

## Tukkilinjan ennakkohuolto

Jussi Kantalainen

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Paperikoneteknologian tutkinto-ohjelma, Insinööri (AMK)

Kunnossapito

Tekijä(t) Kantalainen, Jussi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2018
	Sivumäärä 46	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Tukkilinjan ennakkohuolto</b>		
Tutkinto-ohjelma Paperikoneteknologia		
Työn ohjaaja(t) Niininen, Kirsi, Kurki, Matti		
Toimeksiantaja(t) Metsä Wood, Suolahti		
Tiivistelmä <p>Työn aiheena oli tukkilinjan ennakkohuolto ja tavoitteena luoda ennakkohuoltosuunnitelma tukkilinjan laitteille. Työ tehtiin Metsä Woodin Suolahden vaneritehtaiden havutetaan tukkilinjalle. Ennakkohuoltosuunnitelman avulla on tarkoitus nostaa tukkilinjan laitteiden käyttöastetta sekä käyttövarmuutta ja lisätä ennakoivien kunnossapitotöiden osuutta kunnossapidosta. Työ kohdistettiin tukkilinjan operaattoreille käyttäjäkunnossapitoa varten, sillä käyttäjäkunnossapito on keino keventää kunnossapitohenkilöstön työtaakkaa, vähentää yllättävää vikaantumista sekä lisätä käyttöhenkilöstön osaamista ja laitetuntemusta.</p> <p>Työ on osa toimeksiantajan ennakoivan kunnossapidon kehitysprojektia. Työn alkuvaiheessa järjestettiin palaverieita, joista kerättiin materiaalia ennakkohuoltosuunnitelmaa varten. Lisäksi suoritettiin perehtymiskierroksia, joissa käytiin läpi linjan laitteet. Teoriamaateriaalia kerättiin alan internet- ja kirjallisuuslähteistä, kunnossapitohenkilöstön haastattelujen perusteella, tutustumalla olemassa oleviin valmistajien huolto-ohjeisiin ja yrityksen omaan materiaaliin. Ennakkohuoltosuunnitelman luomisessa käytettiin apuna virtaviivaistettua SRCM-menetelmää.</p> <p>Työn tuloksena saatiin ennakkohuoltosuunnitelma tukkilinjan operaattoreille. Ennakkohuoltosuunnitelmaan määritetyt toimenpiteet pyrittiin pitämään melko yksinkertaisina ja helposti toteutettavina, sillä operaattoreiden päätehtävä on tuotannossa. Lisäksi vaativia huoltotehtäviä varten pitäisi järjestää operaattoreille perehdytyksiä ja kouluttaa heille suoritettavat huoltotoimenpiteet. Luotu ennakkohuoltosuunnitelma on hyvä perusta ennakoivan kunnossapidon ja käyttäjäkunnossapidon kehittämiseksi ja sen avulla voidaan saavuttaa asennemuutos käyttäjäkunnossapitoa kohtaan.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) ODR, käyttäjäkunnossapito, kunnossapito, vaneri,		
Muut tiedot ( <a href="#">salassa pidettävät liitteet</a> )		

Author(s) Kantalainen, Jussi	Type of publication Bachelor's thesis	Date April, 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 46	Permission for web publication: x
Title of publication Preventive maintenance of log sorting line		
Degree programme Degree Programme in Paper Machine Technology		
Supervisor(s) Niinen, Kirsi, Kurki, Matti		
Assigned by Metsä Wood, Suolahti		
Abstract  <p>The topic of this thesis is preventive maintenance in log sorting line. This Bachelor was made for the log sorting line in Metsä Wood Suolahti's conifer plywood mill. The goal was to create a preventive maintenance plan for operator driven reliability in order to increase capacity utilization and reliability of the log sorting line machines. Furthermore, the plan was to make preventive maintenance a bigger part of maintenance process. This work focuses on log sorting line operators since operator driven maintenance is a way to reduce unexpected failures and to develop operator know-how and device knowledge.</p> <p>The thesis is a part of a bigger development project for preventive maintenance within the company. In the beginning of the project, meetings were held to collect material for the preventive maintenance plan. Furthermore, introduction rounds of all the log sorting line machines organised. Information on websites related to this topic and interviews of the maintenance personnel as well as manufacturers' maintenance manuals and materials provided were used to form the theoretical framework. Streamlined reliability centered maintenance method was also used to create the preventive maintenance plan.</p> <p>As a result, a preventive maintenance plan was created for the log sorting line operators. The actions included in the plan were kept relatively simple since the operators' main focus is on production and more complicated maintenance tasks would require additional trainings. The newly created maintenance plan forms a good base to develop preventive maintenance and could also change attitudes towards operator driven reliability.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) ODR, operator driven reliability, maintenance, plywood		
Miscellaneous ( <a href="#">Confidential information</a> )		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Opinnäytetyön lähtökohdat.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Yritys.....</b>	<b>5</b>
2.1	Metsä Group.....	5
2.2	Metsä Wood .....	6
2.3	Suolahden vaneritehtaat.....	6
2.4	Kunnossapito Suolahden vaneritehtailla.....	7
<b>3</b>	<b>Vaneri .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Havuvaneritehtaan vanerinvalmistusprosessi .....</b>	<b>9</b>
4.1	Tukkien vastaanotto, lajittelu ja haudonta .....	9
4.2	Pöllistä valmiiksi vaneriksi .....	10
<b>5</b>	<b>Kunnossapito.....</b>	<b>11</b>
5.1	Kunnossapidon määrittely .....	11
5.2	Luotettavuus.....	13
5.3	Ehkäisevä kunnossapito .....	14
5.3.1	Huolto .....	14
5.3.2	Kuntoon perustuva kunnossapito .....	15
5.4	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito.....	15
5.4.1	Kevennetty RCM .....	16
5.5	Korjaava kunnossapito .....	17
5.6	Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito.....	18
5.6.1	5S .....	19
5.7	Ennakkohuolto.....	20
5.8	Kunnonvalvonta .....	22
5.8.1	Aistinvaraiset havainnot .....	23

	2
5.8.2 Värähtelymittaukset .....	24
5.8.3 Voiteluaineanalyysit .....	26
5.8.4 Lämpötilan mittaukset.....	27
5.9 Käyttäjäkunnossapito .....	28
5.9.1 Käyttäjäkunnossapidon haasteet .....	31
5.9.2 Yleiset käyttäjäkunnossapidon tehtävät .....	32
<b>6 Työn suoritus.....</b>	<b>33</b>
6.1 Työn aloitus .....	33
6.2 Perehtyminen .....	34
6.3 Ennakkohuoltosuunnitelman tekeminen.....	36
<b>7 Tulokset .....</b>	<b>37</b>
<b>8 Pohdinta.....</b>	<b>39</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>42</b>
<b>Liitteet.....</b>	<b>45</b>
Liite 1. Esimerkki ennakkohuoltosuunnitelman sisällöstä .....	45
Liite 2. Tukkilinjan lay-out .....	46

## Kuviot

Kuvio 1 Metsä Group rakenne (Metsä Group, Metsän vuosi 2017). .....	5
Kuvio 2 Vanerin rakenne (PuuProffa, Vanerit 2015). .....	8
Kuvio 3 Vanerin valmistuksen vaiheet (Metsä Wood, Vanerituotteet rakentamiseen, teollisuuteen ja kotiin 2016). .....	10
Kuvio 4 Kunnossapidon vaikutuksia tuottavuuteen (Quant Service, Potentiaalinen hyödyntäminen N.d., muokattu). .....	12
Kuvio 5 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2010-standardin mukaan (Järviö & Lehtiö 2012, 46, muokattu). .....	13
Kuvio 6 Käyttövarmuuden osatekijät (Mikkonen 2009, 125, muokattu). .....	14
Kuvio 7 Tuottavan kunnossapidon elementtejä (Laine 2010, 43-44, muokattu). .....	19
Kuvio 8 Ennakoivan kunnossapidon kustannukset (Kunnossapito menestystekijä, Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät 2010). .....	21
Kuvio 9 Värähtelyn siirtymä, nopeus ja kiihtyvyys jousi-massasysteemin pisteelle a. (Mikkonen, Miettinen & Jantunen 2009, 228). .....	25
Kuvio 10 Käyttäjäkunnossapidon kehittäminen Volvon mallin mukaisesti (Laine 2010, 72, muokattu). .....	29
Kuvio 11 Esimerkki koneikon puhdistuksesta (Karvonen N.d.). .....	29
Kuvio 12 Käyttäjäkunnossapidolla vaikutetaan tuottavuuteen (Mikkonen 2009, 84, muokattu). .....	31
Kuvio 13 Ennakkohuoltosuunnitelman toteutus. ....	35
Kuvio 14 Esimerkki ennakkohuoltosuunnitelman sisällöstä. ....	38

## 1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda Suolahden vaneritehtaiden havutehtaan tukkilinjan laitteille ennakkohuoltosuunnitelma. Ennakkohuoltosuunnitelma on tarkoitus kohdistaa koneenkäyttäjien suorittamaa käyttäjäkunnossapitoa varten. Ennakkohuoltosuunnitelma on määrä muodostaa linjan laitteille tehtävistä huolloista sekä mahdollisista uusista toimenpiteistä. Ennakkohuoltoja kartoitetaan kirjallisuuslähteistä, laitevalmistajien huolto-ohjeista sekä haastattelujen perusteella.

