toimintakyvyttömyysaika 4 viikkoa.
		b	Kaasun kulku häiriintyy	1	Osa äänen-vaimentimesta irtoaa väsymisen johdosta	Tukoksen laadusta riippuen pakokaasun lämpötila nousee ja turbiini pysähtyy. Osat saattavat vaurioittaa turbiinia. Toimintakyvyttömyysaika 4 viikkoa.
		c	Kaasu karkaa kanvasta	1	Liikkumasauma ruostunut	Sauma on turbiinin vaipan sisällä, joten vaikka kerää karanneen kaasun. Suuri vuoto nostaa lmpötilaa ja voi saulattaa sähköjohtoja, vaikutuksia vaikea arvioida. Toimintakyvyttömyysaika 3 vuorokautta.
				2	Pakokaasukanavan tiiviste huonosti asennettu	Pakokaasua pääsee turbiinihalliin ja lämpötila nousee. Ilmastointijärjestelmä poistaa kaasua tehokkaasti, joten myrkyllisiä pitoisuuksia tuskin ilmenee. Pieni vuoto voidaan sallia. Toimintakyvyttömyysaika 4 vuorokautta.
		d	Pakokaasu ei mene haluttuun kohteeseen	1	Savupiipun kiinnityspultit ruostuneet poikki	Savupiippu jää todennäköisesti roikkumaan tukirakenteiden varaan joksikin aikaa. Jos piippu kaatuu, se vaurioittaa tiloja, joissa työskentelee ihmisiä. Toimintakyvyttömyysaika muutamasta päivästä viikkoihin.
				2	Myrsky kaataa savupiipun	Piippu on suunniteltu kestämään kovaa myrskyä, joten se tuskin kaatuu, mikäli tukivaijerit ovat kunnossa. Jos se kuitenkin kaatuu, alle jää tiloja, joissa työksentelee ihmisiä. Toimintakyvyttömyysaika muutamasta päivästä viikkoihin.
2	Vähentää melua ISO 30 tasolle 50 metrin päässä	a	Melu ylittää annetun arvon	1	Vaimentavaa materiaalia kannatteleva verkko korrodoitunut	Äänenvaimenninmateriaali tulee pakokaasun mukana ulos piipusta. Osa voi pudota savupiipun pohjalle ja aiheuttaa häiriöitä pakokaasun virtauksessa ja mahdollisesti turbiini alasajon. Melutaso nousee asteittain. Toimintakyvyttömyysaika 2 viikkoa.

Vioittumistapojen syntymisen seuraukset täytyy myös kartoittaa tarkasti. Edellisen kappaleen maininnan mukaisesti seuraukset ilmaisevat, onko vioittumistavan syntymisellä merkitystä esimerkiksi kokonaistuotannolle, saavutettavaan laatuun, ympäristöön, turvallisuuteen tai kenties kustannuksiin. Joskus vikaantumisella ei suoranaisesti vaikuta olevan merkitystä mihinkään edellä mainittuihin tekijöihin, mutta ne kuitenkin saattavat kasvattaa muiden vikaantumisten syntymisen mahdollisuutta. Seurauksien kartoittamisen avulla voidaan pohtia tarkemmin vioittumistapojen estämiseksi tehtävien toimenpiteiden laajuutta. Vakavia seurauksia aiheuttavat vioittumistavat pitää pyrkiä estämään tai vähintään ennakoimaan tarpeeksi aikaisin, jotta niiden seuraukset saadaan minimoitua. Vähäisiä seurauksia aiheuttava vioittumistavat taas voidaan jättää vähemmälle ennakoivalle kunnossapidolle ja korjata ne silloin, kun ne sattuvat tapahtumaan.

Seuraukset voidaan jaotella kahteen eri kategoriaan: näkyviin ja piileviin seurauksiin. Näkyvät seuraukset pystytään huomaamaan normaaleissa käyttöolosuhteissa, kun taas piileviä seurauksia ei välttämättä huomata niihin liittyvän vioittumistavan syntyessä. Esimerkkinä näkyvästä seurauksesta mainittakoon jonkin tuotantoon vaikuttavan pumpun moottorin hajoaminen, kun taas piilevän seurauksen aiheuttava vioittumistapa voisi olla jonkun käyttölaitteen varamoottorin vikaantuminen. Näkyvät seuraukset voidaan jakaa vielä tarkemmin ympäristö- ja turvallisuus-, toiminnallisiin ja ei-toiminnallisiin seurauksiin. Kuva 12 havainnollistaa, kuinka seurausten perusteella jaoteltujen vikaantumisten kautta voidaan tehdä päätöksiä laitteisiin kohdistettavista toimenpiteistä. (Moubray 1997, s. 90 – 94; Järviö 2000, s. 44 – 45.)



Kuva 12. Vikaantumiset seurausten perusteella jaoteltuna ja kohdistettuna toimenpitein. (Järviö 2000, s. 45.)

Sopivien kunnossapitotoimenpiteiden valitseminen

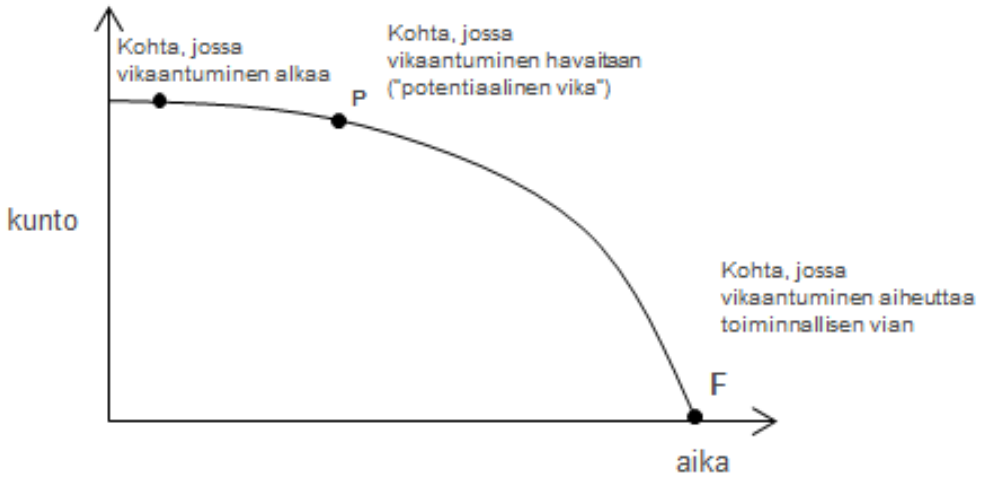
Työn alussa esitettiin kunnossapidon jakautuminen korjaavaan kunnossapitoon ja ennakoivaan kunnossapitoon. Ennakoiva kunnossapito käsittää siis toimenpiteet, joiden avulla pyritään estämään laitteiden vikaantuminen. Moubray (1997) kertoo kirjassaan, että RCM -termistön mukaan ennakoiva kunnossapito sisältää suunnitelman mukaisen korjauksen, suunnitelman mukaisen osien vaihdon sekä käynnin aikaisen kunnossapidon. Korjaavaan kunnossapitoon taas kuului kaikki vikaantumisen syntymisen jälkeen tehtävät toimenpiteet. Hyväksyttäviä korjaavan kunnossapidon tehtäviä ovat sellaiset, joille ei ole löydetty sopivia ennakoivia kunnossapitotoimenpiteitä, mutta joiden esiintyessä laitteelle suoritetaan vianetsintää sekä mietitään uudelleensuunnittelun mahdollisuutta.

Ennakoiva kunnossapito on oikea ja järkevä valinta, kun sen suorittamisella voidaan saavuttaa syntyvissä seurauksissa suurempia säästöjä kuin mitä itse kunnossapitotoimenpiteeseen uhrataan resursseja. On olemassa kolme syytä ennakoivan kunnossapidon suorittamiselle ja ne ovat seuraavat:

- Vikaantumisen estäminen
- Vikaantumisen alkamisen huomaaminen
- Piilevän vikaantumisen paljastaminen

Moubray (1997) määrittelee kirjassaan toimenpiteen teknisesti järkeväksi seuraavasti: ”toimenpide on teknisesti järkevä, jos sillä pystytään fyysisesti alentamaan tai mahdollistamaan vikaantumisen seurauksia pienentävä toiminta sille tasolle, jolla laitteen omistaja tai käyttäjä voi sen hyväksyä.” (Moubray 1997, s. 129; Järviö 2000, s. 52; Rausand, Vatn 2008.)

Vikaantumisten käyttöiän ja syntymisen välillä on esitetty monia erilaisia kuvaajia, jotka sopivat tietynlaisiin tilanteisiin ja joita esiteltiin tässä työssä jo luvussa 3. Monesti kuitenkin vikaantumisen syntymiseen ei käyttöiällä ole kovinkaan suurta vaikutusta. Tämän vuoksi on tärkeää pyrkiä ennakoimaan vikaantumisten syntyminen, jolloin vähintään niistä aiheutuvat seuraukset voitaisiin ehkäistä. Kuva 13 havainnollistaa, mitä tapahtuu hieman ennen lopullista vikaantumista.



Kuva 13. P-F –käyrä, josta ilmenee vikaantumisen kehittymismalli. Vikaantuminen voidaan huomata yleensä vasta hieman sen alkamisen jälkeen, mutta sen jälkeen kehittymisnopeus kasvaa ja vikaantuminen tapahtuu suhteellisen nopeasti. (Järviö 2000, s. 64.)

Hallitsevien toiminnallisten vikaantumisten vioittumistavat tulee käydä läpi päätöspuun avulla, valitakseen niille sopivimmat kunnossapitotoimenpiteet. Valittavana on käytännössä kuuden eri tyypin toimenpiteitä:

1. Jatkuva käynninaikainen toimenpide
2. Aikataulutettu käynninaikainen toimenpide
3. Aikataulutettu huolto
4. Aikataulutettu vaihto
5. Aikataulutettu toiminnan tarkastus
6. RTF (Run To Failure).

Jatkuvalla käynninaikaisella toimenpiteellä tarkoitetaan laitteen toiminnan jatkuvaa monitorointia. Tämä toimenpide on soveltuva niissä tapauksissa, joissa sen huomataan alentavan vikaantumistaajuutta erityisten vioittumistapojen kohdalla. Aikataulutettu käynninaikainen toimenpide eli kunnonvalvonta on soveltuva laitteelle, jos se täyttää seuraavat kriteerit:

1. Kunnonvalvonnan suorittamisen avulla voidaan havaita erityisten vioittumistapojen vikaantumistaajuuden alentuminen
2. Täytyy pystyä määrittämään vikaantumisen alkamiselle sellainen kohta, joka pystytään tunnistamaan jollakin selvällä testillä

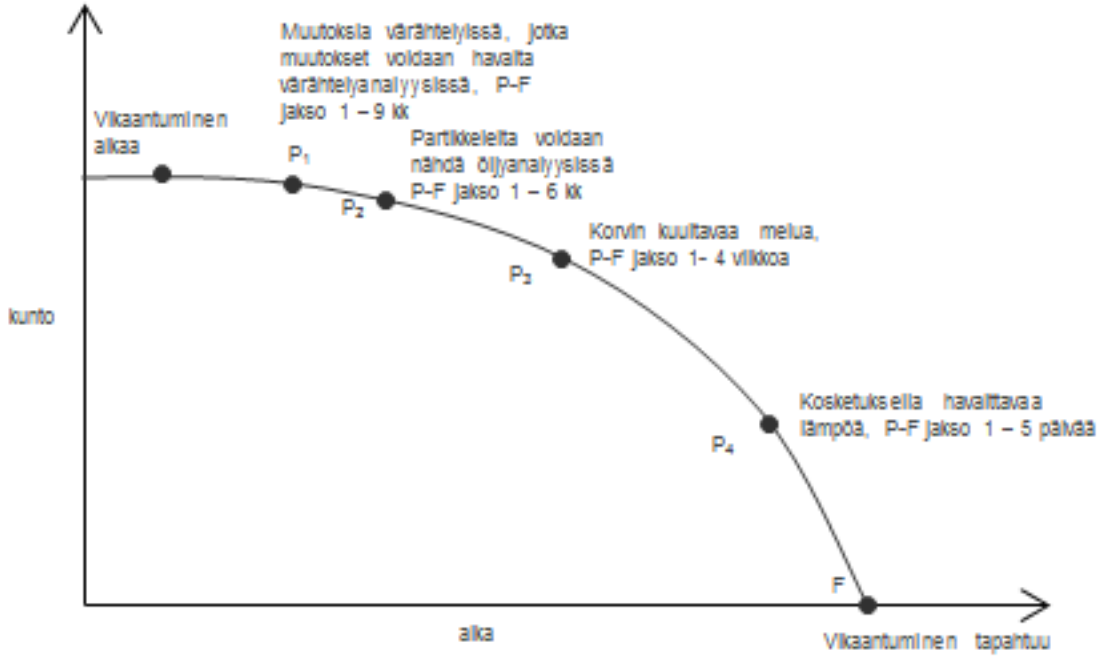
3. Vikaantumisen alkamisen ja lopullisen vikaantumisen välillä tulee olla selvä aikaväli.

Aikataulutettu huolto on sopiva valinta laitteille, joissa vikaantumistaajuuden selvälle kasvamiselle voidaan osoittaa jokin käyttöikä sekä huollon avulla laitteen kunto tulee pystyä palauttamaan lähelle alkuperäistä kuntoa. Aikataulutettu vaihto sopii komponenteille, joiden vikaantuminen on kriittinen muun toiminnan kannalta ja joille voidaan esittää sellainen käyttöikä, jota ennen vikaantumisia ei tapahdu, mutta jonka jälkeen vikaantumistaajuus kasvaa nopeasti. Aikataulutettu toiminnan tarkastus sopii sellaisten toiminnallisten vikaantumisten ehkäisemiseen, joita ei pysty huomaamaan ilman kyseistä tarkastusta tai minkään muun toimenpiteen suorittamisen avulla. RTF valitaan niille laitteille, joille ei ole kannattavaa suorittaa mitään muuta edellä mainituista viidestä toimenpiteestä. (Rausand, Vatn 2008.)

Kunnonvalvontatoimenpiteet

Kuvan 14 käyrä osoittaa, että vikaantuminen voidaan yleensä ennustaa ennakoivan tehtävän (kunnonvalvonta) suorittamisella tietyllä aikavälillä (P-F–jakso). Kunnonvalvonnan suorittamisajankohta määräytyy P-F -jakson pituuden perusteella. Tehokkaan kunnonvalvonnan suorittaminen tarkoittaa, että valvontatoimenpiteiden suoritusväli on selvästi lyhyempi kuin P-F –jakso. Tällöin voidaan varmistaa, että vikaantumisen alkaminen huomataan riittävän ajoissa ja sen jälkeen jää vielä aikaa alkaneen vikaantumisen huoltamiseen/korjaamiseen eikä vikaantuminen ehdi muuttua toiminnalliseksi vikaantumiseksi. Täytyy kuitenkin muistaa, että jos kunnonvalvontatoimenpiteitä tehdään liian usein P-F –jakson pituuteen verrattuna, niin silloin käytetään aivan liian paljon resursseja yhtä laitetta kohden.

Kunnonvalvontatoimenpiteiden suoritusvälin pituutta optimoidessa pitää olla selkeä tieto siitä, mitä toimenpiteitä vikaantumisten selvittämiseksi suoritetaan kullekin laitteelle. Vikaantumisen alkamisen voi monessa tapauksessa huomata monin eri tavoin. Täytyy kuitenkin huomioida, että erilaiset oirehtivat viat käsittää myös eripituiset P-F jaksot. Kuva 14 esittää hyvin kuulalaakerin rasituksesta johtuvan kuulan rikkoutumisen eri oirehtivat viat, niiden huomaamiseen vaadittavat kunnonvalvontatoimenpiteet sekä P-F –jakson.



Kuva 14. Kuulalaakerin kuulan rikkoutumisen oirehtivat viat. (Järviö 2000, s. 72)

Toimintaympäristö on myös otettava huomioon kunnonvalvontatoimenpiteitä määritettäessä. Kaikki samankaltaiset komponentit eivät välttämättä oirehdi samalla tavalla eikä niillä myöskään ole aina samanpituisia P-F –jaksoja, koska niiden kuormitustilanteet jne. voivat olla täysin erilaiset. Toisaalta taas joidenkin laitteiden ympäristössä saattaa olla niin paljon melua, ettei kuunteluun perustuvaa toimenpidettä pysty millään suorittamaan. Ei siis ole olemassa mitään tiettyä kunnonvalvontatoimenpidettä, joka pitäisi tietynlaisille komponenteille suorittaa, vaan suoritettavan toimenpiteen määrittämiseen on otettava huomioon kaikki vaikuttavat tekijät. (Järviö 2000, s. 64-73.)

Uudelleensuunnittelu sitä tarvitseville laitteille

Kuvasta 12 selvisi, kuinka uudelleensuunnittelu oli vähintään suositeltavana toimenpiteenä kaikissa alalohkoissa, jos turvallisuus- tai ympäristöriski ei ole hyväksyttävällä tasolla tai kun ennakkohuoltoa ei pystytä järkevästi toteuttamaan. Tähän tilanteeseen jouduttaessa on laitteille tehtävä muutoksia, vaikka se ei aina olisikaan taloudellisesti kannattavaa. Muutos-vaihtoehtoina ovat:

- kriittisen osan vaihtaminen erilaiseen, jotta vikataajuus saadaan tarpeeksi alhaiselle tasolle

- laitteen tai toiminnon muuttaminen asentamalla siihen jonkinlainen suojaava laite, jotta vikaantumisesta ei aiheutuisi enää turvallisuus- tai ympäristövaaraa.