Koska kunnossapitohenkilöstön lisäksi myös tukkilinjan operaattoreilla on tarvittavaa kunnossapito-osaamista, työssä on tarkoituksena kasvattaa operaattoreiden ennakkohuoltotöiden määrää. Opinnäytetyön tuloksena luodun ennakkohuoltosuunnitelman avulla on tarkoitus nostaa tukkilinjan laitteiden käyttöastetta sekä käyttövarmuutta ja lisätä ennakoivien kunnossapitotöiden osuutta kunnossapidosta. Käyttäjäkunnossapidonkehitys ja -käyttöönotto ovat prosesseja, jotka vaativat pitkäjänteisyyttä, joten tällä työllä ei ole mahdollista saavuttaa mitattavia tuloksia lyhyellä aikavälillä.

Työn kohteena oleva tukkilinja on vanerintuotannon kannalta kriittinen linja, sillä sen pidempiaikainen suunnittelematon seisokki voi pysäyttää koko vanerintuotannon. Tukkilinjan olosuhteet ovat haastavat, koska sääolosuhteet vaikuttavat sen toimintaan. Lisäksi sen toiminta aiheuttaa paljon roskaa, jolla taas on vikaantumista edistävä vaikutus. Näistä syistä jo pelkillä laitteiden puhdistus- ja tarkistustoimilla voidaan vaikuttaa positiivisesti linjan toimintaan. Ennakoivaa kunnossapitoa lisäämällä pystytään vaikuttamaan positiivisesti laitteiden luotettavuuteen.

Työ on osa toimeksiantajan ennakoivan kunnossapidon kehitysprojektia, jossa käydään läpi kaikki Suolahden vaneritehtaiden tuotantolinjat ja selvitetään niiden ennakkohuollon kannalta oleelliset laitteet ja komponentit. Tarkoituksena toimeksiantajan projektissa on ottaa koneenkäyttäjät mukaan huoltotoimenpiteisiin ja näin ollen kehittää käyttäjäkunnossapitoa, sillä operaattoreilla on viimeisin tieto koneen kunnosta ja normaalista toiminnasta.

## 2 Yritys

### 2.1 Metsä Group

Metsä Group on suomalainen metsäteollisuuskonserni, joka toimii kansainvälisesti. Sillä on toimintaa 30 maassa ja tuotantoa seitsemässä maassa. Metsä Groupin muodostavat Metsäliitto Osuuskunta, siihen kuuluvat Metsä Wood sekä Metsä Forest ja Metsäliitto osuuskunnan tytäryhtiöt Metsä Fibre, Metsä Tissue ja Metsä Board. Metsä Groupin emoyhtiö on Metsäliitto osuuskunta, jonka omistavat 104 000 suomalaista metsänomistajaa. (Metsä Group, Metsän vuosi 2017.)

Metsä Groupin liiketoiminta kattaa puun koko arvoketjun metsänhoidosta valmiiseen tuotteeseen. Sen valmistamien tuotteiden pääraaka-aineena on pohjoismainen puu. Tuotteita ovat muun muassa ruuanlaitto- ja pehmapaperit, kartongit, sellu ja puutuotteet. Lisäksi liiketoimintaan kuuluvat puunhankinta ja metsäpalvelut. (Mt.)

METSÄ GROUP				
LIIKEVAIHTO 5.0 MRD. EUR			HENKILÖSTÖÄ 9 100	
METSÄ FOREST PUUNHANKINTA JA METSÄPALVELUT	METSÄ WOOD PUUTUOTTEET	METSÄ FIBRE SELLU- JA SAHATEOLLISUUS	METSÄ BOARD KARTONKI	METSÄ TISSUE PEHMO- JA RUOANLAITTOPAPERIT
LIIKEVAIHTO 1,6 MRD. EUROA	LIIKEVAIHTO 0,5 MRD. EUROA	LIIKEVAIHTO 1,9 MRD. EUROA	LIIKEVAIHTO 1,8 MRD. EUROA	LIIKEVAIHTO 1,0 MRD. EUROA
HENKILÖSTÖ 850	HENKILÖSTÖ 1 400	HENKILÖSTÖ 1 200	HENKILÖSTÖ 2 350	HENKILÖSTÖ 2 800
METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100%	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100%	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 50,1%, METSÄ BOARD 24,9%, ITOCHU CORPORATION 25,0%	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 42,53% (OSUUS ÄÄNIMÄÄRÄSTÄ 62,15%)	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100%

Kuvio 1 Metsä Group rakenne (Metsä Group, Metsän vuosi 2017).

Metsä Boardin toiminta keskittyy kartongin valmistukseen, Metsä Wood valmistaa puutuotteita, Metsä Fibre keskittyy sellu- ja sahatavaraliiketoimintaan, Metsä Forest tarjoaa metsänhoitopalveluita osuuskunnan omistajajäsenille ja vastaa konsernin yhtiöiden puunhankinnasta ja Metsä Tissue valmistaa pehmo- ja ruoanlaittopapereita.

Työntekijöitä Metsä Groupissa on 9100 ja lisäksi se työllistää välillisesti tuhansia henkilöitä muun muassa hakkuu- ja kuljetusyrityksissä sekä kaupan alalla. (Mt.)

## 2.2 Metsä Wood

Metsä Wood on osa metsäteollisuuskonserni Metsä Groupia. Metsä Wood valmistaa puutuotteita rakennus-, teollisuus- ja jakeluasiakkaiden tarpeisiin. Tärkeimmät tuotteet ovat vaneri, sahatavara ja Kerto® eli liimapuu. Metsä Woodilla on kuusi tuotantolaitosta, joissa on yhteensä noin 1500 työntekijää. Yhtiön liikevaihto oli 0,5 miljardia euroa vuonna 2017. Tuotteidensa raaka-aineena Metsä Wood käyttää korkealaatuista ja uusiutuvaa pohjoista puuta. (Metsä Wood, Yritys 2016.)

Metsä Woodin pääkonttori sijaitsee Espoossa ja sillä on 6 tuotantolaitosta, joista 3 sijaitsee Suomessa. Punkaharjulla sijaitsee Kerto® LVL- ja koivuvaneritehdas, Lohjalla Kerto® LVL-tehdas ja Suolahdessa havu- ja koivuvaneritehtaat. Vuonna 2016 yhtiö tuotti Kerto® LVL-liimapuuta 210 000 m<sup>3</sup>, koivuvaneria 110 000m<sup>3</sup> ja havuvaneria 140 000m<sup>3</sup>. Noin 80% tuotteista valmistettiin vientiin. (Metsä Group esitysmateriaali 2017.)

## 2.3 Suolahden vaneritehtaat

Suolahden vaneritehtaat on perustettu vuonna 1920. Tehtaat ovat toimineet useilla eri nimillä, kuten Metsä-Serla ja Finnforest Oy. Finnforest nimellä tehtaat toimivat vuodesta 1990 vuoteen 2006 saakka, jonka jälkeen ne siirtyivät Metsäliitto Osuuskunnan omistukseen. (Suolahden vaneritehtaiden esitysmateriaali 2017.)

Suolahden vaneritehtailla on sekä havu- että koivuvaneritehdas. Lisäksi tehtaisiin kuuluu jalostetehdas, jossa jatkojalostetaan pääasiassa koivuvaneria. Tehtailla tuotetaan noin 55000m<sup>3</sup> koivuvaneria ja 150000m<sup>3</sup> havuvaneria. Tehtaat työllistävät yhteensä noin 460 henkilöä, joista noin 260 työskentelee havutehtaalla ja 180 koivutehtaalla. Lisäksi tehtailla työskentelee henkilöitä hallintotehtävissä. Suolahden vaneritehtaiden lisäksi alueella toimii myös voimalaitos Kumpuniemen Voima Oy. (Mt.)

## 2.4 Kunnossapito Suolahden vaneritehtailla

Aiemmin Suolahden vaneritehtailla kunnossapidosta on vastannut Metsä Woodin oma kunnossapitohenkilöstö. Syyskuussa 2017 kunnossapito ulkoistettiin Quant Servicelle. Kunnossapidon työntekijöitä Quant Servicella on Suolahden vaneritehtailla 34 henkilöä. (Quant Service, Quant and Metsä Wood have agreed on next step 2017.)

Quant Service on yritys, joka tuottaa maailmanlaajuisesti teollisuuden kunnossapitopalveluita. Quant Service syntyi vuoden 2014 lopussa, kun Nordic Capital osti ABB-yhtymältä yli 25 vuoden ajan kunnossapidon alalla toimineen ABB Full Servicen. Quant Servicen pääkonttori sijaitsee Tukholmassa ja sillä on yli 300 toimipaikkaa ympäri maailman. (Quant Service, Historia N.d.)

## 3 Vaneri

Vaneri on puutuote, joka koostuu vähintään kolmesta ristiinliimatusta ohuesta puuviilusta. Yleensä viilujen lukumäärä on pariton. Ristiinliimauksessa viilut ladotaan siten, että päällekkäisten viilujen syysuunnat ovat kohtisuorassa toisiaan vasten. Vanerin lujuuden lisäämiseksi on myös erikoisrakenteita, joissa on päällekkäin samansuuntaisia viiluja. Rakenteensa ansiosta vanerilla on erittäin hyvät lujuus- ja jäykkyysominaisuudet. Lisäksi vanerilla on hyvä virumiskestävyys. (Vanerituotteet ja niiden ominaisuudet 2017, 43-45.) Ristiinliimattu vanerirakenne on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2 Vanerin rakenne (PuuProffa, Vanerit 2015).

Suomessa valmistettavia vanereita ovat havu-, koivu- sekä combivaneri. Combivanerin valmistuksessa on käytetty sekä koivu- että havuviiluja. Koivuvanerin kaikki viilut ovat koivua. Havuvanerin valmistuksessa käytetään ainoastaan havupuuta, yleisimmin kuusta. (Vanerituotteet ja niiden ominaisuudet 2017, 43.) Vanerin valmistusprosessin tuottavuutta mitataan käyttösuhteella, joka ilmaisee montako kuutiometriä tukkeja tarvitaan yhteen kuutiometriin valmista vaneria. Yhteen kuutiometriin koivuvaneria tarvitaan 2,86 kuutiometriä koivutukkeja ja kuutiometriin havuvaneria tarvitaan 2,22 kuutiometriä havutukkeja. (Vanerin valmistustekniikka 2017, 47.)

Vanerilla on lukuisia käyttökohteita, joista merkittävimmät ovat rakentaminen, kuljetusvälineiteollisuus, pakkaaminen ja huonekalut. Hyvästä painon ja lujuuden suhteesta johtuen, sillä on useita erikoiskäyttökohteita teollisuudessa. (Kekki 2017, 38.) Vanerin käyttökohteita ovat kuljetusvälineiteollisuudessa ajoneuvojen lattiat, kuljetuslavat ja alusten kannet. Rakennusteollisuudessa vaneria käytetään niin rakennusmateriaalina kuin rakentamisen apuvälineenä jalankulkusilloissa, rakennustelineissä ja betonivalumuoteissa. (Metsä Wood, Tuotteet 2016.)

## 4 Havuvaneritehtaan vanerinvalmistusprosessi

### 4.1 Tukkien vastaanotto, lajittelu ja haudonta

Suolahden vaneritehtailla havuvanerin valmistus alkaa tukkilinjalta, jossa tapahtuu tukkien vastaanotto ja lajittelu. Tukit puretaan autosta kurottajalla joko varastoken-  
tälle odottamaan myöhemmin tapahtuvaa lajittelua tai suoraan tukkipöydälle (Vane-  
rin valmistustekniikka 2017, 48). Tukkipöytä koostuu sivusiirtokuljettimista 1 ja 2, joi-  
den tehtävänä on siirtää tukit porrasannostimeen ja toimia tuotantoa tasaavana väli-  
varastona (Huolto- ja säätöohje 1990).

Porrasannostin on kuljetin, joka koostuu kiinteistä portaista sekä niiden välissä olevista  
hydraulisyylintereillä liikuteltavista portaista. Porrasannostin kuljettaa tukit pitkittäis-  
kuljettimelle 1 sekä erottelee tukit toisistaan helpottamaan operaattorin suorittamaa  
visuaalista laatuluokittelua. Laatuluokittelussa tukkilinjanoperaattori lajittelee tukit  
kelpaaviin tukkeihin tai laadultaan viallisiin tukkeihin. Yleisimpiä visuaalisen luokitte-  
lun vikoja tukeissa ovat latvamutkat, alimitat, lahot ja lenkous (Pajuoja & Räsänen  
2017, 26).

Tukkien pitkittäiskuljetin 1 kuljettaa tukit tukkimittarin lävitse seuraavalle tukkienpit-  
kittäiskuljettimelle 2. 3D-tukkimittari suorittaa lajittelun mittoihin perustuen mittaa-  
malla tukkien pituuden, tilavuuden ja latvahalkaisijan (Vanerin valmistustekniikka  
2017, 49). Esimerkiksi pituudeltaan väärän mittaiset sekä halkaisijaltaan liian pienet tai  
suuret tukit karsitaan pois ja ohjataan omaan raakkilokeroonsa.

Tukkien pitkittäiskuljetin 2 kuljettaa tukit tyvisievistäjälle, jonka tehtävänä on sievistää  
tyvestään paksummat tukit pyöreän muotoisiksi. Tyvisievistäjältä tukit kulkevat pitkit-  
täiskuljettimen 3 kautta kuorimakoneeseen, jossa tukeista poistetaan kuori. Kuorin-  
nassa tukin pinnasta poistuu myös muu ylimääräinen aines, kuten kivet (Mts. 50).

Kuorinnan jälkeen tukit menevät metallinilmaisinkuljettimelle, joka kuljettaa tukin me-  
tallinilmaisimen lävitse. Metallinilmaisimella havaitsee metallia sisältävät tukit ja poistaa  
ne tuotannosta. Tämän jälkeen kelpaavat pitkät tukit menevät katkaisusahalle, jossa  
ne katkaistaan kahdeksi 260 cm pituiseksi sorvitukiksi eli pölliksi. Lyhyet tukit ohittavat  
sahan, sillä ne ovat jo valmiiksi oikeassa mitassa. Kun tukit ovat oikean mittaisia, ne

kulkevat vielä kuljetinta pitkin pöllimittarin lävitse. Pöllimittarin tehtävänä on lajitella tukit niiden muotojen perusteella haudonta-altaaseen. Haudonta-altaassa tukkeja haudutetaan noin 40°C lämpöisessä vedessä. Haudonnan tarkoitus on nostaa tukin sisälämpöä, jolloin puusta tulee pehmeämpi ja se on helpommin sorvattavaa. Puun haudutusaika on yleensä noin vuorokauden. (Mts. 49-50.)

## 4.2 Pöllistä valmiiksi vaneriksi

Haudonnan jälkeen mittarin lajittelemat pöllit nostetaan tukkinostimella hautomoaltaasta kahdelle eri sorville niiden muotojen mukaan. Sorvilla pöllit sorvataan ohueksi viiluksi. Havuvanereissa käytettävät viilut ovat nimellispaksuudeltaan 2,0-3,2 millimetriä, kun taas koivuvanereissa käytettävä viilu on nimellispaksuudeltaan 1,5 millimetriä (Vanerituotteet ja niiden ominaisuudet 2017, 43).



Kuvio 3 Vanerin valmistuksen vaiheet (Metsä Wood, Vanerituotteet rakentamiseen, teollisuuteen ja kotiin 2016).

Sorvauksessa karojen välissä olevaa pöllä pyöritetään terää vasten, jolloin terä leikkaa tukin viilumatoksi. Sorvattu viilu leikataan, jonka jälkeen se kuivataan viilunkuivauslinjalla. Haluttu kosteusprosentti on havuviilulla 6-8 %. Kuivauksen jälkeen viilut lajitellaan pintaviiluihin, keskimmäisiin laatuihin, saumattaviin ja uudelleen kuivataviin viiluihin. Laadultaan hyvät viilut ovat valmiita ladontaan. Huonolaatuisista viiluista liimataan saumauslinjalla halutun levyisiä arkkeja. Saumauksen tarkoituksena on hyödyntää viilu mahdollisimman tehokkaasti. (Vanerin valmistustekniikka 2017, 58-63.)

Ladonnassa viilun pinnalle levitetään fenoliliima kuljettamalla viilu liimavalssin lävitse. Viilut ladotaan päällekkäin vaneriaihioiksi, jotka koostuvat pinta- sekä väliviiluista. Pääsääntöisesti päällekkäisillä viiluilla on ristikkäinen syysuunta. Ladonnasta

aihionippu siirretään esipuristimeen, jossa koko nippua puristetaan kerrallaan. Esipuristimesta aihiot siirretään edelleen kuumapuristimeen. Kuumapuristimessa aihiot puristetaan yksittäin noin 125-170 °C lämpöisten lämpölevyjen välissä. Puristusaine on yleensä noin 10-15 bar. Puristusaika vaihtelee levyn paksuuden mukaan. (Mts. 84-87.) Puristuksen jälkeen vaneri sahataan haluttuun mittaan ja hiotaan haluttuun paksuuteen. Hionnalla vanerin pinnasta pyritään saamaan sileä ja tasainen (Mts. 95). Hionnan jälkeen vaneri voidaan tarvittaessa pinnoittaa tai maalata. Valmiit vanerit paketoitetaan ja ne ovat valmiita toimitettavaksi asiakkaalle. Pakkausmateriaalina voidaan käyttää ohutta vaneria, pahvia tai muovikäärettä. (Mts. 96-97.)