Suojaavan laitteen tehtävänä voi olla esimerkiksi käyttäjän varoittaminen poikkeamasta, vikaantuneen laitteen pysäyttäminen, eliminoida vikaantumisen synnyttämä vaarallinen poikkeama tai vaarallisen tilanteen laajenemisen rajaaminen. Tapauksissa, joissa suojaava laite asennetaan, täytyy uudelle laitteelle tehdä myös kunnossapitotarpeen analysointi.

Jos kyseessä on piilevä vikaantuminen ja sen seurannaisvaurioiden riskien pienentäminen, niin muutosvaihtoehtoja on hieman enemmän:

- piilevän vian havaitsemista helpottavan laitteen asentaminen
- piilevästi vikaantuvan laitteen korvaaminen näkyvällä (vaikea toteuttaa, mutta onnistuttaessa päästään kokonaan irti vianetsinnästä)
- korvataan piilevästi vikaantuva laite samantyyppisellä, mutta paljon luotettavammalla laitteella (tehokkuuden paraneminen pidemmän vikaantumisvälin kautta)
- kahdentamalla tai jopa kolminkertaistamalla piilevästi vikaantuva laite (jos tarkastusvälit pysyvät sopivan pitkinä, tämä voi olla erittäin kannattava vaihtoehto).

Uudelleensuunnittelu saattaa joskus olla pitkällä tähtäimellä kannattavampaa kuin korjaavan kunnossapidon pyörittäminen, jos vikaantumisella on suuria vaikutuksia tuotantoon. Näissä tapauksissa uudelleen suunnittelulla päästään vikaantumisten vähenemiseen sekä kustannussäästöihin kunnossapidon osalta. (Järviö 2000, s. 97 – 98.)

Kunnossapito-ohjelman laatiminen prosessin tuloksiin perustuen

RCM- prosessi päättyy lopullisen kunnossapito-ohjelman laatimiseen. Ohjelma koostuu tuloksiin perustuen määrätyistä rutiinitoimenpiteistä sekä korjaavista toimenpiteistä niiden laitteiden/komponenttien osalta, joille ei rutiinitoimenpiteitä ole määritelty. Prosessin tuloksien pitkänajan hyödyntäminen edellyttää toimenpiteiden määrittämisen lisäksi myös seuraavia asioita kunnossapito-ohjelmalta:

- tuloksiin perustuvat suositukset ovat hyväksytty vastuussa olevien henkilöiden taholta
- rutiinitoimenpiteisiin kuuluvat lisätiedot ovat selkeästi kerrottu ja helposti saatavilla
- muutoksia vaativat toimenpiteet (käyttötavat, käyttäjien osaamistaso jne.) toteutetaan oikein

- toimenpiteiden muutokset sekä rutiinitoimenpiteet ovat kasattu sopivanlaisiksi osakokonaisuuksiksi
- osakokonaisuudet tallennetaan järjestelmään ja pidetään huoli, että niiden suoritus tapahtuu oikeiden ihmisten toimesta, oikealla syklillä ja aina oikealla tavalla
- varmistus, että toimenpiteiden aikana havaitut muutokset korjataan ennalleen mahdollisimman pian.

(Järviö 2000, s. 112 – 113.)

Yllä mainituista asioista eniten vaikuttavia luodun kunnossapito-ohjelman onnistumisen kannalta ovat tehtäviin kuuluvien lisätietojen esille tuominen sekä sopivien osakokonaisuuksien rakentaminen. Isoissa laitoksissa on paljon erilaisia laitteita, joihin kuuluu jos minkälaista komponenttia ja joskus samanlaiset komponentit ovat käytössä hieman erilaisissa laitteissa, jolloin niiden kunnossapitäminenkin on hieman erilaista/-tasoista. Tämän vuoksi on erittäin tärkeätä, että jokainen luotu kunnossapitoon liittyvä toimenpide/huoltoreitti on järjestelmässä siten, että siihen on liitetty kaikki tarvittava tieto sen suorittamiseksi oikealla tavalla. Työntekijän kokemuksella ja ammattitaidolla on tietenkin paljon merkitystä huoltoja tehdessä, mutta vaikka työntekijä on kuinka kokenut, voi aina sattua virheitä, jos toimenpiteet tehdään liiaksi muistiin perustuen. Toisaalta työntekijän on helpompi/nopeampi suorittaa rutiinitoimenpiteitä, kun hän näkee järjestelmästä suoraan kaikki vaadittavat tiedot, eikä hänen tarvitse alkaa niitä itse muistelemaan ja kuluttamaan siihen turhaa aikaa. Seuraavassa taulukossa 8 on esimerkki oikeanlaisesta toimenpiteen kuvauksesta.

Taulukko 8. Ennakkohuoltotoimenpiteen suorittamisen kuvaus väärin ja oikein esitettynä (Järviö 2000, s. 116.)

	Väärin	**Oikein**
Toimenpide	Kytkimen kunnon tarkastus	Kytkimen kunnon tarkastus
Lisätieto	Tarkasta kytkimen kunto	Tarkasta kytkimen kunto ja kiinnitys silmämääräisesti. Virheen huomatessa tee ilmoitus ja korjaa se.

Sen jälkeen kun kaikki suoritettavat toimenpiteet on kirjattu oikealla tavalla järjestelmään, täytyy niistä muodostaa osakokonaisuuksia eli huoltorivejä, joiden toteuttamista on helppo

suunnitella ja organisoida. Osakokonaisuuksista voidaan tehdä erilaisia, riippuen niiden suoritustyylistä. Ne voivat olla joko käytön tai kunnossapidon tekemiä tarkastuskierroksia tai esimerkiksi laite-/linjakohtaisia seisokkeja. Tarkoituksena on kuitenkin tehdä sellaisia ”paketteja”, että niiden suorittajien on helppo ymmärtää kokonaisuus ja samassa paketissa olevat asiat pystytään suorittamaan järkevästi joko kierroksen tai järjestetyn seisokin puitteissa.

Osakokonaisuuksien muodostamisen ja järjestelmään kirjaamisen eli vaiheluettelon luonnin jälkeen täytyy niille määrätä suoritusväli sekä niihin kuuluvat tehtävät jaotella siihen järjestykseen, jossa ne suoritetaan, kun on kyseisen osakokonaisuuden suoritusaika. Vaiheluetteloon tulee sisällyttää kaikki kyseiseen huoltoriviin kuuluvat tehtävät laitteen turvallistamisesta eli laitteen valmistelusta huoltotoimenpiteiden turvallista suorittamista varten, aina turvallistamisen poistamiseen eli laitteen käyttökuntoon saattamiseen toimenpiteiden suorittamisen jälkeen. (Järviö 2000, s. 118 – 120.)

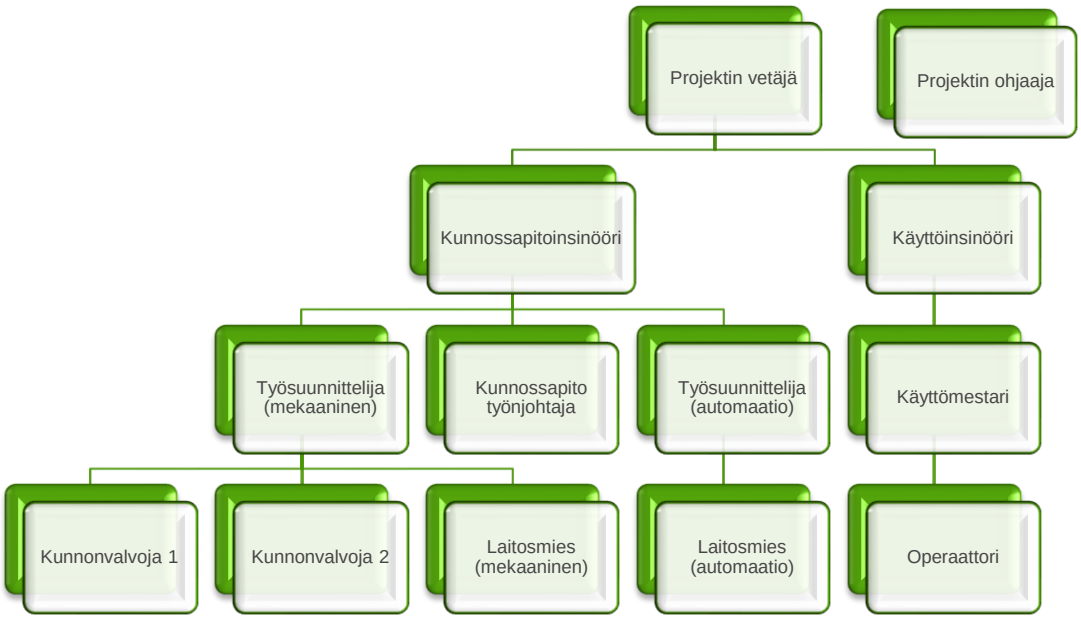
Viimeisenä tehtävänä on muodostaa kaikki ennakkohuoltotyöt käsittävä työjärjestys, josta selviää, koska ennakkohuollot suoritetaan kullakin laitteella. Työjärjestyksiä on kahdenlaisia, korkean ja matalan suoritustaajuuden omaavia. Korkean suoritustaajuuden, kuukausittain tai useammin suoritettavien työjärjestysten on hyvä pitää mahdollisimman yksinkertaisina ilman suuria suunnittelujärjestelmiä, jolloin niiden suorittamiseen ei kulu turhan paljoa ylimääräistä aikaa. Toisaalta kyseiset toimenpiteet ovat yleensä tarkastus- tai voitelukierroksia, jotka eivät paljoa suunnittelemista tarvitse. Matalan suoritustaajuuden, harvemmin kuin kuukausittain suoritettavat työjärjestykset taas tulee sisältää tarkemmin suunniteltua informaatiota, koska kyseiset toimenpiteet suoritetaan vain muutamia kertoja vuodessa tai harvemmin, jolloin huoltojen/tarkastuksien onnistumisen tärkeys korostuu entisestään. Tällaiset työjärjestykset toisaalta sisältävät monesti paljon erilaisia toimenpiteitä, jolloin niihin tarvitsee myös varata enemmän resursseja, jotta kaikki toimenpiteet saadaan suoritettua asetetun aikarajan puitteissa. (Järviö 2000, s. 121.)

7. Laitekohtainen kriittisyysluokittelu ja tarvittavien tietojen keruu

Tästä eteenpäin työssä käsitellään varsinaista käytännön osuutta, joka liittyy UPM Kaukas sellutehtaan kaustisointi- ja meesauunialueen ennakkohuollon järjestämiseen RCM-menetelmää käyttämällä. Projektin yksi tärkeimmistä osioista on heti alussa suoritettava kriittisyysluokittelu, joka pitkälti määrää sen, mitkä laitteet otetaan tarkempaan tarkasteluun tarvittavien ennakoivien kunnossapitotoimenpiteiden kartoittamiseksi.

7.1 Projektiryhmän kokoonpano

RCM–prosessi perustuu pitkälti siihen, että mukana asioista on päättämässä riittävän kokenut ryhmä, joka sisältää henkilöitä eri työtehtävien parista aina laitosmiehestä käyttö-/kunnossapitoinsinööriin saakka. Projektin alussa listattiin ryhmä henkilöitä, jotka tulevat olemaan mukana projektiin liittyvissä palavereissa ja samalla kertomassa mielipiteitään päätettäessä asioista. Tämän työn tekijä toimi projektin vetäjänä eli kunnossapito-ohjelman pääasiallisena suunnittelijana muun projektihenkilöstön tietoihin ja yhteisiin päätöksiin pohjautuen. Kokoonpano on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. UPM Kaukas sellutehtaan RCM- projektin kokoonpano.

Alueella, johon RCM – analyysi toteutetaan, toimii nykypäivänä vain muutamia työntekijöitä eri työtehtäviä kohden. Täten mukaan otettavien henkilöiden valinta ei muodostunut kovinkaan haastavaksi, mutta kyseiset henkilöt ovat jo olleet sen verran pitkään töissä kohdealueella, ettei asioiden läpikäynti ainakaan liian vähäiseen tiedon määrään voinut kaatua.

7.2 Kriittisyysluokittelu, UPM

Tehtaan kaikille laitteistoille on määritelty toimintopaikka, joka sisältää kaikki yksittäiset laitteet kyseiseen laitteistoon liittyen. Kohdealueeseen kuuluu yhteensä mekaaniselta puolelta 550 toimintopaikkaa, joista osa on laitteistoja, joilla ei ole minkäänlaista tekemistä itse tuotannon kanssa. Tuotantoon tai työntekijöiden turvallisuuteen liittyviä toimintopaikkoja oli yhteensä 310 kpl. Tämän lisäksi automaatiopuolelta luokiteltiin yhteensä 236 kpl

venttiileitä, jotka liittyvät kohdealueen tuotantoon. Kyseiset toimintopaikat otettiin mukaan kriittisyysluokitteluun, jonka tarkoituksena oli selvittää, mitkä laitteet ovat tärkeimpiä tuotannon kannalta eli toisin sanoen mille laitteille on tärkeää saada järjestettyä oikeantasoinen ennakoivan kunnossapidon ohjelma, jotta yllättäviltä laiterikoilta voidaan tulevaisuudessa välttyä.

Kriittisyysluokittelussa perustana käytettiin PSK 6800 standardin luokittelumallia, joka muokattiin UPM:n tarkoitukseen sopivaan muotoon. Luokittelu sisältää valitun määrän arvioitavia kriteereitä, jotka sisältävät eri tasoja. Kullakin tasolla on oma pistemääränsä ja yhteispisteiden keskiarvosta saadaan muodostettua laitekohtainen kriittisyysluokka, jonka avulla laitteet voidaan järjestää tärkeysjärjestykseen tuotannon toiminnan kannalta.

UPM:llä on vanhempi kriittisyysluokittelumalli, jonka avulla laitteistojen kriittisyysluokka, SAP-järjestelmässä ABC-tunnus, on määritelty. Kyseinen malli on kuitenkin selvästi yksinkertaisempi tässä työssä käytettyyn malliin verrattuna, eikä vanha luokittelumalli ota niin selvästi kantaa esimerkiksi korjaus-/seurannaiskustannuksiin, vikaantumisväliin tai laatukustannuksiin, jotka kaikki todellisuudessa ohjaavat laitteen kriittisyyttä mahdollisen tuotannon menetyksen lisäksi.

Valitut määräävät kriteerit

Suoritettuun kriittisyysluokitteluun valittiin määrääväksi tekijöiksi kohdealueen käyttöinsinöörin johdatuksella:

- tuotannon menetys
- laatukustannukset
- korjaus- ja seurantakustannukset
- vikaantumisväli.

Myös ympäristö- ja turvallisuustekijät sisällytettiin luokitteluun, mutta laitteiden osalta kyseisiin tekijöihin puututtiin vain, jos laitteen nykytilassa oli vielä jotain sanottavaa ympäristön tai turvallisuuden osalta. Jokainen valittu kriteeri sisältää 4-5 eri tasoa (A, B, C, D, E), joista luokittelun suorituksessa valitaan kullekin laitteelle sopiva taso jokaisen kriteerin kohdalta. Taulukossa 9. on esitetty luokittelussa käytettyjen määräävien kriteerien eri tasot.

Taulukko 9. Kriittisyysluokittelun määräävät tekijät ja niiden eri tasot.

	Tuotannon menety	Laatukustannukset	Korjaus- ja seurantaku	Vikaantumisvä	Turvallisuusriski	Ympäristöriski
A	Pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi, yli 24h	Laatukustannukset vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä, yli 8h	Erittäin korkeat, Yli 50 000e	Lyhyt, 0 – 0,5 vuotta	Vakava, voi aiheuttaa kuolonuhrin/-uhreja ja vakavan vaaratilanteen tehtaan ympäristössä	Vakava, voi aiheuttaa ympäristön ja lähialueiden saatumisen, palautuminen voi kestää vuosia
B	Pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi, 10 –	Laatukustannukset vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä, 3 – 8h	Korkeat, 25 000 – 50 000e	Lyhyehkö, 0,5 – 2 vuotta	Merkittävä, voi aiheuttaa kuolonuhrin/-uhreja	Merkittävä, voi aiheuttaa ympäristön sekä lähialueiden saastumista
C	Pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi, 3 – 10h	Laatukustannukset vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä, 1 – 3h	Keskinkertaiset, 5 000 – 25 000e	Pitkähkö, 2 – 5 vuotta	Kohtalainen, esim. vakava loukkaantuminen, josta jää pysyvä vamma	Kohtalainen, voi aiheuttaa ympäristön saastumista tehdasalueella, esim. suuri öljyvuoto
D	Pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi, alle 3h	Laatukustannukset vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä, alle 1h	Vähäiset, 0 – 5 000e	Pitkä, yli 5 vuotta	Vähäinen, esim. lievä loukkaantuminen/sairastu minen	Vähäinen, voi aiheuttaa ympäristön likaantumisen tehdasalueella, esim. pieni öljyvuoto
E	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia	Ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin		Ei turvallisuusriskiä	Ei ympäristöriskiä

Kriteerien painotus ja lopullisen luokituksen määräävät raja-arvot

Jokaisen määräävän tekijän eri tasolle on annettu pistemäärä, jonka perusteella laitteiden lopullisen kriittisyysluokan muodostuminen tapahtuu. Tässä työssä haluttiin painottaa eniten tuotannon menetystä sekä korjaus- ja seurantakustannuksia, koska kyseiset tekijät nousevat suureen arvoon kohdealueen laitteiden rikkoutumisissa ja korjauksissa. Taulukosta 10 ilmenee tämän luokittelun eri tasojen pistemäärät.