## 5 Kunnossapito

### 5.1 Kunnossapidon määrittely

Kunnossapidolla huolehditaan rakennusten, laitteiden ja koneiden kunnosta siten, että tuotanto voi tapahtua olosuhteissa, jotka ovat edullisimmat nettotuottojen, ympäristön, laadun ja turvallisuuden kannalta. Onnistuakseen kunnossapito vaatii kykyä erilaisten laitteiden kunnonvalvontaan, huoltoon ja korjaukseen. (Aalto 1997, 13.)

Kunnossapito on määritelty SFS-EN 13306:2010-standardissa seuraavasti:

*”Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeen johdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon”* (SFS-EN 13306:2010).

Yleensä kunnossapito ymmärretään huolto- ja korjaustoimintana, jonka suorittajia ovat kunnossapito-osaston tai ulkopuolisen kunnossapitopalvelun työntekijät. Kun kunnossapidon tavoitteeksi asetetaan KNL:n eli tuotannon kokonaistehokkuuden nostaminen ja tuottavuuden parantaminen, on tuotannon osallistuttava tiiviisti kunnossapitoon. Tällöin puhutaan usein käynnissäpidosta. (Laine 2010, 218.) KNL muodostuu kolmesta osatekijästä, jotka ovat käytettävyyden, toiminta-asteen ja laatu. Käytettävyyden K-kertoimella ilmaistaan kuinka tehokkaasti työaika on käytetty. Toiminta-

asteen N-kertoimella ilmaistaan tuotantotoiminnan tehokkuus ja laadun L-kertoimella ilmoitetaan, kuinka suuri osuus tuotteista voidaan toimittaa markkinoille. (Järviö & Lehtiö 2012, 59.)

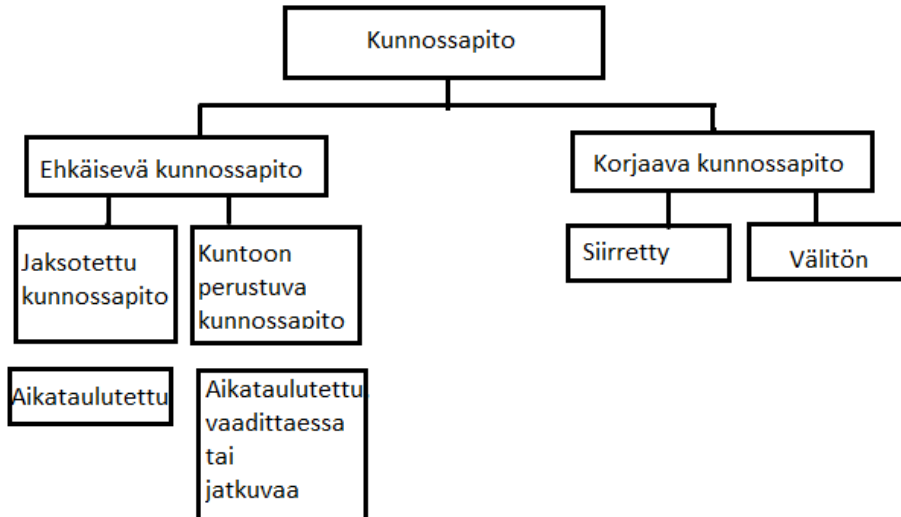
Teknisen suorittamisen lisäksi kaikki huolto- ja korjaustoimintaan liittyvät hallinnolliset ja johtamisen toimenpiteet kuuluvat myös kunnossapitoon (Mikkonen 2009, 26). Alla olevassa kuviossa 4 on kuvattu kunnossapidon vaikutusta tuottavuuteen.

<b>Kunnossapidon vaikutukset</b>
Turvallisuus
Energiatehokkuus
Laitteiston kokonaistehokkuus
Laitteiston käyttöikä
Laitteiston käytettävyys
Laitteiston toimintavarmuus
Vaatimustenmukaisuus

Kuvio 4 Kunnossapidon vaikutuksia tuottavuuteen (Quant Service, Potentiaalinen hyödyntäminen N.d., muokattu).

Kohteen kunnossapitotarve määräytyy useiden tekijöiden joukosta. Kunnossapitotarpeeseen vaikuttavat usein kohteen kriittisyys, tekniset ratkaisut ja ympäristöolot. Kunnossapitoa suoritetaan myös lainsäädännöllisistä syistä ja turvallisuussyistä. Esimerkiksi hisseillä sekä paineenalaisilla laitteilla tulee olla huoltosuunnitelma, jonka toimintaa seurataan ja tehdyt korjaustoimet kirjataan. (Heinonkoski 2013, 13.) Koh-

teen kunnossapidon tarve määrittää, minkä kunnossapitolajin mukaista kunnossapitoa suoritetaan. Alla olevassa kuviossa 5 on esitetty kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2010 standardin mukaan.



Kuvio 5 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2010-standardin mukaan (Järviö & Lehtiö 2012, 46, muokattu).

## 5.2 Luotettavuus

Laitteiden luotettavuudella tarkoitetaan todennäköisyyttä, jolla tarkastettava kohde pystyy toimimaan vikaantumatta määritetyissä olosuhteissa ja määritetyllä kuormituksella. Luotettavuudesta puhuttaessa käytetään usein myös termiä käyttövarmuus. Käyttövarmuus koostuu toimintavarmuudesta, kunnossapidettävyydestä ja kunnossapitovarmuudesta. Käyttövarmuudella tarkoitetaan laitteen kykyä toimia vikaantumatta sekä huolto-organisaation kykyä järjestää edellytykset kunnossapidolle. Käyttövarmuus on riskien hallintaa, jolla eri keinoin pyritään minimoimaan satunnaisten vikaantumisten määrä ja niiden seuraukset. (Mikkonen 2009, 125-126.) Käyttövarmuuden osatekijät on esitetty kuviossa 6.



Kuvio 6 Käyttövarmuuden osatekijät (Mikkonen 2009, 125, muokattu).

### 5.3 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteena on vähentää koneen tai sen osan toimintakyvyn heikkenemistä tai vikojen esiintymisen todennäköisyyttä. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat tehtävät suunnitellaan ja aikataulutetaan tulosten perusteella. Ehkäisevä kunnossapito voi olla säännöllistä tai sitä voidaan tehdä tarvittaessa. (Järviö & Lehtiö 2012, 50.)

Ehkäisevän kunnossapidon toimia ovat muun muassa tarkastaminen, kuntoon perustuva kunnossapito, määräystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen ja toimintakunnon toteaminen, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi (Mts. 50).

#### 5.3.1 Huolto

Huolto on jaksotetun kunnossapidon toimenpide, jolla estetään vaurioiden syntymisen ja pidetään yllä käyttöominaisuuksia. Huolto on yleensä jaksotettua toimintaa, jolla palautetaan laitteen toimintakyky ennen todellisen vian syntymistä. Jaksotettua kunnossapitoa toteutetaan ennalta määritetyn ajan välein. Aikaväli määräytyy käyttöajan tai -määrän mukaan. Lisäksi tulee huomioida käytön rasittavuus jaksotetun kunnossapidon toteuttamista suunniteltaessa. Huoltoa ei ole esitetty kuviossa 5, sillä SFS-EN 13306:2010-standardista puuttuu huollon määritelmä. (Järviö & Lehtiö 2012, 49.)

Jaksotettu kunnossapito sisältää seuraavia toimia: toimintaedellytysten vaaliminen ja käyttäjäkunnossapito, puhdistus, voitelu, huoltaminen, kalibrointi, kuluvien osien vaihtaminen ja toimintakyvyn palauttaminen. Kunnossapidon tehtävät jaksotetussa ja ehkäisevässä kunnossapidossa ovat osittain päällekkäisiä. (Mts. 50.) Laitteiden ja kokonaisten tuotantolinjojen häiriöttömän toiminnan varmistaminen on helpointa ja halvinta säännöllisen huollon avulla (Huolto- ja säätöohje 1990).

### 5.3.2 Kuntoon perustuva kunnossapito

Kuntoon perustuvalla kunnossapidolla tarkoitetaan ehkäisevää kunnossapitoa, joka sisältää tarkastamista, testausta tai kunnonvalvontaa sekä näiden tulosten analysointia. Kuntoon perustuva kunnossapito ei perustu kalenteriin vaan havaittuun tarpeeseen. (Järviö & Lehtiö 2012, 53.)

Kuntoon perustuva kunnossapito sisältää kunnonvalvonnan ja kuntoon perustuvan suunnitellun korjauksen. Kohteen toimiessa tai seisokin aikana voidaan toteuttaa kunnonvalvontaa. Sen avulla etsitään vikoja, jotka ovat oireilleet tai vaihtoehtoisesti todetaan kohteen toimintakuntoisuus. (Mts.50.)

## 5.4 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Kunnossapidon haasteena pidetään ehkäisevän kunnossapidon suunnittelua. Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu on tyypillisesti pohjautunut valmistajien ohjeisiin sekä omiin kokemuksiin. Seurauksena tästä kunnossapitotöitä on merkittävästi liikaa. Mikkosen ja Komosen (2009, 75) mukaan englantilainen John Moubroy esittää, että jopa 40% ehkäisevästä kunnossapidosta on tarpeetonta.