Taulukko 10. Määräävien tekijöiden tasojen pisteytys.

Tekijä / Taso	Tuotannon menetys	Laatukustannukset	Korjaus- ja seurantakustannukset	Vikaantumisväli	Turvallisuusriski	Ympäristöriski
A	8	4	8	4	10	10
B	6	3	6	3	7	7
C	4	2	4	2	4	4
D	2	1	2	1	2	2
E	0	0	0		0	0

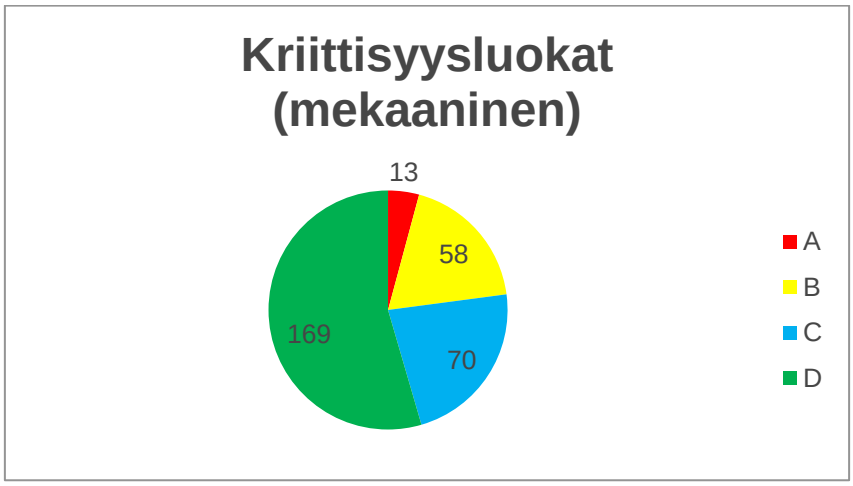
Lopullinen pistemäärä laskettiin valittujen tasojen pisteiden keskiarvona. Kyseisen lopullisen pistemäärän perusteella määräytyi laitekohtainen kriittisyysluokka A, B, C tai D (A-luokka kaikkein kriittisin). Lopullisessa kriittisyysluokassa ei ole E- luokkaa, kuten joissakin määräävissä tekijöissä, koska luokittelu haluttiin pitää 4-tasoisena. Taulukosta 11 ilmenee kriittisyysluokkien pisterajat, joihin luokittelussa saatua lopullista pistemäärää verrattiin kriittisyysluokan valitsemiseksi.

Taulukko 11. Kriittisyysluokat raja-arvoineen.

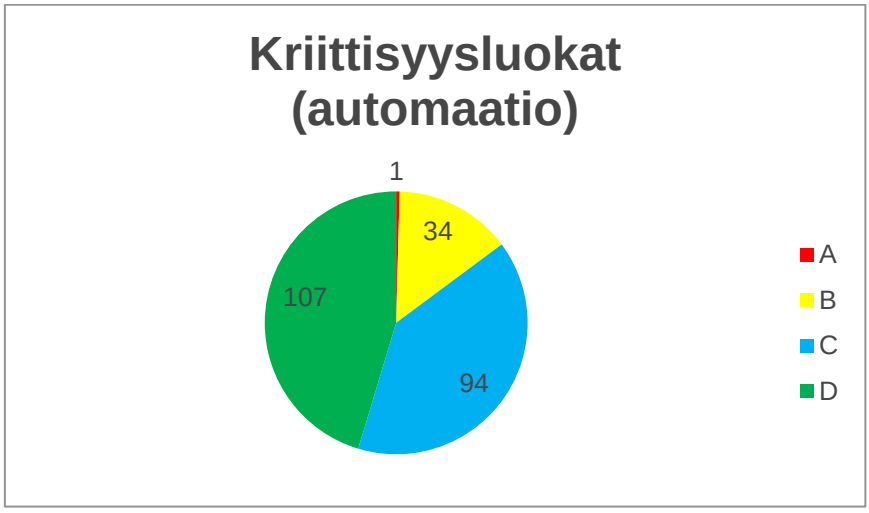
Kriittisyysluokka	Lopullinen pistemäärä
A	➢ 4
B	2,5 ≤ 4
C	1,5 ≤ 2,5
D	0 ≤ 1,5

Kriittisyysluokittelun lopulliset tulokset

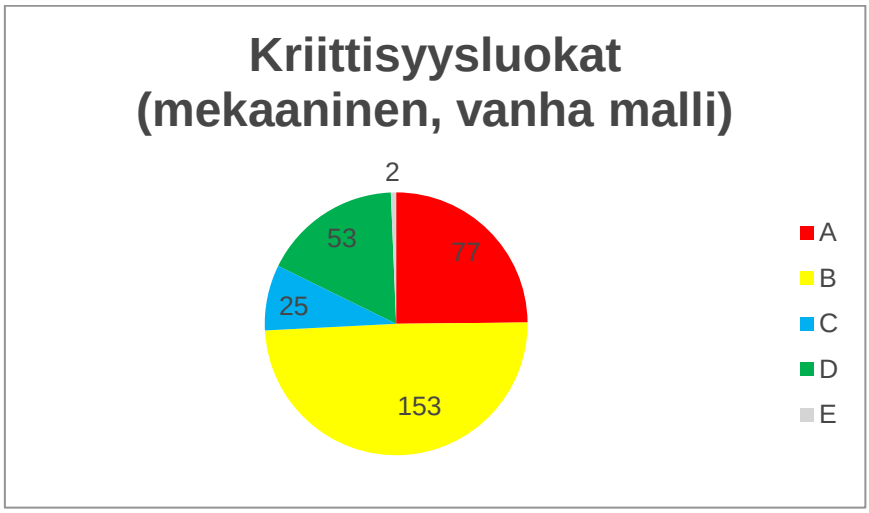
Luvussa 7.2 mainittiin, että luokittelussa käytiin läpi 310 kpl mekaanisen puolen toimintopaikkoja sekä 236 kpl automaatiopuolen venttiileitä. Kuvissa 16 ja 17 näkyy kriittisyysluokittelun lopulliset tulokset. Vertailun vuoksi kuvassa 18 on esitettynä tässä työssä luokiteltujen laitteiden aikaisempi kriittisyysluokkajakauma.



Kuva 16. Mekaanisen puolen laitteistojen lopullinen kriittisyysluokkajakauma. Yhteensä 310 toimintopaikkaa.



Kuva 17. Automaatio puolen venttiilien lopullinen kriittisyysluokkajakauma. Yhteensä 236 toimintopaikkaa.



Kuva 18. Mekaanisen puolen vanha kriittisyysluokkajaukauma. Yhteensä 310 toimintopaikkaa. E-luokka tarkoittaa, ettei laitetta ole aikaisemmin luokiteltu.

Saadut tulokset olivat samaa luokkaa kuin mitä luokittelulta odotettiinkin. A-luokan laitteistoja on selvästi vähemmän muihin verrattuna, B-luokan laitteistoja jonkun verran A-luokkaa enemmän ja sitten vähiten kriittisiä laitteistoja eli C- ja D-luokkaa taas on selvästi enemmän.

Kyseisen kriittisyysluokittelun tulokset automaatiolaitteiden osalta saattaa näyttää hieman ihmeelliseltä, koska A-luokan venttiileitä on luokittelun tuloksena vain yksi kappale. Tämä kuitenkin johtuu siitä, ettei kohdealue ole suoranaisesti vaikutuksessa lopulliseen

tuotteeseen, joten toisilla kohdealueen tuotanto-osilla on laitteita, jotka voivat olla pois käytöstä tietyn ajan ilman, että sillä on merkitystä tehtaan lopulliseen tuotantoon.

7.3 Tietojen keruu ja analysointi

Ennen kuin alettiin miettiä kriittisimpien eli A- ja B- luokan laitteistojen ennakkohuollon järjestämistä tai edes tekemään VVA – analyysiä, täytyi laitteistosta kerätä jo olemassa olevaa tietoa eri lähteistä ja poimia tärkeimpiä / eniten vaikuttavia asioita muistiin tulevaisuutta varten. Tietoa kerättiin niin SAP – toiminnanohjausjärjestelmästä, laitteistojen valmistajien sekä toimittajien antamista materiaaleista, erilaisista esitteistä sekä tietysti itse työntekijöiltä.

Työn alkuvaiheessa käytiin laitteistoon tutustumassa kentällä muutaman päivän ajan laitosmiehen seurassa, joka oli erittäin hyvä asia työn jatkon kannalta. Täten kohdealueen laitteistoon pääsi paljon paremmin sinuiksi, kun on itse käynyt katsomassa millaisia laitteita alueella on ja kuinka laitosmiehen työpäivä yleensä etenee. Työn edetessä pidemmälle täytyi vielä käydä useampaan kertaan kentällä hankkimassa tietoa mm. laitteiden ennakkohuoltotoimenpiteiden suorittamiseen, öljynvaihtoihin ja kierrosluontoisten töiden reitityksiin liittyen.

Tarkoituksena tiedonhankinnassa ei pelkästään ollut laitteisiin ja niiden toimintaan tutustuminen, vaan lähtökohtaisesti huoltosuunnitelmista pyrittiin tekemään sen laatuisia, ettei niiden suorittamisen tullessa eteen tarvitse etsiä tietoa mistään kansioista tai esitteistä vaan kaikki oleellinen löytyy SAP-tietokantaan luodun huoltorivin lisätiedoista. Tällaisten huoltorivien avulla saadaan tehostettua työntekoa ja varmistettua, että kaikki oleelliset asiat otetaan huomioon työn suorittamisessa.

7.3.1 Korjaus- ja vikahistorian listaaminen ja analysointi.

UPM:llä on käytössä SAP – toiminnanohjausjärjestelmä, jonka kautta hoidetaan käytännössä kaikki työntekoon liittyvät asiat, kuten vikaantumisilmoituksien luonti, työtilauksien luonti, varaosien hankinnat, resurssien varaamiset jne.. Teoriassa järjestelmästä on siis erittäin helppo etsiä esimerkiksi eri laitteiden vikaantumisilmoituksia tai huoltojen suoritusajankohtia ja niihin liittyviä lisätietoja, mutta todellisuudessa asia ei kuitenkaan ole aivan näin. Kaikki työntekijät eivät ole niinkään innokkaita järjestelmän käyttöön ja se luo tilanteen, jolloin sinne

luoduista ilmoituksista tai tilauksista saattaa puuttua joitakin oleellisia tietoja tai sitten tiedot ovat osittain toisen laitteen kohdassa. Kyseinen asia hankaloittaa hieman kokonaiskuvan hahmottamista eri vikaantumismekanismeja ja suoritettuja huoltoja kartoittaessa laitekohtaisesti, mutta suurin osa tiedoista kuitenkin löytyy oikealta paikalta tai vähintäänkin voi arvata, mistä puuttuvia tietoja voi etsiä.

Jokaiselle kohdealueen laitteelle kartoitettiin kaikki niille tehdyt korjaukset, jonka avulla saatiin selville, että minkälaisia vikaantumisia kullakin laitteella esiintyy ja minkä pituisin väliajoin kyseiset vikaantumiset ovat viime vuosien aikana tapahtuneet. Samalla listattiin myös jo olemassa olevat ennakkohuoltoon liittyvät työt, jotka pääasiallisesti olivat vain voitelutöitä muutamia tarkastuksia lukuun ottamatta. Järjestelmästä löytyi siis todella vähän itse tarkastustöitä, joilla pyrittäisiin ennakoimaan vikaantumisten syntymistä ja täten huoltamaan laitteen ennen niiden varsinaista vikaantumista. Edellä mainittujen ennakkohuoltoon liittyvien töiden vähäisyys voidaan perustella siten, että aikaisemmin laitteet ovat aina huollettu vuosiseisokeissa, eikä ole mietittykään kyseisten tarkastusten ja huoltojen tekemistä vuosiseisokkien välissä, vaikka kohdealueella on siihen täydet mahdollisuudet.

Historiatietoja selatessa esiin ilmaantui myös sellainen asia tämän vuoden puolelta, että joitakin tarkastuksia on kirjautuneena järjestelmään, vaikka niitä ei ole edes suoritettu täydessä mittakaavassa. Tämä johtuu siitä, että tietyille töille on luotu huoltorivi, joka ilmaantuu esimerkiksi vuoden välein. Kyseinen huoltorivi on otsikoltaan ”laitteen tarkastus”, mutta lisätietona siinä on tarkastukseen liittyviä asioita, jotka vaativat pidempää laitekohtaista taukoa, kuin kyseisille laitteille on pidetty alkuvuoden aikana. Tällaiset asiat hankaloittavat kunnossapidon nykytilan hahmottamista, sillä henkilö ei voi tietää, ettei järjestelmässä mainittuja huoltoja ole tehty, jos hän ei itse ole kyseisen alueen toiminnassa mukana.

Edellä mainittujen historiatietojen läpikäyminen kunkin laitteen osalta vahvisti käsitystä siitä, ettei laitteiden tarvittavien ennakkohuoltotöiden kartoittamiseen ole ollut suurempaa kiinnostusta, resursseja tai asennetta.

7.3.2 Valmistajien huolto-ohjeet ja käytön kokemukset

Korjaus- ja vikaantumishistorian lisäksi ennen VVA – analyysin suorittamista listattiin laitteiden valmistajien/toimittajien manuaaleista jokaiselle laitteelle määrätyt huoltotyöt ja niiden suositellut suoritusvälit. Samalla myös kunnossapidon ja käytön työntekijöiltä

selvitettiin joidenkin osien huoltoihin liittyviä asioita. Kaikki nämä asiat listattiin samaan taulukkoon, jolla taattiin tietojen helppo löytyvyys työn myöhemmässä vaiheessa. Varsinkin valmistajien/toimittajien manuaaleista kerättyjen tietojen kasaamiseen kului yllättävän paljon aikaa, koska kohdealueen laitteiden manuaalit jakaantuivat n. 20 eri laitekansioon ja jokainen kansio piti käydä läpi alusta loppuun.

Huoltosuositustietoja kasatessa kävi selvästi ilmi, että valmistajien määrittämiin ennakkohuoltojen ja – tarkastusten suoritusväleihin kannattaa suhtautua pienellä varauksella. Valmistajien/toimittajien määrittämät suoritusvälit ovat normaali olosuhteissa hieman turhan lyhyitä, mutta tähän syynä voi olla esimerkiksi se, että siten laitteet saadaan varmasti kestämään takuuajan, vaikka se olisikin hieman kalliimpi vaihtoehto kuin jos suoritusvälit olisivat hieman pidempiä. Jossain laitteissa voisi toisaalta olla ihan perusteltua suorittaa kyseisiä huoltoja ja tarkastuksia valmistajien suosimin aikavälein, mutta nykymaailmassa ei millään yhtiöllä riitä resurssit laitteiden turhan useisiin huoltoihin ja tarkastuksiin.

Kultaisen keskitien löytäminen huolto-ohjeistuksen sisäistämisessä onnistuu parhaiten yhdistämällä valmistajien suosituksen käytön pitkäaikaisiin kokemuksiin itse laitteiden kunnossapidon parissa. Täten voidaan hyvin löytää oikeanlaiset huolto- ja tarkastusvälit kullekin laitteelle. Tästä esitetään lisää myöhemmin kerrottaessa toimenpiteiden suoritusvälien määrityksestä.

7.4 Laitteilta vaadittavat toiminnot ja VVA – analyysi

Pohjatyön eli kriittisyysluokittelun suorittamisen ja olemassa olevien tietojen kasaamisen suorittamisen jälkeen voitiin aloittaa todellinen työ tarvittavien ennakoivien toimenpiteiden määrittämistä varten. Kuten jo aiemmin työssä on tullut esille niin, jotta laitteille voidaan rakentaa kattava ja toimiva kunnossapito-ohjelma, täytyy siihen sisältyvien toimenpiteiden perustua tunnistettujen toiminnallisten vikaantumisten ehkäisemiseen. Parhaiten toiminnalliset vikaantumiset ja niihin liittyvät vioittumistavat saadaan kartoitettua laitteilta vaadittavien toimintojen sekä VVA – analyysin kautta.

Työssä otettiin siis tarkempaan tarkasteluun kriittisyysluokitteluun perustuen A- ja B-kriittisyysluokan laitteet, joita mekaanisen puolen laitteista oli yhteensä 71 kpl, kuten kuva 16 osoittaa. Jokaiselle laitteelle määriteltiin vaadittavat toiminnot eli mitä laitteen odotetaan

tekevän ja millä tavalla. Keskimäärin laitteille löydettiin 2-3 eri toimintoa, joista yksi oli itse päätoiminto ja muut laitteen sivutoimintoja. Vaikka melkein kaikki listatuista toiminnoista oli itsestäänselvyyksiä, niin työ osoitti, että niiden kirjoittaminen taulukkoon helpottaa toiminnallisten vikaantumisten kartoittamista huomattavasti. Toimintojen listaamisen ohessa mietittiin myös laitteiden toimintoympäristöjä, vaikka niillä ei vielä tässä vaiheessa työtä ollut niin merkitystä. Toimintoympäristön hahmottaminen ja sen vaikutuksien ymmärtäminen kokonaistuotantoon kohdealueella oli yksi erittäin olennainen osa, jotta työ johti mahdollisimman kattavaan ja kaikkien mahdollisuuksien rajoissa laadittuun kunnossapito-ohjelmaan.