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito eli RCM (Reliability Centered Maintenance) on hyväksi koettu menetelmä ennakoivan kunnossapidon suunnittelussa. Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon tavoitteena on kohdentaa kunnossapitotoimet aiempaa paremmin ja varmistaa laitteiden korkea luotettavuus. (Laine 2010, 126.) RCM-menetelmällä pyritään analyysien avulla valitsemaan laitteille toimenpiteet, joilla

mahdollistetaan laitteiden häiriötön toiminta mahdollisimman vähäisillä kunnossapitotöillä vaarantamatta laitteen tai laitoksen toimintaa (Mikkonen & Komonen 2009, 75).

RCM-menetelmän voidaan ajatella lisäävän kunnossapitoa, mutta todellisuudessa sen avulla poistetaan turhat toimenpiteet ja kohdistetaan toiminta oleelliseen. Tämän mahdollistaa toiminnan systemaattisuus. (Mts. 75.) RCM-analyysillä selvitetään laitteen toiminnot ja suorituskykyvaatimukset, toiminnalliset viat, vikaantumismallit, vian vaikutukset, vian seuraukset, ennakoivat toimenpiteet ja korjaavat toimenpiteet (Mikkonen & Kautto 2009, 147).

RCM-analyysissa on huomioitava seuraavat tekijät:

1. *“Kaikki tuotantolinjan komponentit eivät ole yhtä kriittisiä tuottavuuden kannalta. Suurin huomio on kiinnitettävä sellaisten komponenttien kunnossapitoon, joiden vaikutus koko tuotantolinjan tehokkuuteen ja tuottavuuteen on suurin.”*
2. *“Järjestelmän luotettavuus ei ole koskaan suurempi kuin toiminnon epäluotettavimman komponentin. Ensimmäinen askel kohti huippuluotettavuutta on siis määrittellä yksittäisten osien luotettavuus.”*
3. *“Kustannustehokkain kunnossapitostrategia perustuu sen varmistamiseen, että komponenttien luotettavuus saadaan pysymään suunnitellulla tasolla siinä toimintaympäristössä, missä laitetta käytetään.”*

(Laine 2010, 127.)

#### 5.4.1 Kevennetty RCM

RCM-prosessi on toimiva ja tehokas ennakoivan kunnossapidon menetelmä, mutta se koetaan usein turhan raskaaksi etenkin teollisuuskäytössä vanhoille laitoksille. Tästä syystä on kehitetty erilaisia kevennettyjä versioita RCM-menetelmästä, kuten SRCM (Streamlined Reliability Centered Maintenance) ja ARCM (Applied Reliability Centered Maintenance). Kevennetyissä menetelmissä kyse on siitä, että karsitaan tarkasteltavien laitteiden määrää ja näin kevennetään työmäärää. (Mikkonen & Komonen 2009, 77-78.)

RCM-menetelmän keventäminen tapahtuu kohdistamalla analyysi vain kriittisimmille laitteille. Kevennetty RCM ei vaadi onnistuakseen suurta toteutusryhmää, sillä RCM-projektin vaiheiden toteutuksessa voidaan hyödyntää kyseisen laitteen vikaantumishistoriaa tai vastaavien laitteiden vikaantumishistoriaa sekä laitevalmistajien huolto-ohjeita. Parhaat tulokset analyysilta saadaan, kun laitteiden suunnittelijat sekä niiden käyttäjät ja kunnossapitäjät osallistuvat analyysin tekoon. Kevennettyä RCM-menetelmää ei pidetä yhtä luotettavana kuin perinteistä RCM-prosessia. Kaikista kriittisimpiin kohteisiin sen käyttäminen ei ole järkevää, mutta esimerkiksi vanhoille linjoille se on taloudellisesti kannattavampaa kuin perinteinen RCM-prosessi. (Mts. 78.)

## 5.5 Korjaava kunnossapito

Korjaavaa kunnossapitoa suoritetaan, kun vika on havaittu. Sen tavoitteena on palauttaa vikaantunut laite toteuttamaan vaadittua toimintoa. Koneen vikaantunut osa tai komponentti palautetaan käyttökuntoon eli korjataan korjaavan kunnossapidon keinoin. (Järviö & Lehtiö 2012, 51.)

Korjaava kunnossapito voi olla häiriökorjausta tai kunnostusta. Häiriökorjaus on suunnittelematonta ja kunnostus ennalta suunniteltua toimintaa. Osan tai komponentin elinikä voidaan laskea korjaavan kunnossapidon suoritusaikojen avulla. Vian määrittäminen, tunnistaminen, paikantaminen, korjaus ja väliaikainen korjaus sekä toimintakunnon palauttaminen sisältyvät korjaavaan kunnossapitoon. (Mts. 51.)

Korjaavan kunnossapidon toimintatavoitteita ovat väliaikainen korjaus, toimintakyvyn entiselleen palauttava korjaus ja parantava korjaus. Väliaikaisen korjauksen tarkoituksena on palauttaa kohde toimintakuntoon mahdollisimman pienellä toimintakatkosajalla. Toimintakyvyn entiselleen palauttava korjaus voi tapahtua korjaamalla vikaantunut laite paikan päällä, vaihtamalla vikaantunut laite kunnossa olevaan tai korjaamalla laite erillisessä korjausyksikössä. Parantavan korjauksen tarkoituksena on estää vian toistuminen. (Aalto 1997, 28.)

Korjaava kunnossapito on määritetty SFS-EN 13306:2010-standardissa seuraavasti:

*”Siirretty korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota ei suoriteta välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, vaan sitä viivästetään annettujen ohjeiden mukaisesti” (SFS-EN 13306:2010).*

*”Välitön korjaava kunnossapito on korjaavaa kunnossapitoa, joka suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen, vaan sitä viivästetään annettujen ohjeiden mukaisesti” (SFS-EN 13306:2010).*

## 5.6 Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito eli TPM (Total Productive Maintenance) on kunnossapitomenetelmä, joka kuvaa kokonaisnäkemystä kunnossapidon vaikutuksista tuotannossa. TPM-ohjelmassa koko organisaatio sitoutuu ylläpitämään, kehittämään ja huoltamaan tuotantokapasiteettia parantaakseen kustannustehokkuutta ja kohottaa tuotannon kokonaistehokkuutta. (Laine 2010, 41-42.)

TPM:n tavoitteena on pitää laitteet huippukunnossa sekä vähentää laiterikkoja. Tähän pyritään tekemällä koneista huolehtimisesta osa päivittäistä rutiinia. Käyttökäyttöön taitoja kehitetään jatkuvasti, jotta laitteita pystytään käyttämään mahdollisimman hyvin. (Mikkonen & Komonen 2009, 80.)

TPM-prosessi on suunniteltava erikseen kunkin tuotantolaitoksen tarpeiden mukaiseksi. Tietyt toimenpiteet sisältyvät kuitenkin aina TPM-ohjelmaan. Näitä toimenpiteitä ovat muun muassa tavoitteiden asettaminen laitteiston tehokkuuden maksimoimiseksi ja laitteiston eliniän kattavan kunnossapito-ohjelman luominen. (Laine 2010, 43.)

Pelkästään laitteiden huolellinen kunnossapito ei riitä aikaansaamaan TPM-prosessilta haluttuja tuloksia. Alla olevassa kuviossa 7 on esitetty elementtejä, joita organisaation on hyvä ottaa huomioon prosessia kehittäessään.

Tuottavan kunnossapidon elementtejä
Kunnossapito tarpeen vähentäminen
Koneita kehittävä kunnossapito
Laatua parantava kunnossapito
Ehkäisevä kunnossapito ja kunnon valvonta
Korjaava kunnossapito
Mittaaminen
Raaka-aineen käyttösuhteen parantaminen
Koulutus
Työympäristön siisteys
Henkilöstön aktiivisuus

Kuvio 7 Tuottavan kunnossapidon elementtejä (Laine 2010, 43-44, muokattu).

### 5.6.1 5S

5S on TPM:n perustyökalu, jolla luodaan tuotantolaitokseen siisteys ja järjestys järjestelmällisellä kehitysprosessilla. 5S:n tavoitteena on lisätä henkilöstön osallistumista siisteydestä huolehtimiseen, parantaa työ- sekä paloturvallisuutta, vähentää työtapa-turmia sekä kohottaa työn ja toiminnan laatua. 5S luo toimintatavan, joka ennaltaehkäisee ongelmien syitä ja auttaa jokapäiväisten ongelmien ratkaisussa. 5S on keino edistää ennakoivaa kunnossapitoa. (Laine 2010, 81.)

Alun perin japanilainen 5S-menetelmä koostuu viidestä vaiheesta, joiden nimet alkavat japanin kielessä s-kirjaimella. Suomeksi vaiheiden nimet ovat seuraavat:

- *Lajittele ja erottele*
- *Järjestä ja määritä rajat*
- *Puhdista ja kiillota*
- *Aseta standardit*
- *Ylläpidä ja pidä kiinni säännöistä.*

(Mts. 82.)