Toimintojen määrittämisen jälkeen suoritettiin VVA – analyysi. Analyysillä pyrittiin löytämään kaikki mahdolliset vioittumistavat eri laitteille ja samalla kartoittaa niiden syntymisistä aiheutuvia vaikutuksia ja seurauksia. Laitteilta vaadittaviin toimintoihin perustuen toiminnallisten vikaantumisten löytäminen oli suhteellisen helppo työ muutamaa erikoisempaa laitetta lukuun ottamatta. Jokaiselle toiminnalliselle vikaantumiselle löytyi yleensä yhdestä kymmeneen eri vioittumistapaa, jotka voivat kyseisen toiminnallisen vikaantumisen aiheuttaa. Kyseisten vioittumistapojen listaaminen auttoi myöhemmässä vaiheessa todella paljon, kun alettiin määrittää kullekin laitteelle tarvittavia ennakoivan kunnossapidon toimenpiteitä, joilla laitteiden käyttövarmuus saataisiin tulevaisuudessa mahdollisimman korkealle tasolle.

VVA – analyysin suorittamisesta oli erittäin paljon apua työn jatkon kannalta, koska analyysin jälkeen alettiin koota luonnosta lopullisesta ennakkohuolto-ohjelmasta, jonka sisältö taas perustuu täysin VVA – analyysissä esiin nousseisiin vioittumistapoihin ja niiden ehkäisemiseen eri huolto- ja tarkastustoimenpitein.

8. Ennakkohuolto-ohjelman luominen ja varaosatilanteen optimointi

Työn tavoitteessa tuli jo esille, että työn päätavoitteena on muodostaa kohdealueelle ennakkohuolto-ohjelma, jonka rakentaminen perustuu laitekriittisyyksiin sekä eri laitteille tunnistettuihin vikaantumismekanismeihin. Kyseisen ohjelman lisäksi katsottiin myös tarpeen sisällyttää työhön varaosavaraston nykytilanteen kartoitus A- ja B- kriittisten laitteiden osalta, koska varastoissa on nykyään paljon sellaista tavaraa, jonka varastointi ei välttämättä ole kannattavaa / tarpeellista omassa varastossa.

8.1 Toimenpidematriisi lähtökohtana ennakkohuolto-ohjelman rakentamisessa

Ennen varsinaisten ennakkohuoltotoimenpiteiden listaamista kriittisimmille laitteille, luotiin toimenpidematriisi, taulukko 12, joka määrittää järjestettävän ennakkohuollon suorituslaajuuden, ottaen kantaa laitekriittisyyteen sekä vikaantumisista aiheutuvien seisokkien aiheuttamiin taloudellisiin menetyksiin (turvallisuus- ja ympäristöriski huomioiden). Laitteille määriteltävien tarvittavien toimenpiteiden perusta määräytyy siis täysin laitteen kriittisyysluokan ja syntyvien epäkäytettävyyskustannusten perusteella. Tietenkin jokaisen laitteen kohdalla täytyy miettiä myös järkevästi laitekohtaista tilannetta, koska kohdealueella on myös laitteita, joita ei käytännössä voida tarkistaa kuin isoissa tehdasseisokeissa. Nykysuunnitelman mukaisesti tehdasseisokkeja järjestetään enää vain 18 kk välein, joten tällöin edellä mainittujen laitteiden kohdalla täytyy tehdä päätös komponenttien kestämisestä seuraavat 18 kk tai suorittaa komponenttien vaihtotoimenpiteitä.

Taulukko 12. Kunnossapito-ohjelman toimenpidematriisi, johon perustuen laitteille valitaan oikean tasoiset kunnossapitotoimenpiteet perustuen laitekriittisyyteen sekä seisokin aiheuttamiin menetyksiin. JHA tarkoittaa jälleenhankinta-arvoa ja RTF käyttöä vikaantumiseen saakka.

Kriittisyysluokka tai JHA **Seisokin aiheuttama menetys**	**A** **YLI 100k€**	**B** **10 – 100k€**	**C** **0,5 – 10k€**	**D** **Alle 0,5k€**
SUURI Epäkäytettävyyskustannus yli 50k€ Tai merkittävä turvallisuus- / ympäristöriski	Jatkuva seuranta Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto Monitorointi	Kunnonvalvonta Tarkastus Huolto Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi	Huolto Tarkastus Aikataulutettu vaihto	Huolto Tarkastus
KESKINKERTAINEN Epäkäytettävyyskustannus 25 - 50k€	Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto	Kunnonvalvonta Tarkastus Huolto	Tarkastus Huolto	Käyttö huoltaa RTF
MATALA Epäkäytettävyyskustannus 5 – 25 k€	Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus Suunniteltu korjaaminen	Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus	Käyttö huoltaa RTF	Käyttö huoltaa RTF
ERITTÄIN VÄHÄINEN Epäkäytettävyyskustannus alle 5 k€	Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus Aikataulutettu korjaus	Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus	Käyttö huoltaa RTF	Käyttö huoltaa RTF

8.2 Ennakkohuoltotoimenpiteiden määrittäminen VVA – analyysin pohjalta

VVA – analyysin tarkoituksena oli tuoda esille kaikki potentiaaliset toiminnalliset vikaantumiset sekä eri vioittumistavat, joita kullakin tarkasteltavalla laitteella voi esiintyä sen toiminnassa. Kuten jo luvussa 7.3.3 mainittiin, VVA – analyysin tulosten jälkeen ennakkohuoltotoimenpiteiden kartoittaminen on suhteellisen helppoa, koska tarvitsee vain löytää jokaista vioittumistapaa ehkäisevät tarkastus-, huolto- tai kunnonvalvontatoimenpiteet sekä listata ne jokaiselle laitteelle. Perinteisillä laitteilla, kuten pumput ja kuljettimet, toimenpiteiden määrittäminen oli erittäin helppoa. Hieman hankalammille laitteille täytyi

käyttää hyväksi jo aikaisemmin koottuja tietoja valmistajien ja laitetoimittajien dokumenteista, joissa mainitaan suositeltavat tarkastus- / huoltotoimenpiteet hieman erikoisemmille laiteosille.

Toimenpiteet jakaantuvat kolmeen pääryhmään; kierrosluontoisiin toimenpiteisiin (pois lukien kunnonvalvontatyöt), kunnonvalvontatoimenpiteisiin sekä laite-/linja-/tehdasseisokkia vaativiin toimenpiteisiin. Taulukossa 13 on esimerkkejä perinteisistä tarkastus/huoltotoimenpiteistä, joita laitteille listattiin.

Taulukko 13. Esimerkkejä asetetuista ennakkohuoltotoimenpiteistä pääryhmiin jaettuna.

Toimenpide	**Pääryhmä**
Vaihteiden, moottorien ja laakeroinnin tarkastus	Kunnonvalvonta
Vaihteiden öljyanalyysi	Kunnonvalvonta
Vaihteiden öljymäärän tarkastus	Kierrosluontoinen
Akselitiivistyksien tarkastus	Kierrosluontoinen
Rullaketjujen ja ketjupyörien laakerien voitelu	Kierrosluontoinen
Kiilahihnojen ja rulla-/kuljetinketjujen kunnon tarkastus	Seisokkityö
Kytkinten kunnon tarkastus ja voitelu (sitä tarvitsevat mallit)	Seisokkityö
Kuljetinketjujen kolien kunnon tarkastus	Seisokkityö
Käyttölaitteiden kiinnityksien tarkastus	Seisokkityö
Moottorien ulkoinen puhdistaminen	Seisokkityö
Puhaltimien siipipyörän, akselin, joustoyhteiden jne. tarkastus	Seisokkityö
Sekoittimien akselin kiinnityksen tarkastus	Seisokkityö
Sekoittimen sekoitinelimien ja pohjalaakerin kunnon tarkastus	Seisokkityö
Kiilahihnojen aikataulutettu vaihto (A -kriittisillä)	Seisokkityö
Säiliön luukkujen tiiveyden tarkastus	Seisokkityö
Vaihteiden öljynvaihto	Seisokkityö
Hihnakuljettimien rullien kiinnityksen ja kunnon tarkastus	Seisokkityö

Edellä olevassa taulukossa listatut toimenpiteet ovat kaikkein yleisimpiä A- ja B- kriittisille laitteille listattuja määräajoin suoritettavia toimenpiteitä. Suurin osa toimenpiteistä kuuluu siis pääryhmään ”seisokkityö”, koska niiden suorittaminen täytyy olla 100 % turvallista ja jotta turvallisuus voidaan taata, täytyy laitteiden toiminta keskeyttää ja laite turvallistaa, ennen kuin niille voidaan suorittaa ”seisokkityö” – ryhmän toimenpiteitä.

Käytännössä turvallistaminen ja turvallistamisen poistaminen vie vähintään puoli tuntia aikaa per laite jokainen kerta, kun sitä vaativia toimenpiteitä suoritetaan. Suurella laitemäärällä pelkästään turvallistamiseen liittyvistä tehtävistä koostuu erittäin paljon työtunteja vuoden aikana, mutta todellisuudessa se ei kuitenkaan ole suuri määrä verrattuna siihen, että laitteet pääsevät toiminnallisesti vikaantumaan ja ne pysähtyvät äkillisesti, jolloin töiden aloittaminen suunnittelemattomasti ja suorittaminen vie paljon enemmän aikaa kokonaisuudessaan. Oikeiden toimenpiteiden listaamisen lisäksi melkein yhtä tärkeää on niiden oikeanlainen jaksottaminen sekä niiden suoritusajankohdan määrittäminen siten, ettei sillä ole suurta vaikutusta itse kohdealueen tuotannon kokonaistilaan. Toimenpiteiden jaksottamisesta lisää seuraavassa kappaleessa.

C – ja D – kriittisille laitteille ei VVA – analyysiä suoritettu, eikä niille ole edes määritetty muita ennakkohuoltotoimenpiteitä kuin välttämättömimmät tarkastukset ja huoltamiset. Tämä johtuu täysin siitä, että näihin kahteen kriittisyysluokkaan jakautuneet laitteet eivät ole tärkeimpiä laitteita toiminnan jatkumisen kannalta, joten niiden kunnossapitoon ei kannata uhrata liikaa resursseja. Näiden laitteiden lukumäärä on myös suuri verrattuna A – ja B – kriittisten laitteiden lukumäärään, joten niiden tarkempaan ennakoivaan kunnossapitoon ei ole edes resursseja tarpeeksi. C – ja D – kriittisille laitteille määrättyjä toimenpiteitä ovat mm. voimanvälityksen kuntoon liittyvät silmämääräiset tarkastukset, voiteluohjelman päivittäminen ja kunnonvalvontaohjelman päivittäminen.

VVA – analyysin pohjalta tunnistettiin muutamia sellaisia toimenpiteitä, joille ei pysty määrittämään tarkkaa suorittamisajankohtaa. Tämä johtuu siitä, että kyseisten osien vaihtamisen tarve tulee täysin niiden kulumisen perusteella ja kulumisnopeus taas vaihtelee erittäin paljon. Yhtenä esimerkkinä ovat viherlipeäsuotimien suodinpatterit, joista esimerkki kuvassa 19. Pattereiden tehtävänä on suodattaa viherlipeää suodinkankaiden ja paineilman avulla. Pattereiden vaihtaminen perustuu suodatetun viherlipeän puhtauteen. Suodatetun viherlipeän sakkapitoisuuden noustessa tiedetään jonkin kankaan hajonneen, jolloin patterit vaihdetaan kaikki samalla kertaan. Vaihto pohjautuu siis täysin prosessiarvojen seurantaan ja sen suoritusväli saattaa vaihdella 4 kuukaudesta 8 kuukauteen.

Kuva 19. Viherlipeäsuotimen suodatinpatteri, jossa uudet kankaat asennettuna.

VVA – analyysin perusteella määritellyistä toimenpiteistä suurin osa on sellaisia, joita kohdealueella on vuosien varrella seisokkien aikana jo suoritettukin. Joitakin uusia seisokki- ja kierrosluontoisia toimenpiteitä on kuitenkin luotu kohdealueelle ja näistä esimerkkinä sähkömoottoreiden ulkoinen puhdistaminen. Varsinkin meesan ja kalkin käsittelyn läheisyydessä toimivien sähkömoottoreiden runkoihin kertyy paljon hienoa pölyä, kuten kuvasta 20 näkee. Pölyn kertyminen huonontaa moottoreiden jäähdyttämistä, joka taas vaikuttaa moottoreiden laakereiden kulumiseen. Tämän vuoksi pölyyntyneille moottoreille tullaan jatkossa suorittamaan ulkoinen puhdistus 12 kuukauden välein. Puhdistuksen pääkohtina ovat moottoreiden liitinkotelo, jäähdytysrivat sekä puhallinsäleikkö.

Kuva 20. Yksi kohdealueen sähkömoottoreista, jolle tullaan jatkossa suorittamaan ulkoinen puhdistus hyvän jäähdyttämisen takaamiseksi.

8.2.1 Toimenpiteiden suoritusvälien määritys

Toimenpiteiden suoritusvälien määrittäminen on yksi erittäin olennainen osa ennakkohuolto-ohjelman rakentamisesta. Työn alussa kerrottiin, kuinka ennakkohuollolla pyritään ehkäisemään toiminnallisten vikaantumisten syntyminen ja huomaamaan potentiaalisten toiminnallisten vikaantumisten alkamiset tarpeeksi ajoissa. Helpoiten tämä idea voitaisiin toteuttaa suorittamalla määräaikaistarkastuksia ja – huoltoja erittäin usein kullekin laitteelle. Todellisuudessa tällainen menettelytapa ei tietenkään ole järkevää eikä myöskään mahdollista.

Kohdealueella työskentelee pääsääntöisesti yksi mekaanisen puolen laitosmies, jolle voidaan tarvittaessa hankkia auttavia käsiä joitain töitä varten eri osastoilta tai ulkopuoliselta yritykseltä, mutta päätavoitteena kuitenkin, että työt pystyttäisiin suorittamaan mahdollisimman pitkälle omilla työntekijöillä. Tämän asian toteuttamiseksi määräaikaistoimenpiteiden suoritusvälit täytyy määritellä tarkasti, jottei ennakkohuoltoon liittyviä töitä tule liian paljon vuositasolla, koska täydessä ennakkohuollon piirissä olevien A – ja B – kriittisten laitteiden lisäksi on myös paljon muita laitteita, jotka vaativat ajoittain

huoltamista / korjaamista. Ennakkohuoltotoimenpiteitä täytyy kuitenkin olla sen verran usein, että laitteiden toiminnallisten vikaantumisten alkaminen pystytään huomaamaan ennen kuin toiminnallinen vikaantuminen pääsee varsinaisesti tapahtumaan. Taulukossa 14 on listattuna työssä määriteltyjä eri ennakkotoimenpiteiden suoritusvälejä.

Taulukko 14. Ennakkohuoltotoimenpiteiden suoritusvälejä.

Ennakkotoimenpide	**Suoritusväli (A - kriittinen)**	**Suoritusväli (B - kriittinen)**
Kunnonvalvonta:		
Kunnonvalvontamittaukset	1 kk	1 kk
Vaihteiden öljyanalyysi	6 kk	6 kk (suuret vaihteet)
Kierrosluonteiset:		
Rullaketjun voitelu	3 vko	3 vko
Vaihteistojen öljymäärän tarkastus	1 vko	1 vko
Murtotapillisen ketjupyörän laakerin rasvaus	3 kk	3 kk
Seisokkityöt:		
Kiilahihnojen kunnon tarkastus	3 kk	3 kk
Hihnavälitykseen liittyvät muut tarkastukset	9 kk	12 kk
Ketjuvälitykseen liittyvät tarkastukset	9 kk	12 kk
Kytkimen kunnon tarkastus ja voitelu	9 kk	12 kk
Sekoitinelimien kunnon tarkastus	12 kk / 18 kk	12 kk / 18 kk
Hihnakuljettimen rullien tarkastus	12 kk	18 kk
Vaihteiden öljynvaihto	24 kk / 48 kk	24 kk / 48 kk
Sähkömoottorin vaihto	Kunnonvalvontaan perustuen	Kunnonvalvontaan perustuen

Yllä oleva taulukko osoittaa, kuinka joissain toimenpiteissä laitekriittisyys määrittelee sen, kuinka pitkä toimenpiteiden suoritusväli on. Ennakkohuoltoresursseja kohdennetaan suoraan laitekriittisyyden mukaan, kuten jo aiemminkin tässä työssä on tullut esille. Osa toimenpiteistä suoritetaan samoin aikavälein, on laite sitten A – tai B – kriittinen. Tämä johtuu siitä, että kyseisten toimenpiteiden suorittaminen ei kertaluontoisesti vie kovinkaan paljon aikaa ja ne myös ovat lyhyemmin syklein suoritettavia, jolloin ne muodostavat perustan muiden toimenpiteiden jaksottamiselle. Lyhyin syklein suoritettavissa töissä ei yleensä käytetä voiteluaineita erikoisempia työkaluja, joten niiden suorittaminen kierrosluontoisesti on järkevin tapa.

Sopivia suoritusaikavälejä mietittäessä on otettu huomioon, kuinka paljon aikaisemmin toiminnallinen vikaantuminen alkaa antaa merkkejä lähestymisestään eli kuinka paljon aikaa

on reagoida vian huomaamisen jälkeen ennen kuin toiminnallinen vikaantuminen varsinaisesti syntyy ja alkaa vaikuttaa laitteen toimintaan. Monien toimenpiteiden suoritusväli on suhteellisen pitkä (9 – 12 kk), kun otetaan huomioon, että näiden toimenpiteiden tarkoituksena on vain selvittää laitteen ja komponenttien sen hetkinen kunto ja mahdollisesti huomata huoltoa / vaihtoa vaativat komponentit. Toisaalta taas suurin osa laitteiden osista (käyttölaitteita lukuun ottamatta), pyörii suhteellinen hiljaisella nopeudella, jolloin nopeasti tapahtuvia kulumisia ei tapahdu niin helposti, vaan vikaantumiset pystytään huomaamaan hyvissä ajoin.

Toinen pitkien suoritusvälien takana oleva tekijä on määräaikainen kunnonvalvonnan suorittaminen. Kunnonvalvonnassa seurataan pääsääntöisesti pyöriviä komponentteja sekä suuren kuormituksen alla olevia komponentteja. Tällaisia ovat muun muassa moottorit, kytkimet, vaihteistot ja laakeroinnit. Edellä mainittujen laitteiden kunnonvalvonta on erittäin tärkeää myös siksi, että monesti juuri nämä laitteet ovat laitteiston kalleimpia osia ja niiden vaihtamista joudutaan myös suunnittelemaan hieman enemmän kuin esimerkiksi katkenneen kiilahihnan vaihtamista. Yksi hyvä tekijä näiden laitteiden kohdalla on myös se, että niiden kunnonvalvonnan suorittaminen tehdään juuri laitteen käynnin yhteydessä, kun taas joidenkin muiden laitteiston osien kunnon tarkastaminen vaatii laitteiston pysäyttämistä.

Pieni osa laitteista on sellaisia, joille suoritusväli muodostuu automaattisesti suurien tehdasseisokkien järjestämisen mukaan. Tämä johtuu siitä, että tällaisten laitteiden saattaminen tarkastuskuntoon vie niin paljon aikaa, ettei niille tarvittavia tarkastuksia ehdi millään tekemään yhden työpäivän aikana. Kyseisten laitteiden määrä on kuitenkin suhteellisen pieni, joten niiden ennakkohuoltotoimenpiteiden jaksottaminen tehdasseisokkeihin ei ole mikään ongelma.

Kunnonvalvontareittien päivittäminen

Kohdealueen kunnonvalvontareitit päätettiin myös käydä läpi, koska nykyiset kunnonvalvontareitit on määritelty kauan aikaa sitten, eikä niissä ole huomioitu mitenkään laitteiden kriittisyyksiä. Nykyiset reitit ovat kaikki määritelty suoritettavaksi 30 päivän välein, mutta todellisuudessa niiden suorittaminen on tapahtunut hieman harvemmin, koska suorittamiseen ei ole ollut tarpeeksi aikaa.

Uuden reitityksen lähtökohtana käytetään laitekriittisyyttä. Aluksi pohdittiin erilaisia vaihtoehtoja laitekriittisyyden ja mittausten suoritusaikavälien välille ja lopulta päädyttiin taulukossa 15 esitettyihin sykleihin.

Taulukko 15. Uusien kunnonvalvontareittien syklit laitekriittisyyksien mukaan määriteltynä.

KRIITTISYYS	SYKLI
A	30 Päivää
B	30 Päivää
C	45 Päivää
D	60 Päivää

Taulukossa 15 määriteltyjen syklien mukaan järjestettynä muodostettiin 8 kunnonvalvontareittiä, joista 4 on A – ja B – kriittisille laitteille, 2 C – kriittisille laitteille ja 2 D – kriittisille laitteille. Nykyisessä systeemissä reittejä oli yhteensä 10 ja niiden mittauspisteiden määrä heitteli todella paljon. Uusien reittien mittauspisteiden määrä on saatu suhteellisen tasaiseksi, joten reittien suorittaminen kestää aina suunnilleen saman verran. Kokonaisuudessaan reittien suorittamiseen on jatkossa varattu paremmin aikaa, koska nykyisellä systeemillä suoritustahti oli 1 reitti / 2 työpäivää, mutta uuden reitityksen kautta suoritustahti pitenee hieman, ollen jatkossa 1 reitti / 3 työpäivää.

Töiden jakautuminen eri suorittajaryhmien välille

Työn aikana on puhuttu jo monesti siitä, kuinka nykyaikana kunnossapitoa tulisi suorittaa myös laitteiden käyttäjien (operaattoreiden) taholta. Ainakin Kaukaalla kyseiseen asiaan kiinnitetään paljon huomiota ja käyttäjät suorittavat ajoittain kunnossapitoon liittyviä pienempiä tehtäviä, kuten tarkastuskierroksia. Tässä työssä on tarkoituksena lisätä käyttäjien tekemien kunnossapitotöiden osuutta siinä määrin kuin se on mahdollista ja järkevää.

Kohdealueella toimii siis pääsääntöisesti yksi mekaanisen puolen kunnossapidon laitosmies ja kunnonvalvontaa suorittaa kaksi henkilöä, joista toinen on ottanut myös vastuuta öljyanalyysien suorittamisesta. Kunnonvalvojilla riittää siis työtä ihan tarpeeksi, eikä heillä ole aikaa ottaa osaa itse kunnossapitotoimenpiteisiin kunnonvalvontamittauksia lukuun ottamatta. Hyvän työsuunnittelun kautta voidaan käytön puolen kunnossapitoa lisätä useilla tunneilla kuukausitasolla, koska tällöin käyttäjillekin on jo aikaisessa vaiheessa selvää, että milloin seuraavan kerran heidän täytyy osallistua kunnossapitotoimenpiteiden suorittamiseen. Tarkoituksena ei tietenkään ole osien vaihtamisten tai suurempien

tarkastusten teettäminen käyttäjillä, koska kyseiset työt vaativat monesti erikoiskokemusta laitteiden kunnossapidosta sekä erilaisia työkaluja. Kyseisiin toimenpiteisiin voidaan tarvittaessa varata sisäisesti resursseja toisen osaston kunnossapidosta.

Tämän työn johdosta käyttäjille on suunniteltu teetettäväksi seuraavanlaisia toimenpiteitä (suluissa suunniteltu suoritusväli): vaihteiden öljymäärän tarkastuskierros (1 viikko), akselitiivistyksien tarkastuskierros (1 viikko), voitelulaitteiden rasvamäärän tarkastuskierros (1 viikko), rullaketjujen voitelukierros (3 viikkoa), pölyyntyvien moottoreiden ulkoinen puhdistus (12 kk), sähkötiloihin liittyvien puhaltimien tarkastuskierros (2 kk) sekä vaihteiden öljynvaihdot (24 – 54 kk). Nämä toimenpiteet on katsottu sopiviksi muutamasta eri syystä. Yksi syy on se, että tarkastuskierrokset eivät vie kovinkaan paljon aikaa, ja niistä monet voidaan hoitaa samalla kertaa, jolloin niiden suorittamisesta tulee esimerkiksi maanantaiaamun rutiini. Toinen syy juuri näille toimenpiteille (varsinkin useammin suoritettavat kierrosluonteiset) on se, että niiden suorittaminen ei vaadi kummempia valmisteluja, vaan riittää, että käydään kunkin listalla olevan laitteen luona tarkastamassa kierrokseen kuuluvat asiat ja se on siinä. Näiden kierrosten suorittamisen avulla käytön puolen henkilöt tutustuvat entistä paremmin alueen laitteisiin ja mahdollisesti näin myös huomaa paremmin laitteiden vikaantumisten vaikutukset.

Aikaisemmin tässä luvussa mainittiin, että suurempien tarkastustoimenpiteiden ja huoltojen suorittamiseen voidaan pyytää omia kunnossapitotyöntekijöitä auttamaan toiselta osastolta. Tätä pyritään tekemään nykypäivänä mahdollisimman paljon, koska täten pystytään helposti säästämään kustannuksissa, vähentämällä ulkopuolisen työvoiman käyttöä. Tämänkin asian täydelliseen toteutukseen avaimena toimii koko kunnossapidon tärkein asia, eli hyvä työnsuunnittelu. Töiden hyvällä ja aikaisella suunnittelulla voidaan helposti saavuttaa tilanne, jossa toisen osaston mestareita informoidaan jo tarpeeksi aikaisessa vaiheessa tulevan työvoiman lainaamisen johdosta. Täten voidaan sopia jokin päivä, jolloin jollain muulla osastolla ei suoriteta suurempia kunnossapitotöitä, vaan kyseisen osaston työntekijät tulevat avuksi toiselle osastolle ja näin ulkopuolisen työvoiman tarve saadaan minimoitua. Toisilla osastoilla, kuten kuivauskoneilla työt painottuvat laajalti kolmen kuukauden välein järjestettäviin seisokkeihin, joten tällaisilta alueita työvoiman saaminen hyvin suunnitellulle ennakkohuoltotoimenpiteelle ei pitäisi olla vaikeata.

Kunnonvalvojistakin mainittiin jo sen verran, että heillä riittää työtä mittauksien ja öljyanalyysien kanssa sen verran, ettei heitä voi käyttää suuremmin mittauksien ulkopuolisiin ennakkohuoltotöihin. Heidän tehtävänään on siis vanhaan tapaan erilaisten mittauksien

suorittaminen ja tulosten analysointi. Mikäli laitteessa sattuu olemaan esimerkiksi näkyvillä oleva kytkin, kunnonvalvojat saattavat tällaisten komponenttien kuntoa tarkastella myös oman kierroksen aikana.

Ulkopuolisen resurssien käyttämistä pyritään välttämään mahdollisimman pitkään, jotta kustannuksia voidaan minimoida työn puolesta. Toiset toimenpiteet ovat kuitenkin sellaisia, että niiden suorittamiseen ei sisäisesti löydy tekijöitä, vaan suorittamiseen tarvitaan ulkopuolisia resursseja. Tällaisissa tilanteissa ulkopuolisten resurssien käyttö on perusteltua, mutta työnsuunnittelun pitää kuitenkin toimia sen verran hyvin, ettei ulkopuolisia työntekijöitä seisoteta turhan takia siten, että he eivät tiedä mitä milloinkin pitää tehdä. Valitettavasti välillä on tullut vastaan tilanteita, joissa toimenpidettä on ollut suorittamassa laitosmiehen lisäksi kaksi ulkopuolisen yrityksen henkilöä, mutta päätekijänä on kuitenkin toiminut alueen oma laitosmies ja käytännössä toinen ulkopuolinen henkilö on vain ollut kevyenä auttavana kätenä eli turhana kustannuseränä työn suorittamisessa.

8.3 Laitekohtaisten vaiheluetteloiden luominen

Ennen kuin huoltosuunnitelmien lopullista luomista voidaan alkaa suunnittelemaan, täytyy kullekin laitteelle määritetyistä toimenpiteistä kasata laitekohtainen vaiheluettelo, jossa on jokainen toimenpide määriteltynä oikeassa paikassa luetteloa ja omalla rivillä, kuva 21.

Yleiset vaiheyleistiedot

Vhe	AliV	Työpiste	Tmp	Ohj.	Vaiheen kuvaus	S..	L...	Kesto	Yks
0010		MSKAME	KAU1	PM01	VIIRAN KUNNON TARKASTUS	☐	1	0,5	H
0020		MSKAME	KAU1	PM01	TURVALLISTAMINEN	☐	1	0,5	H
0030		MSKAME	KAU1	PM01	KIILAHIHNOJEN KUNNON TARKASTUS	☑	1	0,5	H
0040		MSKAME	KAU1	PM01	KAAVARIN TERÄPALOJEN KUNNON TARKASTUS	☐	1	0,5	H
0050		MSKAME	KAU1	PM01	KAKUNPESUPUTKIEN SUUTTIMIEN PUHDISTUS	☐	1	1,5	H
0060		MSKAME	KAU1	PM01	KAKUNPESUPUTKIEN SUUTTIMIEN SUUNTAUS	☐	1	0,5	H
0070		MSKAME	KAU1	PM01	HIHNAPYÖRIEN TARKASTUS JA PUHDISTUS	☐	1	0,5	H
0080		MSKAME	KAU1	PM01	KIILAHIHNOJEN KIREYDEN TARKASTUS	☐	1	0,5	H
0090		MSKAME	KAU1	PM01	HARPPASEKOITTIMEN LAAKERIEN TARKASTUS	☐	2	0,5	H
0100		MSKAME	KAU1	PM01	HARPPASEKOITTIMEN KYTKIMEN TARKASTUS	☐	2	1,0	H
0110		MSKAME	KAU1	PM01	HARPPASEKOITTIMEN KYTKIMEN VOITELU	☐	1	0,5	H
0120		MSKAME	KAU1	PM01	RUMMUN LAAKERIEN TARKASTUS	☐	1	1,0	H
0130		MSKAME	KAU1	PM01	KAAVARIN SIIRTORUUVIN VOITELU	☐	1	0,5	H
0140		MSKAME	KAU1	PM01	KÄYTTÖLAITTEIDEN KIINNITYKSIEN TARKAST…	☐	1	0,5	H
0150		MSKAME	KAU1	PM01	KAAVARIN LAAKERIEN TARKASTUS	☐	1	1,0	H
0160		MSKAME	KAU1	PM01	KIILAHIHNOJEN VAIHTO	☐	2	1,0	H
0170		MSKAME	KAU1	PM01	IMUPÄÄN KUNNON TARKASTUS	☐	2	8,0	H
0180		MSKAME	KAU1	PM01	RUMMUN SISÄINEN TARKASTUS	☐	2	1,0	H
0190		MSKAME	KAU1	PM01	VAIHTEIDEN ÖLJYNVAIHTO	☐	2	2,0	H
0200		MSKAME	KAU1	PM01	TURVALLISTAMISEN POISTAMINEN	☐	1	0,5	H

Kuva 21. Erään kohdealueen laitteen huoltosuunnitelman vaiheluettelo.

Vaiheluettelon tarkoituksena ei ole vain ilmoittaa, mitä eri vaiheita kunkin laitteen huoltosuunnitelma sisältää, vaan vaiheluettelon avulla jokainen näkee missä järjestyksessä toimenpiteet suoritetaan sekä kuinka paljon työntekijöitä ja työaikaa eri vaiheiden suorittamiseen kuluu. Näiden tietojen avulla työnsuunnittelu helpottuu huomattavasti ja varsinkin sellaisissa tilanteissa, kun kahdella tai useammalla laitteella tehdään ennakkohuoltotoimenpiteitä samaan aikaan, jolloin useamman työntekijän vaativa toimenpide voidaan sovittaa juuri oikeaan työpäivän ajankohtaan.

Täydellisen vaiheluettelon yksi tärkeä osa on resurssien eli tarvittavan työvoiman ja töiden keston oikea määritys. Toimenpiteiden suorittamisessa käytettyjen todellisten resurssien määrää verrataan suunniteltuihin ja täten kartoitetaan myös samalla työnjohtajien ja työnsuunnittelijoiden töiden järjestelykykyä. Toisaalta todellisuutta vastaavat resurssitiedot auttavat myöhemmin kerrottavien huoltopakettien muodostamissa, koska tällöin voidaan suorittaa optimaalinen määrä ennakkohuoltotoimenpiteitä yhden laiteseisokin aikana. Vielä eräs tekijä on se, että dokumentoitujen resurssien (todellisuutta vastaavien) avulla on selvempää, kuinka nopeasti kukin vaihe tulisi suorittaa ja tällöin työn tehokkuus pysyy myös mahdollisimman vakiona, ainakin suunniteltujen määräaikaistöiden suhteen.

Niille vaiheille, joissa tarvitaan varaosia eli vaihdetaan esimerkiksi kiilahihnat, voidaan määritellä valmiiksi vaiheen komponentteihin nimikkeen mukaan kiilahihnojen tyyppi ja määrä kyseisessä laitteessa. Tällöin säästetään työnsuunnittelijan aikaa, koska muutoin hänen pitäisi tarkastaa kyseinen tieto laiterakenteesta. Lisäksi joillakin laitteilla on vielä nykyään sellainen tilanne, ettei laiterakenteessa ole kirjattuna kaikkia komponentteja, jolloin laitteessa olevien komponenttien selvittämiseen menee vielä enemmän aikaa.

Vaiheluettelon kruunaa lisätietokenttään kirjoitetut tarkentavat tiedot, jotka tulevat esiin vain erikseen niitä katsottaessa. Lisätietoihin voidaan kirjoittaa kaikkea työtä helpottavaa tietoa, jotta työnsuunnittelijan tai työnjohtajan ei tarvitse jokaisen työn kohdalla erikseen etsiä niitä laitekansioista tai edellisien töiden huoltoriveiltä. Kyseisessä kentässä ilmoitetaan muun muassa ohjearvoja komponenteille, öljynvaihtoon liittyvät öljymäärät ja öljylaadut, kuinka kyseinen vaihe tulisi suorittaa jne.

Huoltosuunnitelmia luodessa vaiheluetteloihin listatut resurssi- ja tuntimäärät ovat arvioita, jotka perustuvat keskusteluihin työntekijöiden kanssa sekä SAP-järjestelmästä poimittuihin tietoihin. Ensimmäisen suorituskerran jälkeen, kun työtunnit kuitataan työtilaukselle, joka aukeaa huoltosuunnitelman suorittamisen tullessa eteen täytyy mahdolliset resurssivirheet vaiheluetteloissa muuttaa oikeiksi. Täten tulevaisuudessa voidaan erittäin tarkasti suunnitella töiden suorittamiset ja niissä käytettävät resurssit.