Ensimmäisessä vaiheessa 5S-prosessia poistetaan kaikki turhat tavarat ja työkalut työpisteiltä. Tavarat, joiden tarpeellisuudesta ei voida olla varmoja, sijoitetaan väliaikaisesti perustettavalle karanteenialueelle. Toisessa vaiheessa määritetään jokaiselle työkalulle paikat ja merkitään ne. Työkalut on hyvä sijoittaa sinne, missä niitä tarvitaan eniten. Paikkojen merkintä tehdään, jotta puutteet on helpompi havaita. (Leppänen 2017.)

Kolmannessa vaiheessa puhdistetaan työkalut ja varmistetaan niiden toimintakunto. Toimintakunnon tarkistus on tärkeää, sillä rikkinäinen työkalu ei ole hyödyllinen. Neljännessä vaiheessa vakioidaan tavoitetila siisteydelle esimerkiksi valokuvien avulla. Vakioinnin tarkoituksena on luoda tilanne, jossa työpiste näyttää eri käyttäjien mielestä samanlaiselta. Toisin sanoen neljännellä vaiheella pyritään poistamaan työntekijöiden oma mielipide siitä, milloin työpiste on siisti. (Mt.)

Viidennessä vaiheessa ylläpidetään siisteyttä. Siisteyttä valvotaan säännöllisesti tarkistuskierroksilla. Tarkastusvälin on oltava riittävän lyhyt, jotta tavoitetilan palauttamisesta ei tule liian haastavaa. Tarkastukset on hyvä suorittaa samojen henkilöiden toimesta, jolloin tulokset pysyvät vertailukelpoisina. (Mt.)

5S-ohjelma keskittyy työskentelyolosuhteiden seurantaan. Sen avulla tehostetaan tuottavuutta ja työviihtyvyyttä sekä edistetään työturvallisuutta. Ohjelman jatkuva kehittäminen auttaa luomaan ennaltaehkäisevän toimintatavan, jossa minimoidaan ongelmia ja niiden syitä. (Laine 2010, 81.)

Onnistunut 5S toteutetaan yhdessä työpisteen työntekijöiden kanssa. 5S-projekti on tärkeää aloittaa aina ensimmäisestä vaiheesta. Ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä on edellisen vaiheen oltava valmis. Jotta 5S on onnistuneesti valmis, kaikkien vaiheiden tulee olla tehtyinä. Onnistuneen projektin jälkeen on hyvä suorittaa uusi kierros alusta alkaen, jolloin edellisellä kierroksella saatuja tuloksia voidaan parantaa. (Leppänen 2017.)

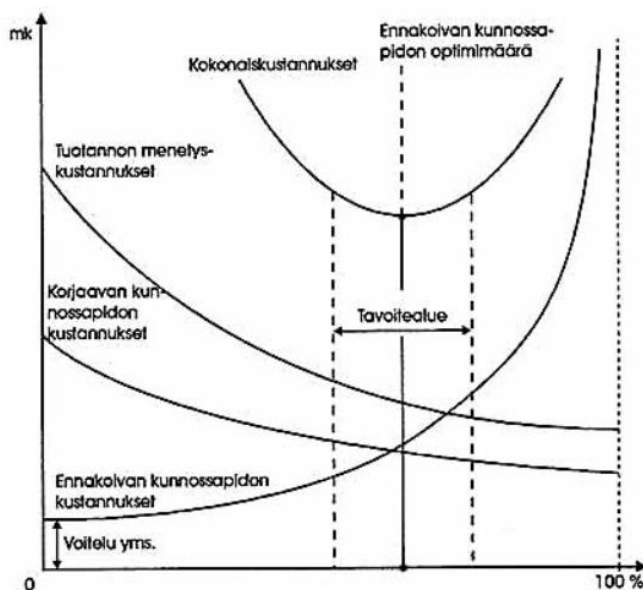
## 5.7 Ennakkohuolto

Kunnossapidon tärkeimpiä tavoitteita on korjauksien mahdollisimman nopea suorittaminen. Tärkeämpää on kuitenkin vikaantumisen ehkäiseminen, sillä usein laitteen vikaantumisen aiheuttama tuotannon menetys on suurempi kuin vian ehkäisemisen aiheuttamat kustannukset. (Järviö & Lehtiö 2012, 15.) Tästä syystä nykyään tuotantolaitoksissa suoritetaan yhä enemmän ennakkohuoltoa.

Ennakkohuollolla pyritään pitämään kone käyttökuntoisena tai palauttamaan se kuntoon, johon se on suunniteltu. Ennakkohuollon osuus kunnossapidossa on

kasvanut, Heinonkosken (2013, 222) mukaan sen osuus on kunnossapidon työmäärästä noin 30-40%. Ennakkohuollossa huoltotoimien ajankohdan määrittely on tärkeässä asemassa. Ajoitus on pyrittävä tekemään siten, että huolto ei tapahdu liian myöhään eikä liian aikaisin (Mts. 222).

Ylimääräinen huolto aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia ja on myös mahdollista, että se edesauttaa vikaantumista. Ennakkohuoltoa ei pystytä suorittamaan 100 %:sti ja on väistämätöntä, että korjaavaa kunnossapitoa joudutaan suorittamaan. Jotta ennakkohuolto on taloudellisesti kannattavaa, on löydettävä taloudellinen optimi korjaavalle kunnossapidolle sekä ennakkohuollolle. (Kunnossapito menestystekijä, Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät 2010). Alla olevassa kuviossa 8 on esitetty eri kunnossapitomenetelmien kustannuksia.



Kuvio 8 Ennakoivan kunnossapidon kustannukset (Kunnossapito menestystekijä, Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät 2010).

Ennakoivan kunnossapidon kustannukset kasvavat sen mukaan, miten paljon ennakoivan kunnossapidon toimenpiteiden määrää lisätään. Kuviosta 8 havaitaan, että tuotannon menetykskustannukset ja korjaavan kunnossapidon kustannukset taas pienenevät ennakkohuoltoa lisättäessä. Ennakoivan kunnossapidon määrälle optimina

voidaan pitää katkoviivoin merkittyä aluetta, jolla ennakoivan kunnossapidon kustannukset alkavat kasvaa nopeammin ja tuotannon menetyskustannukset sekä korjaavan kunnossapidon kustannukset pienenevät hitaammin. Tällä alueella kunnossapidon kokonaiskustannukset ovat pienimmät.

Ennakkohuollon toimenpiteiden määrittämisen perustana käytetään usein kokemusta ja laskelmia laitteiden vikaantumisesta sekä laitevalmistajien huolto-ohjeita. Ajan mittaan ennakkohuollon tuloksista kertyy tilastotietoja, joiden perusteella ennakkohuolto-ohjelmaa voidaan päivittää. Päivityksiä ennakkohuolto-ohjelmaan on tehtävä myös, kun laitteistoa tai prosessia muutetaan. (Heinonkoski 2013, 229.)

Ennakkohuollolla saavutettavia hyötyjä ovat muun muassa vikailmoitusten ja hälytyksien väheneminen, käytettävyyden paraneminen ja tuottavuuden kasvu sekä seisokien väheneminen. Ennakkohuoltojen avulla kiireellisten korjaustehtävien määrä pienenee, jolloin henkilöstön on mahdollista keskittyä ennakoivaan työhön. Suunnitelmallisesti toteutetun ennakkohuollon tuloksena saavutetaan parantunut toiminnan laatu sekä parantunut laitteiston luotettavuus. (Mts. 231.)

## 5.8 Kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on ehkäisevän kunnossapidon toimintaa, jolla seurataan laitteen kuntoa käytön ja huoltojen aikana. Kunnonvalvonnan avulla pyritään havaitsemaan laitteen vikaantuminen ennen toiminnan pysähtymistä tai heikkenemistä. Kunnonvalvonta voidaan suorittaa jatkuvana toimintana tai aikataulutetusti (Heinonkoski 2013, 186.) Kunnonvalvonnan avulla voidaan saavuttaa parantunut laatu ja turvallisuus sekä laitteiden tehokkaampi käyttö (Aalto 1997, 33).

Kunnonvalvonnalla koneiden kuntoa valvotaan eri tekniikoin. Näitä tekniikoita ovat muun muassa visuaaliset tarkastukset, lämpötilan seuranta, öljyanalyysit ja värähtelymittaukset. Kunnonvalvontaa suunniteltaessa määritellään kriittiset laitteet, joille kunnonvalvontaa on kannattavaa toteuttaa ja näille laitteille riittävä kunnonvalvonnan taso. Laitteille määritellään toimenpiteet, jotka ovat teknisesti ja taloudellisesti kannattavia toteuttaa; selvitetään riittävätkö yksinkertaiset tarkastukset vai tarvitaanko tarkempia mittauksia. (Mikkonen & Kautto 2009, 162-163.)

Kunnonvalvonnasta tulisi luoda suunnitelma, jonka tulisi sisältää käytettävät menetelmät, mittausvälit sekä tulosten dokumentointi ja niistä raportointi. Toimenpiteiden aikataulutuksessa käytetään apuna laitteiden todennäköistä vikaantumisuopeutta. (Mts. 162.)