8.4 Seisokkiryhmien laatiminen ja huoltopakettien muodostaminen

Kokonaisvaltaisen ennakkohuolto-ohjelman lopullinen kasaaminen alkoi seisokkiryhmien laatimisesta. Tässä työssä yksi seisokkiryhmä sisältää laitteet, joiden toiminta liittyy suoranaisesti toisiinsa eli kun jokin seisokkiryhmän laitteista pysäytetään, niin pysähtyy saman seisokkiryhmän muidenkin laitteiden toiminta tuotannon kannalta. Seisokkiryhmiin jakaminen onnistui erittäin helposti ja eri ryhmiä muodostui yhteensä kuusi. Ryhmissä 1 – 5 laitteiden toiminta liittyy idean mukaisesti toisiinsa, mutta ryhmässä 6 seisokkiryhmäidea ei täyty, vaan kyseiseen ryhmään on kasattu laitteet, joiden toimintaan ei suoranaisesti liity muita laitteita tai niiden ennakkohuoltoa pystytään suorittamaan pelkästään tehdasseisokkien aikana. Muodostetut seisokkiryhmät ovat seuraavat:

Ryhmä 1

Sakkakuljetin

Tyhjöpumppu, sakkasuodin

Sakkasuodin

Ryhmä 2

Annosteluruuvi 1, kalkkisiilo

Lajitinruuvi 1

Sekoitin, kalkinsammutin 1

Sekoitin, kaustisointisäiliö 1 – 3

Syöttöpumppu, valkolipeäsuodin 1

Suodoskompressori, valkolipeäsuodin 1

Valkolipeäsuodin 1

Ryhmä 3

Annosteluruuvi 2, kalkkisiilo

Lajitinruuvi 2

Sekoitin, kalkinsammutin 2

Sekoitin, kaustisointisäiliö 4 – 6

Syöttöpumppu, valkolipeäsuodin 2

Suodoskompressori, valkolipeäsuodin 2

Valkolipeäsuodin 2

Ryhmä 4

Meesasuodin

Hihnakuljetin, meesasuodin

Tyhjöpumppu, meesasuodin

Kolakuljetin, meesa

Kolakuljetin, sähkösuodin 1 ja 2

Ryhmä 5

Kalkinmurskain

Kolakuljetin, kalkki

Kalkkielevaattori

Kolakuljetin, siiloon

Ryhmä 6

Viherlipeäsuodin 1 – 3
Annostelupumppu, valkolipeä
Sekoitin, meesan varastosäiliö
Vaihde 1 ja 2, meesauunin käyttö
Puhallin, primääri-ilma
Meesauuni
Muuraus
Sektorijäähdytin
Kannatusrullasto 1-4
Aksiaalirullasto
Aggregaatti, uunin hätäkäyttö
Savukaasupuhallin

Seisokkiryhmiin jakamisen jälkeen jokaiselle laitteelle määritetyistä ennakkohuoltotoimenpiteistä kasattiin huoltopaketteja. Huoltopaketit ovat laitekohtaisia ja yhteen huoltopakettiin kuuluu vain saman suoritusvälin omaavia toimenpiteitä (seisokkia vaativia). Jossain tapauksissa, kun laitteella on useita saman suoritusvälin omaavia toimenpiteitä, joudutaan muodostamaan useampi, saman suoritusvälin omaava paketti yhdelle laitteelle. Tämä siksi, että paketteihin pyrittiin sisällyttämään vain niin paljon toimenpiteitä kuin kaksi laitosmiestä ehtii päivän aikana suorittamaan. Tästä esitetään lisää seuraavassa luvussa.

Paketteja voi siis yhtä laitetta kohti olla vain muutama tai sitten lähemmäs kymmenkunta. Se riippuu täysin määriteltyjen toimenpiteiden määrästä, niiden suorittamiseen tarvittavien resurssien määrästä sekä niiden suoritusvälistä. Seuraavassa esimerkki meesasuotimen hihnakuljettimen huoltopaketeista:

Paketti 1 (Työtunnit: 5,5, suoritusväli: 12 kk)

Turvallistaminen
Kytkimen kunnon tarkastus
Kytkimen voitelu
Kuljetinhihnan kunnon tarkastus
Kuljetinhihnan kireyden tarkastus
Kuljetinrullien kunnon tarkastus

Kuljetinrullien kiinnityksen tarkastus
Paluurullien kunnon tarkastus
Paluurullien kiinnityksen tarkastus
Kaavareiden kunnon tarkastus
Kaavareiden paikoituksen tarkastus
Taittorummun kunnon tarkastus
Vetorummun kunnon tarkastus
Pyörinnänvalvojan puhdistus
Laakeripesien ulkoinen puhdistus
Turvallistamisen poistaminen

Paketti 2 (Työtunnit: 2, suoritusväli: 36 kk)
Turvallistaminen
Vaihteen öljynvaihto
Turvallistamisen poistaminen

Kokonaisuudessaan pakettien määrä muodostui melko sopivaksi (127 kpl). Jonkun mielestä luku voi kuulostaa suurelta, mutta täytyy huomioida, että jonkun päivän aikana saatetaan suorittaa kerralla useampi paketti ja suurin osa paketeista kuitenkin omaa suoritusvälin 12 kk tai pidempi. Tällöin hyvin suunniteltuna työnsuunnittelu ei tukehdu pakettien määrään, vaan homma toimii hyvin.

8.4.1 Oman työvoiman käyttö perustana huoltopakettien laatimisessa

Moneen kertaan on mainittu, että tehtaan omaa henkilökuntaa pyritään käyttämään mahdollisimman paljon kunnossapitotöissä, eikä ulkopuolisia resursseja käytetä ennen kuin on aivan pakko. Tätä korostetaan työssä todella paljon, mutta ei turhaan. Viime vuosina ulkopuolisia työntekijöitä on käytetty monien yksinkertaisten toimenpiteiden suorittamiseen, vaikka omia kunnossapitäjiä oltaisi voitu pyytää auttamaan joltain muulta osastolta. Näiden yksinkertaisten toimenpiteiden suorittaminen kuitenkin menee valitettavan usein siihen, että tehtaan laitosmies tekee pääasiallisesti työtä ja ulkopuoliset henkilöt ovat pikemmin vain auttavina käsinä siinä sivussa. Kaikki tämä perustuu huonoon työnsuunnitteluun. Mikäli työnsuunnittelija / työnjohtaja hoitaisi homman, kuten se pitäisi, eikä vaan aina helpoimman kautta niin tämä ajatus toimisi erittäin hyvin. Onko kyse sitten vain siitä, että aina ei ole ollut halua lähteä kyselemään toisen osaston kavereita apuun vai mistä tämä johtuu?

Huoltopaketit korostavat ajatusta oman työvoiman käytöstä niin pitkälle kuin vain pystytään. Paketit on pääasiallisesti suunniteltu siten, että niiden suorittaminen saa kestää kahden työmiehen päivän tunnit. Tämä johtuu siitä, että kohdealueen laitosmiehen avuksi saadaan varmasti joka päivä (isot muiden osastojen seisokkipäivät pois lukien) ainakin yksi mies auttamaan toimenpiteiden suorittamisessa. Toisaalta käytön tekemien töiden ajatusta on mietitty tarkkaan ja täten esimerkiksi käyttövaihteen öljynvaihto on jokaisella laitteella omana huoltopakettina. Näiden ajatuksien pohjalta muodostettujen pakettien uskotaan auttavan oman työvoiman käyttämisasteen nostamisessa suhteessa ulkopuolisiin resursseihin.

8.4.2 Huoltopakettien ryhmittely 5-vuoden jaksolle ja työkalenterin muodostaminen

Huoltopakettien muodostamisen ja niiden suoritusvälin määrittämisen lisäksi ne täytyy vielä ajoittaa vuositasolla tasaisesti eri kuukausien välillä. Tällaisen aikatauluttamisen tarve johtuu muutamasta syystä. Ensimmäinen syy on se, että monilla muodostetuista seisokkiryhmistä voidaan pitää vain yksi normaalin työpäivän pituinen laite-/linjaseisokki kuukauden aikana ja täten, kun suurin osa huoltopaketeista käsittää seisokkia vaativia töitä, niin ei ole mahdollista pitää laitteita pysähdyksissä yhtään enempää (paitsi mahdollisesti muiden osastojen yllättävien seisokkien aikana). Ajatuksella 1 seisokkipäivä / kuukausi / seisokkiryhmä, pystytään kohdealueella ajamaan linjoja siten, ettei siitä ole minkäänlaista vaikutusta itse päätuotantolinjalle. Toinen syy pakettien ryhmittelyyn on se, että koska ennakkohuolto-ohjelmaa varten tarkemmin läpi käytyjen laitteiden osuus kohdealueella toimivista laitteista on vain noin 25 %, niin tällöin ennakkohuollon ulkopuolelta tulee myös ajoittain huolto-/korjauspyyntöjä, jotka pitää hoitaa ajallaan. Täten on siis parempi, että ennakkohuoltotoimenpiteet on jaoteltuna tasaisesti kuukausille, jolloin se tarkoittaa noin yhtä suunniteltua ennakkohuoltopäivää 2 – 3 henkilöllä toteutettuna, jokaista viikkoa kohden.

Ryhmittely suoritetaan kattamaan seuraavat viisi vuotta, jolloin saadaan mahdollisimman pitkälle aikataulutettu kalenteri eteenpäin jo ennen kuin ennakkohuolto-ohjelma alkaa kunnolla toimia kentällä. Toisaalta viiden vuoden suunnitelma on hyvä myös sen takia, että joillakin huoltopaketeilla (esim. öljynvaihto) on sen verran pitkä suoritusväli, että ne eivät välttämättä tulisi edes näkymään kalenteriin, jos se olisi vain 2 - 3 vuotta eteenpäin nykypäivästä.

Lähtökohtana ryhmittelyssä on ollut tarkastella, että milloin listattuja toimenpiteitä on viimeksi suoritettu. Tämä ei kuitenkaan jokaisen toimenpiteen kohdalla ole niinkään helppoa, sillä

nykypäivänä SAP – järjestelmässä monet työtilaukset on nimetty siten, että laitteelle on työtilauksen nimen perusteella tehty vain joku tietty toimenpide, mutta todellisuudessa toimenpiteitä on tehty useita samalla kertaa. Työtilauksien nimeäminen kun ei aina ole helppoa, sillä SAP:n työtilauksen nimi - kenttään voi yhteensä kirjoittaa vain 40 merkkiä, jolloin se rajoittaa hieman tätä nimeämistä. Toisaalta taas jossain työtilauksissa on myös pitkä teksti – kenttään tarkennettu, että mitä kaikkia huoltoja samalla kertaa on suoritettu sekä komponentti listalle määritelty kaikki työssä käytetyt komponentit, joten näiden tietojen perusteella melkein aina saa varmuuden, että mitä kaikkea huolto-/korjaustoimenpide on pitänyt sisällään. Joka tapauksessa toimenpiteiden viime kerran suorittamisajankohdan ja tulevan huolto-ohjelman suoritusvälin perusteella saatiin huoltotoimenpiteet aseteltua suhteellisen hyvin siten, että uuden systeemin jalkautus vanhan jatkoksi onnistuu mahdollisimman sujuvasti ja toimenpiteet suoritetaan oikeaan aikaan suhteessa edelliseen suorituskertaan, jolloin yllättäviä toiminnallisia vikaantumisia ei pitäisi päästä tapahtumaan.

Ryhmittelyn jälkeen alettiin muodostaa työkalenteria, johon on määritelty, mitä ennakkohuoltotoimenpiteitä suoritetaan eri kuukausien aikana ja kuinka paljon resursseja (työvoimaa ja aikaa) kunkin huoltopaketin suorittaminen sitoo. Samalla jaoteltiin kuukausien sisällä olevat huoltopaketit ryhmäkohtaisesti eri viikoille, jolloin kokonaisajatus seisokkijärjestelystä ja huoltopakettien suorittamiseen vaativasta ajasta (niin työmäärä, kuin tuotannon seisahdus) saadaan paremmin esille kaikille osapuolille. Viikkokohtaisen kalenterin laatiminen osoitti, että ryhmiteltyjen huoltopakettikokonaisuuksien toteuttaminen pitäisi onnistua melko hyvin, kunhan vain työn suunnitteleminen tehdään tarpeeksi aikaisessa vaiheessa ja mietitään tarkkaan, että kuka tekee, mitä tekee, mihin aikaan tekee ja kenen kanssa tekee. Tällä tavoin suunniteltuna toimenpiteitä voidaan hyvin suorittaa saman seisokkiryhmän laitteille samaan aikaan ja tarvittaessa keskittää voimia sitten yhteen laitteeseen, jos tarve niin vaatii.

8.5 Vähemmän kriittisten laitteiden tarvittavien ennakkohuoltotoimien järjestäminen

Tuotannollisesti ei niin tärkeille laitteille (C- ja D- luokan laitteet) tarvittavien ennakkohuoltotoimenpiteiden määrittäminen on paljon kokonaisvaltaisempaa, koska kyseisten laitteiden ennakkohuoltoon ei kannata liikaa resursseja uhrata. Ennakkohuolto-ohjelma näiden laitteiden osalta tuleekin muodostua siten, että siinä on otettu huomioon tarvittavat voitelutyöt ja öljynvaihdot, erilaiset laitetyyppien vaatimat tarkastuskierrokset sekä joidenkin laitteiden osalta suoritettavat kunnonvalvontakierrokset. Kyseisille laitteille löytyy jo nyt SAP:sta ennakkohuoltotöitä valmiiksi kirjattuna, mutta niiden kohdalla on ilmentynyt sama

ongelma kuin kriittisimpien laitteiden kohdalla, eli töiden avautuminen tietokantaan tapahtuu väärään aikaan.

Näiden laitteiden kohdalla ennakkohuolto-ohjelmaa laadittaessa käytiin ensin läpi jo olemassa olevat ennakkohuoltotyöt liittyen voiteluihin, öljynvaihtoihin ja erilaisiin tarkastuksiin. Näiden tietojen perusteella pystytään rakentamaan runko vähemmän kriittisten laitteiden ohjelmalle, kunhan vaan töiden suoritusajat ja taajuudet asetetaan oikeaan tilaan. Kyseisten töiden lisäksi näille laitteille asetetaan laitetyyppikohtaisia tarkastuskierroksia, joiden säännöllinen suorittaminen ei vie liikaa aikaa, mutta joiden avulla on mahdollista tehdä huomioita kyseisten laitteiden kunnon muutoksesta. Ennakkohuolto-ohjelmaan sisällytettävät vähemmän kriittisten laitteiden tarkastus- ja voitelukierrokset sykleineen ilmenevät taulukossa 16.

Taulukko 16. C- ja D- kriittisyysluokan laitteiden kierrosluontoiset työt sykleineen.

Kierros	**Sykli**
Akselitiivistyksien ja vaihteiden öljypintojen tarkastuskierros	2 vko
Rullaketjujen voitelukierros	1 vko
Murtotapillisten ketjupyörien laakerien rasvauskierros	3 vko
Voitelulaitteiden rasvamäärän tarkastus	3 vko
Sähkötiloihin liittyvien puhaltimien toiminnan tarkastus	2 kk
Täristimien toiminnan tarkastus	3 kk
Hätäsuihkujen toiminnan tarkastaminen	1 kk
Tiivistevesien virtauksien tarkastaminen	1 vko

8.6 Varaosavaraston päivittäminen kohdealueen laitteiden osalta

Huoltosuunnitelman rakentamisen lisäksi työn yksi oleellinen osa oli varaosavaraston päivittäminen. Rajallisen ajankäytön vuoksi päivittämisen kohteeksi otettiin vain A-kriittiset laitteet, joita on yhteensä 13 kappaletta. B-kriittisille laitteille olisi myös ollut hyvä tehdä kyseinen päivittäminen, mutta silloin laitemäärä olisi noussut 71 kappaleeseen ja täten aikaa olisi kulunut todella paljon enemmän. Päivittäminen lähti liikkeelle A-kriittisten laitteiden osien eli nimikkeiden listauksesta SAP-järjestelmästä. Tämän jälkeen jokaiselle nimikkeelle selvitettiin seuraavat tiedot:

- Nimikkeen määrä laitteessa.

- Vikaantumismekanismi, eli kuinka helposti alkava vikaantuminen voidaan huomata. Tämä samalla kuvaa nimikkeen saannin tarveaikaa hajoamistilanteessa.
- Nykyinen varastointitapa, oma/toimittajan/ei varastointia.
- Varastosaldo.
- Suunniteltu toimitusaika.
- Valmistaja.
- Laitteiden määrä, joissa sama nimike on käytössä.

Kyseisten tietojen hankkiminen oli erittäin helppoa, mutta ongelman muodosti tietojen mahdollinen paikkansa pitämättömyys. Erään työsuunnittelijan mukaan varastosaldoissa saattaa joskus olla hieman heittoa ja SAP:ssa ilmoitetut suunnitellut toimitusajat eivät kaikkien nimikkeiden kohdalla pitäneet aivan paikkansa. Ennen lopullisten varastointisuosituksien listaamista joudutaan muun muassa toimitusaikoja kyselemään toimittajilta, jotta ne saatiin korjattua ja sitä kautta pohdittua nimikkeiden varastoinnin tarvetta.

Varaosien korjauksia ja kunnostuksia ei kovin tarkasti ole pohdittu analyysissä. Kyseiset tekijät on huomioitu mietittäessä esimerkiksi vaihteen yhteisvarastoinnin mahdollisuutta.

8.6.1 Varaosavaraston nykytilanne ja tulevaisuus

Kaukaalla varaosien varastointi on jaettu omaan keskusvarastoon, sekä toimittajien varastoihin. Toimittajien varastoinnissa pidetään osia, joita ei kannata itse varastoida, mutta jota käytetään kuitenkin paljon. Tällaisia ovat esimerkiksi laakerit, laakeripesät, tiivisteet ja kiilahihnat. Kyseisiä tuotteita löytyy niin paljon erilaisia kokoja ja malleja, että niiden varastoiminen itse ei ole kannattavaa, paitsi erikoistapauksissa. Joitakin erikoisempia ja tärkeitä laakereita, laakeripesiä ja tiivisteitä varastoidaan myös itse, mutta niiden määrä ei ole kovin suuri suhteessa kyseisten osien kokonaismäärään.

Omassa, tehdasalueella sijaitsevassa keskusvarastossa varastoidaan sellaisia osia, joita ei ole järkevää / ei voida pitää toimittajan varastossa ja joita käytetään kriittisimmissä laitteissa. Varastosta löytyy muun muassa sähkömoottoreita, vaihteita, viiroja, siirtoruuveja, kuljetinketjuja, siipipyöriä jne.. Esimerkiksi itse varastoitavien vaihteiden määrä on todella suuri, koska eri vaihdemalleja on käytössä todella paljon. Tämä on omanlainen ongelmansa, koska se nostaa varastonarvoa eli sitoo pääomaa. Toisaalta joidenkin tuotteiden pitäminen

omassa varastossa on täysin perusteltua, koska niiden tilausaika on selvästi pidempi kuin niiden tarveaika, mikäli vikaantuminen tuotannossa olevalle laitteelle tapahtuu.

Tässä työssä varaosien varastointia päätettiin käydä läpi, koska suoritettu laitteiden kriittisyysarviointi antaa hyvän kuvan siitä, mille laitteille varaosat tulee olla saatavilla mahdollisimman nopeasti ja mitkä taas ovat ne laitteet, jotka voivat olla pois käytöstä jos vikaantuminen tapahtuu. Varastointitarpeen määrittämisen avuksi päätettiin luoda erillinen määritysmatriisi, jonka pohjalta voidaan tehdä päätöksiä varastointiin liittyen eri laitekriittisyyden omaaville laitteille.

Varaosien varastointitarpeen määritysmatriisi

Varaosavaraston päivittämisen aluksi mietittiin, että kuinka voidaan tehdä päätöksiä siitä, mitä todella kannattaa varastoida ja mitä ei. Tätä varten kehitettiin varaosien varastointitarpeen määritysmatriisi, jonka avulla saadaan vastaus edellä esitettyyn kysymykseen. Matriisia muodostettaessa kartoitettiin avainasiat, joilla on todella merkitystä varastoimiseen. Kyseiset tekijät ovat seuraavat:

- Laitteen kriittisyys.
- Varaosan toimitusaika.
- Vikaantumismekanismi, eli kuinka helposti alkava vikaantuminen voidaan huomata. Tämä samalla kuvaa nimikkeen saannin tarveaikaa hajoamistilanteessa.

Kyseisten tekijöiden taustalla on se, että ensinnäkin kaikki toiminta tulee perustua laitekriittisyyteen. Ei-kriittisille laitteille, jotka saavat olla vikaantuneena vaikka useamman päivän, ei kannata pitää suurta määrää varaosia varastossa. Kriittisimmille laitteille taas tulee olla tarkat suunnitelmat eri nimikkeiden varastointiin liittyen, koska niiden tarpeen tullen ei monesti ole ylimääräistä aikaa hukattavaksi. Toimitusajan ja tarveajan suhde käytännössä määrittää sen, että varastoidaanko nimikettä omassa varastossa / toimittajan varastossa vai järjestetäänkö varastointia ollenkaan. Taulukossa 17 on esitetty varaosien varastointitarpeen määritysmatriisi, joka on täytetty O ja E kirjaimilla. O kirjain tarkoittaa, että varaosa tulee olla omassa varastossa ja E kirjain taas tarkoittaa ”ei varastointia”. Punainen O kirjain antaa mahdollisuuden osan varastoimiseen toimittajan varastossa, mikäli se on taloudellisesti / toiminnallisesti järkevää.

Taulukko 17 Varaosan varastointitarpeen määritysmatriisi, joka ilmoittaa kuinka varaosan varastointi hoidetaan. O = oma varasto, E = ei varastointia ja O = mahdollisuus toimittajan varastoimiseen.

Kriittisyys		A					B					C				
Dokumentointi osien osalta		Tarkat osatiedot, varastointimäärät, varastoinnissa huomioitavat asiat jne.					Tarkat osatiedot, varastointimäärät, varastoinnissa huomioitavat asiat jne.					Osaluettelo ajantasainen				
Toimitusaika / Vikaantumismekanismi		< 1 pv	1 – 3pv	3 – 7pv	7 – 14pv	14pv ➢	< 1 pv	1 – 3pv	3 – 7pv	7 – 14pv	14pv ➢	< 1 pv	1 – 3pv	3 – 7pv	7 – 14pv	14pv ➢
Piilevä vikaantuminen, huomataan vasta osan hajotessa (PV)		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	E	O	O	O	O
Vikaantuminen vaikea huomata ennen kuin hajoaminen on aivan lähellä: (VH)	< 2 pv	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	E	O	O	O	O
Vikaantuminen voidaan huomata kunnonvalvonnassa ja aikaa osan vaihdolle: (HK)	2 – 7 pv	E	O	O	O	O	E	O	O	O	O	E	E	O	O	O
	7 – 14 pv	E	E	E	O	O	E	E	E	O	O	E	E	E	O	O
Vikaantumisen alkaminen helppo huomata, aikaväli varsinaiseen hajoamiseen pitkä (yli 2vk) (HH)		E	E	E	E	O	E	E	E	E	O	E	E	E	E	E

Niiden varaosien kohdalla, joille oma varastointi on perusteltua, käydään myös läpi saman varaosan mahdollinen varastointi jollakin muulla tehtaalla. Niiden komponenttien / laitteiden kohdalla, jotka ovat Kaukaan keskusvarastossa sekä jollain muulla tehtaalla ja joita vaihdetaan harvoin, mietitään myös mahdollisuutta yhteisvarastointiin. Tällöin esimerkiksi kalliita vaihteita ei tarvitse pitää monessa eri varastossa, vaan varastointi voidaan suorittaa yhden tehtaan varastossa, josta tarvittaessa komponentti / laite kuljetetaan toiselle tehtaalle.

Varaosa-analyysin suorittaminen vie sen verran aikaa, ettei sen lopullisia tuloksia tässä työssä esitetä. Tässä vaiheessa analyysia on kuitenkin huomattu, että omassa varastoinnissa olevien kriittisten laitteiden varaosien varastointimääriä tullaan ainakin jonkun verran muuttamaan ja mahdollisesti siirtämään enemmän varaosia tehtaiden yhteiseen varastointiin, joka tarkoittaa, että kyseistä varaosaa säilytetään esimerkiksi Kymin ja Kaukaan tehtaan käyttöä varten vain yksi kappale toisen tehtaan omassa varastossa.

8.7 Suunniteltu ennakkohuolto vs. vikaantumisten korjaaminen

Monesti ajatellaan, että ennakkohuollon takia tehtailla pidettävien seisokkien vaikutus lopulliseen tuotantomäärään on negatiivinen. Todellisuudessa asia voidaan ajatella täysin toisinpäin. Alueiden päiväkohtaisten ennakkohuoltoseisokkien avulla pystytään suurimmalta osin varmistumaan laitteiden sen hetkisestä kunnosta ja mahdollisista korjaustarpeista ennen

kuin laitteet pääsevät täysin vikaantumaan. Vaikka kyseiset seisokit päivän jaksolla ajateltuna vaikuttaa tuotantomäärään negatiivisesti, niin pitkällä aikavälillä tutkiessa voidaan todeta, että näiden suunniteltujen seisokkien avulla säästytään monelta ylimääräiseltä ja yllättävältä seisokilta. Taulukossa 18 on esitettynä taloudellisia vertailuja muutamien laitteiden osien vaihdoista suunnitellusti ja yllättävän vikaantumisen seurauksena. Suunnittelemattoman työn laskenta perustuu vikaantumisen tapahtuvan viikonlopun aikana, jolloin siitä syntyy eniten kustannuksia. Liitteestä 2 löytyy tarkat laskelmat, joista selviää taulukossa 18 esitettyjen kustannusten muodostuminen.

Taulukko 18. Komponenttien vikaantumisten korjaamisen vaikutukset suunnitellun ja suunnittelemattoman suorittamisen näkökulmasta. Molemmat sisältävät niin korjauskustannukset kuin suorittamisesta syntyvät epäkäytettävyyskustannukset. Määrät eivät ole euroja, mutta suhteet ovat oikeat.

TOIMENPIDE	SUUNNITELTU	SUUNNITTELEMATON	EROTUS
Valkolipeäsuotimen laakerin vaihto	17 410	43 470	26 060
Hihnakuljettimen hihnan vaihto	900	19 380	18 480

Vertailua on esitetty vain muutamasta eri laitteesta, joista toinen on kausisointialueella ja toinen meesauunialueella, koska kohdealueen laitteiden vikaantumisilla ei ole välitöntä vaikutusta tehtaan tuotantomäärään ja täten vaikutuksia ei näe niin selvästi kyseisissä laskennoissa kaikilla laitteilla. Taulukosta voidaan kuitenkin havaita, kuinka suuri merkitys on ennakkohuollon toimivuudella, jolloin suunnittelemattomien seisokkien määrä saadaan mahdollisimman pieneksi ja täten ylimääräisiä kustannuksia karsittua.

9. SAP:n huoltostrategia – työkalu perustana ennakkohuolto-ohjelmalle

Asioiden listaamisen, ryhmittelyn ja päätöksenteon jälkeen tärkeä osa työtä, eli laadittujen huoltosuunnitelmien ja – rivien luominen SAP – järjestelmään täytyi vielä suorittaa. Alun perin tarkoituksena oli perinteiseen malliin luoda jokaiselle huoltopaketille oma huoltorivi. Tämä olisi tarkoittanut sitä, että jokaiselle toimintopaikalle olisi tehty useita huoltorivejä ja samalla myös saman toimintopaikan huoltorivien vaiheluetteloihin olisi pitänyt laittaa joitakin samoja vaiheita, kuten turvallistamiseen liittyvät työt. Tällä tavalla olisi käynyt sellainen huono asia, että ne vaiheet, joita on useammalla huoltorivillä, tulisivat ajoittain kahteen kertaan samalle päivälle, kun huoltojen suoritusajankohdat menevät ajoittain päällekkäin eri sykleistä johtuen.

SAP:n huoltostrategia – työkalun avulla huoltorivien määrä voidaan pudottaa yhteen per toimintopaikka ja tällöin päällekkäisiä vaiheita ei pääse tulemaan järjestelmään. Kyseisen työkalun idea on käytännössä samanlainen huoltopakettiajattelu, kuin mitä tässä työssä on käytetty. Huoltostrategiaan muodostetaan jokaista erillistä huoltopakettia kohden oma paketti, jolle asetetaan suoritusväli ja määritellään ensimmäisen huollon ajankohta, kuten kuva 22 näyttää. Tämän jälkeen luodaan yksi huoltorivi toimintopaikkaa kohden ja huoltorivin vaiheluetteloon listataan kaikki yhdelle toimintopaikalle suunnatut seisokkiluonteiset ennakkohuoltotoimenpiteet. Jokaisen vaiheen kohdalla valitaan erilliseltä listalta, että mihin huoltostrategian pakettiin kyseinen vaihe kuuluu, jolloin vaihe esiintyy jatkossa työtilauksessa vain silloin, kun sen paketin aika on. Mikäli huoltostrategian sisällä pakettien suoritusajankohta ajoittuu päällekkäin, järjestelmään ilmaantuu edelleenkin vain yksi työtilaus kyseiselle toimintopaikalle, jossa on kaikkien samaan aikaan toteutettavien pakettien vaiheet samalla listalla.

P...	Sykl. kesto	Yk...	Huoltosyklin teksti	L...	H...	H...	Siirt.	L...
1	3	KK.	KAU1-23 6153 7201	1	1	1	1	1
2	9	KK.	KAU1-23 6153 7201	2	1	1	1	2
3	12	KK.	KAU1-23 6153 7201	3	1	1	4	3
4	27	KK.	KAU1-23 6153 7201	4	1	1	1	4
5	27	KK.	KAU1-23 6153 7201	5	1	1	7	5
6	36	KK.	KAU1-23 6153 7201	6	1	1	25	6
7	36	KK.	KAU1-23 6153 7201	7	1	1	22	7
8	36	KK.	KAU1-23 6153 7201	8	1	1	34	8
9	12	KK.	KAU1-23 6153 4601	9	1	1	10	9
10	24	KK.	KAU1-23 6153 4601	10	1	1	10	10
11	3	KK.	KAU1-23 6153 4601	11	1	1	1	11
12	6	KK.	KAU1-23 6153 6401	12	1	1	1	12
13	12	KK.	KAU1-23 6153 6401	13	1	1	1	13
14	27	KK.	KAU1-23 6153 6401	14	1	1	1	14
15	18	KK.	KAU1-23 6153 6401	15	1	1	4	15
16	12	KK.	KAU1-23 6155 6011	16	1	1	1	16
17	18	KK.	KAU1-23 6155 6011	17	1	1	6	17
18	48	KK.	KAU1-23 6155 6011	18	1	1	23	18

Kuva 22. SAP-huoltostrategian sisältämät huoltopaketit. Määritettäviä tietoja ovat huoltopaketin sykli, huoltosyklin teksti, pakettien välinen hierarkia ja ensimmäisen ilmaantumisen siirtäminen.

Useampaan huoltostrategiaan voidaan sisällyttää kaikkien eri toimintopaikkojen huoltopaketit (20 huoltopakettia / strategia), mutta jokaiselle toimintopaikalle tulee kuitenkin luoda oma

huoltorivinsä, johon kyseisen toimintopaikan ennakkohuoltotoimenpiteet (seisokkiluonteiset) kirjataan. Eri toimintopaikkojen ja joskus myös yhden toimintopaikan sisällä on saman suoritusvälin omaavia huoltopaketteja, joille kaikille täytyy kuitenkin luoda oma pakettinsa huoltostrategiaan, koska näiden huoltopakettien suoritusajankohta eroaa toisistaan. Kuvasta 23 selviää, kuinka huoltostrategia järjestää paketit niille asetettujen suoritusvälien ja ensimmäisten huoltoajankohtien perusteella.

Strategia : KAU010 KAU1-KAUSTISOINTI

Pk	Huoltosyklin teksti	1 KK.	2 KK.	3 KK.	4 KK.	5 KK.	6 KK.	7 KK.	8 KK.	9 KK.	10 KK.	11 KK.	12 KK.	13 KK.
1	KAU1-23 6153 7201	1			1			1			1			1
2	KAU1-23 6153 7201	2									2			
3	KAU1-23 6153 7201				3									
4	KAU1-23 6153 7201	4												
5	KAU1-23 6153 7201							5						
6	KAU1-23 6153 7201													
7	KAU1-23 6153 7201													
8	KAU1-23 6153 7201													
9	KAU1-23 6153 4601										9			
1	KAU1-23 6153 4601										10			
1	KAU1-23 6153 4601	11			11			11			11			11
1	KAU1-23 6153 6401	12						12						12
1	KAU1-23 6153 6401	13												13
1	KAU1-23 6153 6401	14												
1	KAU1-23 6153 6401				15									
1	KAU1-23 6155 6011	16												16
1	KAU1-23 6155 6011						17							
1	KAU1-23 6155 6011													

Kuva 23. SAP-huoltostrategian huoltopakettien ilmaantumisten ajankohdat ensimmäisen 13 kk ajalle huoltostrategian käynnistämisestä eteenpäin.

Edellisessä luvussa mainittiin, että huoltopakettien ryhmittelyn lähtökohtana oli selvittää, koska kyseiseen huoltopakettiin liittyviä toimenpiteitä on suoritettu viimeksi. Tämän ajankohdan tiedon perusteella huoltostrategiassa on helppo siirtää pakettien alkua sellaiseen ajankohtaan, jossa se seuraavan kerran tulee suorittaa. Jos jokaiselle toimintopaikalle ja huoltopaketille olisi tehty oma huoltorivinsä, niin tällöin kaikki huoltorivit olisi pitänyt ajoittaa erikseen ja se olisi tuonut paljon lisätyötä. Lisäksi huoltostrategian käyttö selventää tietokannan tutkimista myöhemmin, koska yhtä toimintopaikkaa kohden on yhtä seisokkia kohden vain yksi huoltorivi.

9.1 Kunnossapito-ohjelman kirjaaminen SAP – järjestelmään

SAP:iin kirjattavien kunnossapitotöiden idea menee siten, että ensin pitää olla luotuna vikailmoitus tai työpyyntö, ennen kuin työtilausta pystytään tekemään. Ennakkohuoltotöissä työpyyntönä toimii huoltorivi, joka luodaan kerran järjestelmään ja sen jälkeen se jatkossa ilmaantuu esiin asetetun ajan verran ennen kun sen suorittaminen on ajankohtaista. Huoltostrategiaa käytettäessä huoltorivit luodaan aivan normaaliin tapaan, mutta niiden luomisessa käytetään hieman eri työkalua kuin sellaisten huoltorivien luomisessa, jotka eivät ole yhdistettyinä huoltostrategiaan.