### 5.8.1 Aistinvaraiset havainnot

Kunnonvalvonnan suorittaminen aistinvaraisin havainnoin on erilaisten mittareiden kehittämisestä huolimatta tärkeässä osassa kunnonvalvontaa. Ihmisen viidestä aistista kunnonvalvonnan kannalta tärkeimpinä voidaan pitää näkö-, kuulo- ja tuntoaisteja. Aistinvarainen kunnonvalvonta on helppoa ja edullista toteuttaa. Siinä käytettävät apuvälineet ovat usein yksinkertaisia ja ne löytyvät jo valmiiksi jokaisesta tuotantolaitoksesta. Aistinvaraisen kunnossapidon toteuttaminen on kannattavaa myös mittavaan kunnossapidon piirissä oleville laitteille. (Miettinen, Leinonen, Riutta, Heinonen & Kokko 2009, 418-419.)

Aistinvaraista kunnonvalvontaa toteutettaessa on huomioitava ihmisten erilaiset herkkyydet aisteissa. Aistihavainnoin havaitaan usein selkeät vikaantumiset, mutta kokenut koneenkäyttäjä pystyy havaitsemaan tarkasti jo pienenkin poikkeavuuden koneen normaalissa toiminnassa. Ihmisen vireystila ja lieväkin sairaus vaikuttavat aistihavaintoihin. Lisäksi toimintaympäristön aiheuttamat häiriöt voivat hankaloittaa havainnointia. Aistihavaintoihin vaikuttaa myös ihmisen ikääntyminen, sillä ihmisen vanhetessa aisteilla on tapana heikentyä. (Mts. 421.)

Kuuloaisti on hyvä keino havaita selkeitä vikaantumisia, joista lähtee kova ääni. Sen parempi hyödyntäminen kunnonvalvonnassa vaatii käyttäjältään pitkää kokemusta koneen normaalista toiminnasta. Kuuloaistin käyttäminen kunnonvalvonnassa perustuu muistiin. Ihmisen muistiin tallentuvat kuullut äänet ja uuden äänen kuultuaan ihminen vertaa sitä aikaisemmin kuultuihin ääniin. Uusien äänien lisäksi voidaan havaita tutun äänen puute. Kuuloaisti on tehokas keino havaita vikaantumisia, mutta sitä käytettäessä on huomioitava ympäristöstä riippuen useita asioita. Usein kohteissa, joissa kunnonvalvontaa suoritetaan, on korkea melutaso, joka edellyttää kuulosuojainten käyttöä. Tämä voi hankaloittaa havainnointia. Muita kuuloaistin käyttöön vaikuttavia tekijöitä ovat säätilan muutokset, ympäristössä tapahtuvat muutokset ja ympäristössä esiintyvät muut äänet. (Mts. 424.)

Näköaistin käyttäminen on keino havaita nestevuotoja. Alkava vuoto ilmenee kosteutenä vuotokohdassa, kun taas hieman suurempi vuoto näkyy jo tiputuksena. Vuoto voidaan joko korjata välittömästi tai seurata vuodon kehittymistä. Näköaistilla voidaan havaita myös mekaanista vikaantumista ja liitosten löystymistä. Liitoksen löystyminen voi ilmetä esimerkiksi irtoavana maalina, mutterina tai ruosteena. Havainnointia voidaan helpottaa levittämällä tarkasteltavaan kohtaan öljyä tai vettä. Liitoksen ollessa löysä, neste väreilee liitoskohdassa. Mekaaninen kuluminen taas ilmenee kuluneina osina, joiden korjaaminen käy asetuksia muuttamalla tai kulunut osa vaihtamalla. (Mts. 422-423.)

Näköaistin avulla voidaan havainnoida myös voiteluöljyn kuntoa. Öljystä voidaan havainnoida muun muassa väriä, määrää ja epäpuhtauksia. Havainnointia voidaan helpottaa laittamalla tarkkailtaa voiteluöljyä valkoiselle paperille, jolloin mahdolliset epäpuhtaudet erottuvat selkeämmin. Jotta näköaistilla suoritettu kunnonvalvonta on tehokasta, tulee huolehtia riittävästä valaistuksesta. Valaistus tulee olla oikealla etäisyydellä ja oikein suunnattuna. Tarkastuskierröksen vertailukelpoisuutta parantaa, kun valaistus on sama jokaisella kierroksella. Apuvälineenä näköaistille voidaan käyttää muun muassa peilejä sekä suurennuslaseja. (Mts. 422-423.)

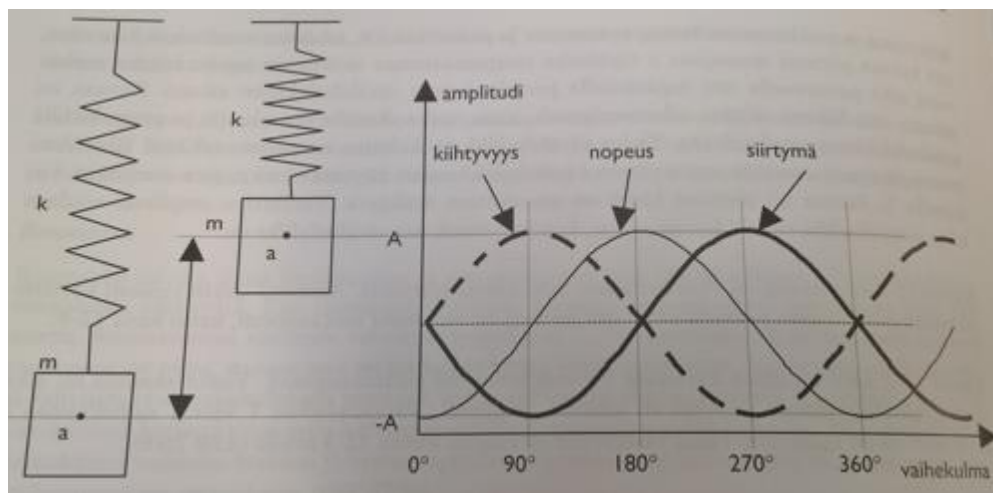
Tuntoaistia käytetään kunnonvalvonnassa värähtelyä, kaasuvuotojen ja lämpötilan tarkkailuun. Sitä käytettäessä on huomioitava kehon eri osien erilainen tuntoaistin herkkyys, tuntoaistin heikkeneminen kylmässä ja tuntoaistin riittämättömyys tarkkaan värähtelyn valvontaan. Tuntoaistia käytettäessä on myös huomioitava työturvallisuus. Vuotoja tarkkailtaessa on tiedettävä, onko vuotanut aine vaarallista ja lämpötilaa tunnisteltaessa on huomioitava palovamman riski. (Mts. 425-426.)

### 5.8.2 Värähtelymittaukset

Värähtelymittauksia käytetään yleensä teollisuuden pyörivien koneiden ja laitteiden kunnonvalvonnassa. Mittausmenetelmiä valittaessa otetaan huomioon laitteen kriittisyys tuotannon kannalta, todennäköisten vikaantumisten laatu ja vian kehittymisen nopeus. Lisäksi mittausmenetelmää valittaessa huomioidaan laitteen toimintaympäristö sekä kuinka paljon mittauksiin on kannattavaa investoida. (Mikkonen, Miettinen & Jantunen 2009, 223.)

Värähtelymittauksilla havainnoidaan pyörivien laitteiden normaalista värähtelystä poikkeavia herätteitä, joita voivat olla esimerkiksi virheet ja epätarkkuudet valmistuksessa tai asennuksessa, vaurioituneet osat tai epätasapaino. Mittaus suoritetaan yleensä koneen kiinteästä osasta, kuten rungosta. Värähtelyn koneeseen aiheuttaa liikkuva osa, josta mittausta ei yleensä voida mitata. Tällaisia ovat esimerkiksi roottori, mäntä ja akseli. (Mts. 224.)

Värähtelymittauksissa yleisin kunnonvalvonnan mittaussuure on värähtelynopeus. Muita mittaussuureita ovat kiihtyvyys ja siirtymä. Värähtelynopeuden käytön yleisyys johtuu siitä, että sen vaste on sopivin niillä taajuuksilla, joista yleensä ollaan kiinnostuneita. Alla olevasta kuvioista 9 voidaan havaita, että nopeudella, kiihtyvyydellä ja siirtymällä on kaikilla sama aaltomuoto, mutta niiden vaihekulmat poikkeavat 90 astetta toisistaan. Vaikka kuviossa amplitudit on esitetty saman suuruisina, on huomioitava mittaussuureiden eri mittayksiköt. (Mts. 227-228.)



Kuvio 9 Värähtelyn siirtymä, nopeus ja kiihtyvyys jousi-massasysteemin pisteelle  $a$ . (Mikkonen, Miettinen & Jantunen 2009, 228).

Värähtelymittauksilla on pitkä historia kunnonvalvonnassa. Alun perin värähtelyä on valvottu ihmisaistien ja yksinkertaisten työkalujen, kuten sauvojen tai ruuvimeisselin avulla. Tekniikan kehittyttyä kehitettiin mekaanisia värähtelyn siirtymäarvon ilmaisevia näyttökojeita, jotka kiinnitettiin värähtelevään kohteeseen. Mekaaniset mittarit toimi-

vat vain alhaisilla taajuuksilla ja vaativat toimiakseen melko suuren värähtelyamplitudin. Mekaaninen mittari tallentaa piirturin avulla paperille värähtelyn siirtymäarvon ajanfunktiona. (Mts. 234.)