Huoltostrategiaan yhdistettävien huoltorivien lisäksi työn tuloksena luodaan myös uusia huoltorivejä ja huoltoreittejä, jotka eivät ole yhdistettyinä huoltostrategiaan. On olemassa kaksi eri syytä, minkä takia joitain huoltorivejä ei yhdistetä huoltostrategiaan. Ensimmäinen syy on se, että jos laitetta kohti ei ole muuta kuin yhden syklin omaavia toimenpiteitä, niin sitä ei kannata yhdistää huoltostrategiaan, koska sillä ei saavuteta minkäänlaista etua ja tulevaisuudessa tällaisen laitteen huoltorivin päivittäminen voisi tuoda ylimääräistä työtä. Toinen syy on se, että vaikka kierrosluontoiset tarkastukset koskettavatkin useampaa laitetta, niin niiden suorittaminen tapahtuu laitteiden käynnin aikana, eikä kierrosten suorittaminen vie kauan aikaa. Kaiken lisäksi yksi tarkastuskierros saattaa koskettaa suurta määrää eri laitteita, jolloin huoltorivejä pitäisi tehdä erittäin monta, jos ne jokaiselle laitteelle tehtäisiin erikseen. Erilliset huoltorivit myös sekoittaisivat entistä enemmän järjestelmää, niiden paljouden vuoksi. Edellä mainittujen syiden vuoksi on paljon järkevämpää tehdä kierrosluontoisista töistä yksi huoltoreitti/kierros ja linkittää laitteet tähän huoltoreittiin.

Mikäli kohdealueelle tulee myöhemmin uusia laitteita tai laitteiden kriittisyydet muuttuvat esimerkiksi jonkinlaisen prosessimuutoksen johdosta, niin tällöin tulee ensin tarkastella laitekriittisyyttä ja tämän jälkeen tarvittavia kierrosluontoisia töitä joihin laite voidaan liittää. Lopuksi tarkastellaan tarvittavia ennakkohuoltotoimenpiteitä ja niiden syklejä, joiden perusteella päätetään laitteen liittämisestä SAP-huoltostrategiaan tai luodaan laitteelle yksittäinen huoltorivi.

Luodut ja päivitetyt huoltostrategiat, huoltopaketit, huoltorivit ja kierrostyöt

Taulukossa 19 on esitetty työn tuloksena syntyneen ennakkohuolto-ohjelman sisältö.

Taulukko 19. SAP-järjestelmään luotujen ja päivitettyjen huoltostrategioiden, huoltopakettien ja huoltorivien ja kierrostöiden määrät.

Huoltostrategiat	Huoltopaketit	Huoltorivit	Kierrostyöt
7	127	13	24

10. Uuden kunnossapito-ohjelman käynnistäminen kentällä

Työn viimeisenä vaiheena luotu kunnossapito-ohjelma käynnistetään kentällä suunnitelman mukaisesti. Käynnistäminen käsittää kunnossapito-ohjelman läpikäynnin kohdealueen henkilöstön kanssa, SAP – järjestelmään luotujen huoltosuunnitelmien ajoittamisen ja käynnistämisen sekä uusien kunnossapitotoimenpiteiden läpikäynnin suorittajaryhmien kanssa. Huoltosuunnitelmien oikea ajoittaminen on erittäin tärkeää, jotta kunnossapito-ohjelma lähtee oikein käyntiin ja ohjelman suorittaminen lähtee etenemään määritellyn aikataulutuksen mukaisesti. Huolto-ohjelma lähtee käyntiin lokakuussa, jolloin ensimmäiset uuden kunnossapito-ohjelman mukaiset tarkastukset ja suoritetaan. Uusien toimenpiteiden, kuten moottorin ulkoisten puhdistusten ja kierrosluontoisten töiden suorittajien kanssa käydään läpi ohjeistukset ja reitit työn suorittamista varten. Käynnistysvaiheessa tulee kaikki tarvittavat ohjeistukset käydä tarkkaan läpi työn suunnittelijoiden ja toimenpiteiden suorittajien kanssa, jolloin kenellekään ei jää mitään epäselvyyksiä töiden suorittamiseen liittyen. Koulutustoiminta uuteen kunnossapito-ohjelmaan hoidetaan suorittamalla ryhmäkohtaiset koulutukset työnjohdolle, laitosmiehille, käyttöhenkilöstölle sekä kunnonvalvontaryhmälle.

Kunnossapito-ohjelman noudattamisen seuraaminen

Jatkossa ohjelman noudattamista tulee tarkkailla esimerkiksi puolen vuoden välein, käymällä läpi eri kuukausille suunnitellut ennakkohuoltotoimenpiteet ja todellisuudessa suoritetut toimenpiteet sekä niiden suorittamisesta saadut tulokset. Myös kierrosluontoisia töitä tulee seurata ajoittain, jotta kierrosten suorittaminen jatkuu määriteltyjen syklien mukaisesti. Jatkossa on hyvä myös seurata uuden ohjelman vaikutuksia laitteiden kestävyyteen eli vähentääkö ohjelma suunnittelemattomien seisokkien määrää tulevaisuudessa.

11 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn aiheeksi oli valittu kunnossapito-ohjelman muodostaminen kaustisointi- ja meesauuni-alueelle RCM – menetelmään perustuen. Kohdealue olikin erittäin sopiva työhön, sillä sen kunnossapitotoimenpiteet vuosihuoltoseisokkien välisenä aikana ovat tähän asti olleet suurimmaksi osaksi korjaavaa kunnossapitoa. Ongelmana on myös ollut se, ettei kaikkia jo suoritettavista ennakkohuoltotöistä ole ollut SAP – järjestelmässä ja ne taas, jotka sieltä löytyvät, eivät kaikki ole ajoitettu todellisen suorittamisen mukaisesti. Varaosien varastoinnin tila on myös sellainen, jonka avulla pystytään saamaan aikaan kustannussäästöjä pitkällä aikavälillä. Tämän takia kyseisten asioiden läpikäynti kohdealueen kriittisimmille laitteille oli myös tarpeellista.

RCM – prosessin avulla saatiin järjestelmällisesti kartoitettua, mitkä laitteet vaativat tarkempaa ennakkohuoltoa, minkälaisia toimenpiteitä kullekin laitteelle täytyy suorittaa ja millaisin syklein toimenpiteitä olisi hyvä suorittaa. Uuden kriittisyysluokittelumallin avulla saatiin paljon realistisempia tuloksia, kuin mitä entiset kriittisyysluokat alueen laitteilla ovat olleet. Näin pystytään tulevaisuudessa keskittymään paremmin niihin laitteisiin, jotka todella vaikuttavat tuotannon jatkuvaan käymiseen. RCM – prosessin suorittaminen perustuu kattavaan projektiryhmään ja tämän asian tärkeys tuli myös huomattua työn suorittamisen aikana. Varaosien varastoinnin optimoinnissa on erittäin paljon tekijöitä, joita tulee ottaa huomioon ja se työ vie aikaa todella paljon.

Työn lopputuloksena saatiin aikaan todella kattava kunnossapito-ohjelma, jonka noudattamisen avulla laitteiden suunnittelemattomien katkosten määrää pitäisi pystyä vähentämään tulevaisuudessa. Ohjelman noudattaminen vaatii työnsuunnittelulta oman osansa, jotta oman työvoiman käyttöä voidaan tehostaa niissä asioissa, joissa osaamistaso siihen riittää. Kierrosluontoisten töiden SAP – järjestelmään kirjaamisen ansiosta säännölliset tarkastukset tullaan jatkossa suorittamaan oikein väliajoin, eikä täten näitä tarkastuksia tarvitse kierrosten välisinä aikoina suorittaa. Öljynvaihtojen siirtäminen kunnossapidolta käytön henkilöstölle saadaan oma kunnossapitohenkilöstö paremmin sidottua ammattitaitoa vaativiin ennakkohuoltotoimenpiteisiin.

Ohjelma antaa kaikki eväät ennakoivan kunnossapidon suorittamiselle ja täten laitteiden hyvän kunnon ylläpitämiselle. Jatkossa tulee seurata, kuinka hyvin ohjelman aikataulutuksessa on pysytty mukana ja onko toimenpiteitä paljon jäänyt suorittamatta. Samalla tulee seurata, saadaanko ohjelman suorittamisen avulla vähennettyä suunnittelemattomien seisokkien määrää tulevaisuudessa.

12 YHTEENVETO

Lähtökohta diplomityössä oli rakentaa kunnossapito-ohjelma RCM-menetelmää käyttäen, jotta kohdealueelle saataisiin listattua ja aikataulutettua tarvittavat ennakkohuoltotoimenpiteet jatkuvan tuotannollisen toiminnan takaamiseksi. Samalla laitteiden varaosien varastointia oli tarkoitus käydä lävitse.

Työn alkuvaiheessa pystyttiin jo huomaamaan, ettei kohdealueella käytännössä ollut muuta suunniteltua ennakoivaa kunnossapitoa kuin kunnonvalvonta ja voitelutyöt. Suurin osa vuosihuoltoseisokkien välisenä aikana tehdyistä töistä kuuluu korjaavan kunnossapidon piiriin. Erilaisten tarkastusten suorittaminen on aikaisemmin hoidettu käytännössä vuosihuoltoseisokeissa, jolloin ulkoisen työvoiman tarve on ollut suuri. Oman työvoiman käyttöä ei hirveästi ole pyritty tehostamaan vuosihuoltoseisokkien välissä tehtyjen töiden kohdalla.

Kunnossapito-ohjelman perustaksi laaditun kriittisyysluokittelumallin avulla saatiin erittäin hyvin kartoitettua tuotannon jatkuvuudelle ja kustannustehokkaan toiminnan suorittamiselle tärkeät laitteet. Malliin asetettujen arvioitavien tekijöiden painotuksilla saatiin nostettua esiin kohdealueen tärkeimmät tekijät, jotka olivat tuotannon menetys ja epäkäytettävyyskustannukset. Prosentuaalinen jakauma eri kriittisyysluokkien välillä muodostui juuri sellaiseksi kuin siitä odotettiinkin eli todella kriittisten laitteiden määrä tippui entiseen luokitteluun verrattuna todella paljon.

RCM – prosessin suorittaminen siihen kuuluvien vaiheiden mukaisesti takasi kattavan kunnossapito-ohjelman rakentamisen. Laadukkaan ohjelman takana on kohdealueen käyttö- ja kunnossapitohenkilöiden hyvä sitoutuminen projektiin. Valmistajien ja toimittajien tietojen yhdistäminen projektiin osallistuneiden henkilöiden kokemukseen ja laitetietouteen mahdollisti oikeisiin asioihin panostamisen. Kunnossapito-ohjelman kautta ei kunnossapitohenkilöstölle tule paljon uusia töitä, vaan sen avulla töiden suorittaminen selkeytyy entisestään ja ennakkohuoltoa tullaan jatkossa suorittamaan määrätietoisesti niin kierros- kuin seisokkiluontoisten toimenpiteiden avulla. Ohjelman sisältämien toimenpiteiden kirjaamisessa SAP – järjestelmään apuna käytetyn huoltostrategiatyökalun avulla pystytään takaamaan tulevaisuudessa selkeämpi työilmoituksien avautuminen ja niiden helpompi päivittäminen tarvittaessa.

Varaosavaraston optimointia varten laadittiin kattava määritysmatriisi, jonka avulla voidaan kartoittaa laitteiden varaosille sopivaa varastointimuotoa. Varaosa-asioiden läpikäynti vie oman aikansa ja siksi se tulee vielä jatkumaan kirjallisen työn viimeistelyn jälkeen.

LÄHDELUETTELO

AEL. 2001. Knowpulp. UPM Kaukas Intranet. Päivitetty 12/2012.

Bloom N. 2006. Reliability Centered Maintenance: implementation made simple. McGraw-Hill. ISBN 0-07-146069-1

Isbom H., kunnossapitoinsinööri, UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan sellutehdas, 53200 Lappeenranta. Haastattelu 09.07.2013.

Järviö J. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Rajamäki: KP-Tieto. ISBN 951-97101-4-0.

Järviö J., Piispa T., Parantainen T., Lappalainen M., Åström T. 2004. Kunnossapito. Rajamäki: KP-Media. ISBN 952-99458-0-9.

Järviö J., Piispa T., Parantainen T., Lappalainen M., Åström T. 2006. Kunnossapito. 3. painos. Helsinki: KP-Media. ISBN 952-99458-2-5.

Järviö J., Piispa T., Parantainen T., Åström T. 2007. Kunnossapito. 4. painos. Helsinki: KP-Media. ISBN 978-952-99458-3-2.

Kobbacy K.A.H., Murthy D.N.P. Complex System Maintenance Handbook. Lontoo: Springer-Verlag London Limited. 2008.

Konola, J. 2000. Kunnossapidon tietojärjestelmä käyttövarmuustiden lähteenä Suomen paperi- ja selluteollisuudessa. Espoo: Otamedia.

Laine H. 2010. Tehokas kunnossapito. Kerava: KP-Media.

Lampainen A., kunnossapitopäällikkö, UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan sellutehdas, 53200 Lappeenranta. Haastattelu 05.06.2013.

Maijanen M., laitosmies, UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan sellutehdas, 53200 Lappeenranta. Haastattelu 07.06.2013.

Moubray, J. 1997. Reliability-centered Maintenance. 2 ed. New York: Industrial Press. ISBN 978-0-8311-3146-2.

Opetushallitus. Edu, oppimateriaalit. Tuottava kunnossapito. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_5-4_tuottava_kunnossapito.html.

PSK 2000. Standardi PSK 7501. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. PSK standardisoimisyhdistys ry.

PSK 2003. Standardi PSK 6201 Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. PSK standardisointiyhdistys ry.

PSK. 2008. Standardi PSK 6800 Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

Rausand M., Vatn J.. Complex System Maintenance Handbook. Lontoo: Springet-Verlag London Limited. 2008.

SFS. 2001. Standardi SFS-IEC 60300-3-11 Luotettavuuden hallinta. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS. 2004. Standardi SFS-EN ISO 14001 Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja opastusta niiden soveltamisesta. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS. 2010. Standardi SFS-EN 13306. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Sokkanen Juha, laitosmies, UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan sellutehdas, 53200 Lappeenranta. Haastattelu 05.06.2013.

UPM. 2012. Kunnossapitostrategia. UPM:n sisäinen esitys – ei julkinen.

UPM. 2013a. Kaukaan esittely. UPM Kaukas Intranet. Päivitetty 23.4.2013.

UPM. 2013b. Kaukaan sellutehdas, kunnossapidon ERP-järjestelmä, SAP. Järjestelmästä tehdyt tiedon hankinnat.

UPM. 2013c. Yhtiön kotisivut. Viitattu 18.2.2012. Saatavissa: http://www.upm.com/FI/UPM/UPM-Lyhyesti/Historia/Pages/default.aspx

Viinikainen V., työnjohtaja, UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan sellutehdas, 53200 Lappeenranta. Haastattelu 31.05.2013.

LIITE 1

Kysely UPM Kaukas sellutehtaan kunnossapidon nykytilan ja tulevaisuuden tavoitetilan kartoittamiseksi.

1. Millaisena näet sellutehtaan kunnossapidon nykytilan?

2. Kuinka hyvin ennakoiva kunnossapito mielestäsi toimii tällä hetkellä?

3. Mitkä ovat suurimmat ongelmat ennakoivaan kunnossapitoon liittyen?

4. Kuinka hyvin töiden suunnittelemisessa on onnistuttu viime vuosina?

5. Kuinka hyvin omien laitosmiesten käyttäminen toisella alueella on toiminut?
   (Esim. kaustisoinnista -> kuitulinjalle, isompien töiden auttamiseen)

6. SAP & kunnossapito, kuinka hyvin tämä kombinaatio mielestäsi toimii nykypäivänä?

7. Millä osa-alueilla kunnossapidossa on onnistuttu parhaiten viime vuosien aikana?

8. Minkälaisia muutoksia tulevaisuudessa pitäisi tehdä, jotta kunnossapidon tilaa voitaisiin entisestään parantaa?

LIITE 2

Työn laskennat

Case 1, Valkolipeäsuotimen laakerin vaihto (kustannukset muutettu suhteellisiksi)

Suunniteltu vaihto		
Korjauksen kustannukset		
Korjaajien lukumäärä	3	työmiestä
Korjauksen kesto	16	h
Työn hinta (sisältää ylityöt)	700	
Osien hinta	240	
Korjauskustannukset	940	
Tuotannon menetys kustannukset		
Laite pois käytöstä	17	h
Tuotannon menetystä ajalta	9	h
Tuotannon menetys per tunti	1830	
Kustannukset tuotannon menetyksestä	16470	
Kokonaiskustannukset	17410	
Suunnittelematon korjaus		
Korjauksen kustannukset		
Korjaajien lukumäärä	3	työmiestä
Korjauksen kesto	19	h
Työn hinta (sunnuntai)	1140	
Osien hinta	240	
Korjauskustannukset	1380	
Tuotannon menetys kustannukset		
Laite pois käytöstä	31	h
Tuotannon menetystä ajalta	23	h
Tuotannon menetys per tunti	1830	
Kustannukset tuotannon menetyksestä	42090	
Kokonaiskustannukset	43470	

Case 2, Hihnakuljettimen hihnan vaihto (kustannukset muutettu suhteellisiksi)

Suunniteltu vaihto		
Korjaus kustannukset		
Korjaajien lukumäärä	2	työmiestä
Korjauksen kesto	12	h
Työn kustannukset (sisältää ylityöt)	300	
Osien hinta	600	
Kokonaiskustannukset	900	
Tuotannon menetys kustannukset		
Laite pois käytöstä	14	h
Tuotannon menetystä ajalta	0	h
Kustannukset tuotannon menetyksestä	0	
Kokonaiskustannukset		
Suunnittelematon korjaus		
Korjauksen kustannukset		
Korjaajien lukumäärä	2	työmiestä
Korjauksen kesto	12	h
Työn kustannukset (sunnuntai)	480	
Osien hinta	600	
Kokonaiskustannukset	1080	
Tuotannon menetys kustannukset		
Laite pois käytöstä	30	h
Tuotannon menetystä ajalta	5	h
Tuotannon menetys per tunti	3660	
Kustannukset tuotannon menetyksestä	18300	
Kokonaiskustannukset	19380	