Nykyään värähtelyanturit ovat sähköisiä ja niiden kehityksen myötä koko värähtelymittauksen luonne on muuttunut. Ne muuntavat sähköiseen muotoon ajan funktiona muuttuvan mitattavan kohteen värähtelyn. Värähtelymittauksissa käytettävät anturit ovat kiihtyvyy-, nopeus- tai siirtymäantureita, ja vaikka ne kaikki mittaavat värähtelyä on niiden toimintaperiaatteissa oleellisia eroja. (Mts. 234.)

### 5.8.3 Voiteluaineanalyysit

Voiteluaineanalyysillä seurataan koneen osien kulumista, voiteluaineen kuntoa, prosessin toimintaa ja voitelun tehokkuutta. Voiteluaineanalyysijä suoritetaan ottamalla näytteitä voiteluaineena käytetyistä öljyistä ja rasvoista. Näytteitä analysoimalla saadaan tietoa koneen kunnosta ja voiteluaineen epäpuhtauksista. Ennakoivan kunnossapidon kannalta voiteluaineen kunto on tärkeässä asemassa, sillä epäpuhdas ja laadultaan heikentynyt voiteluaine lisäävät laitteen kulumista. Vaikka voiteluaineanalyysit ovat tärkeitä kunnonvalvonnassa, on väärin otettu näyte haitallisempi kuin ottamatta jätetty näyte. Väärin otettu näyte aiheuttaa kustannuksia ja sen tulokset saattavat johtaa turhiin toimenpiteisiin. (Miettinen, Leinonen, Riutta, Heinonen & Kokko 2009, 428-438.)

Voiteluaineanalyysit voidaan jakaa perusanalyysihin, hiukkanalyysihin ja kuluma-metallianalyysihin. Perusanalyysillä tutkitaan voiteluaineen kuntoa. Niillä voidaan tarkastella voiteluaineen ulkonäköä, happolukua, viskositeettia ja kiintoainepitoisuutta. Perusanalyysillä tehdyillä havainnoilla pystytään selvittämään öljyn käyttökel-poisuus ja mahdollisten lisäanalyysien tarve. (Mts. 429.)

Hiukkanalyysillä tutkitaan öljynäytteen epäpuhtauksia sekä niiden alkuperää. Näytteet tutkitaan mikroskooppinäytelevyn avulla. Tutkittavia asioita ovat hiukkasten koko, väri ja muoto. Näiden avulla voidaan selvittää kulumismekanismit sekä kuluminen aiheuttaja. Säännöllisesti suoritetuilla analyysillä voidaan havainnoida myös kulumisen voimakkuutta, mikäli jokin tietty hiukkastyyppe lisääntyy. Epäpuhtaushiukka-

sista pyritään tunnistamaan kulumisen aiheuttamat hiukkaset, sillä esimerkiksi järjestelmään tehtyjen huoltojen seurauksena voi ilmetä metallihiukkasia, hiekkaa tai tiivistemateriaalia. (Mts. 428-434.)

Kulumametallianalyysijä käytetään koneiden kunnonvalvonnassa voiteluaineen hiukasmäärien muutosnopeuden ja kokojakauman seurantaan. Niitä tehtäessä on tunnettava tarkasti järjestelmässä ja koneen osissa käytetyt metallilaadut. Metallilaadusta voidaan päätellä kulumishiukkasen alkuperä ja löytää vaurioitunut kohde. Normaalisissa toiminnassa koneessa syntyy vähän ja pienikokoisia kulumishiukkasia, kun taas esimerkiksi kuormitusvaihtelut, käynnistys- ja pysäytysvaiheet sekä materiaalivirheet voivat aiheuttaa voitelukalvon pettämisen. Tällöin toisiaan vasten olevat kone-elimet kuluvat kasvattaen hiukkaspitoisuutta. (Mts. 435-436.)

#### 5.8.4 Lämpötilan mittaukset

Lämpötila on keskeinen mittaussuure teollisuudessa. Lämpötilan mittauksille on kolme päätyyppiä, joita ovat lämpökamerat, koskemattomat menetelmät ja koskettavat menetelmät. Lämpökameralla havainnoidaan kohteen lämpötilan kohoamista mittauskertojen välillä. (Miettinen ym. 2009, 439.) Sitä on aiemmin käytetty pääasiassa vianetsintään, mutta nykyisin se on varsin yleinen ennakoivan kunnossapidon työkalu (Kunnossapito menestystekijä, Lämpökamera).

Lämpökameran toiminta perustuu aineen ominaisuuteen lähettää infrapunalämpösäteilyä. Lämpökamera mittaa tämän säteilyn voimakkuutta, josta se muodostaa kuvan. Rajoittavana tekijänä lämpökameran käytössä on kiiltävien metallipintojen heijastukset. (Heinonkoski 2013, 195.) Lämpökameran yleisiä käyttökohteita ovat lämpövuotojen paikantaminen sekä koneenosien lämpötilajakauman määrittäminen. Lämpökameran hyötynä on se, että sillä saadaan kerättyä lämpötilatietoa suurelta alueelta samanaikaisesti. (Miettinen ym. 2009, 446.)

Koskemattomat lämpömittarit tunnetaan yleisesti nimellä infrapunalämpömittari. Niillä voidaan mitata kappaleen pintalämpötilaa liikuttamalla mittaria kappaleen pisteestä toiseen. Koskemattomilla lämpötilanmittaus menetelmillä ei pystytä mittaamaan kiiltävien pintojen lämpötilaa, sillä kiiltävät pinnat heijastavat enemmän ympäristön energiaa kuin itse lähettävät lämpösäteilyä. (Mts. 444.)

Koskettavat lämpötilanmittausmenetelmät ovat yleensä lämpötila-antureita. Ne soveltuvat parhaiten hitaiden lämpötilamuutosten mittaukseen. Yleisimmät lämpötila-anturityypit ovat termoparianturit ja metallivastusanturit. (Mts. 440.)

## 5.9 Käyttäjäkunnossapito

Teollisuuden kunnossapidon ongelmana on, että koulutetut kunnossapitäjät käyttävät työaikaansa töihin, jotka soveltuisivat koneiden käyttäjien suorittamiksi. Usein koneiden käyttäjillä on jo valmiiksi tarvittavaa taitoa kunnossapitotöihin tai niitä pystytään varsin helposti kouluttamaan. (Järviö & Lehtiö 2012, 85.) Tätä ongelmaa pyritään nykyaikaisessa kunnossapidossa vähentämään käyttäjäkunnossapidon avulla. Käyttäjäkunnossapidon avulla pystytään hyödyntämään henkilökuntaa tehokkaammin, kun käyttäjien avulla saadaan lisäksi erilaisiin kunnossapitotöihin ja suorittamaan jatkuvaa käynninvalvontaa (Hakonen 2016).

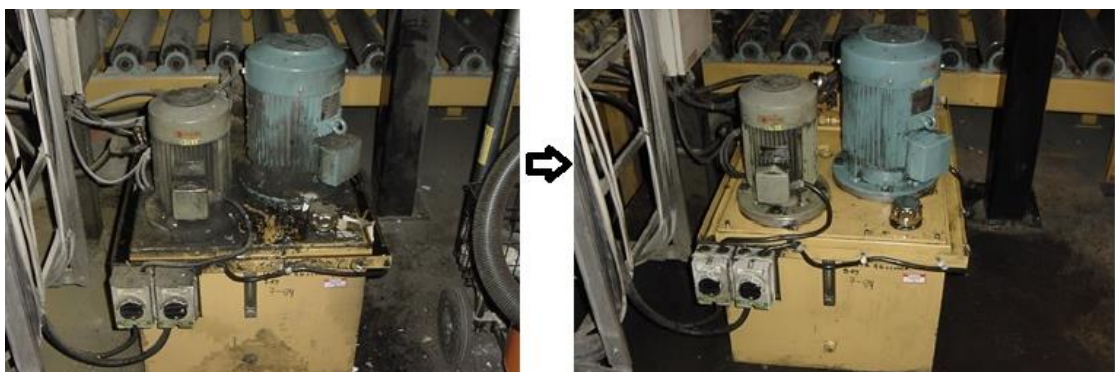
Käyttäjäkunnossapidolla eli ODR:lla (Operator Driven Reliability) tarkoitetaan käyttöhenkilöstön osallistumista koneiden toiminnan luotettavuuden ylläpitämiseen ja käynninvalvontaan. Tällöin koneen normaalien käyttöön liittyvien tehtävien lisäksi osa kunnossapidon tehtävistä siirretään koneen käyttäjien vastuulle. Pää tarkoituksena toiminnassa on, että varmistetaan kriittisimpien laitteiden oikeasta toiminnasta. (Laine 2010, 221; Paras lääke käyttövarmuuden parantamiseksi on tuotannon ja kunnossapidon yhteistyö 2017.)

Käyttäjäkunnossapito on keino vähentää kunnossapitäjien työaakkaa. Koneenkäyttäjien osallistuessa ennakkohuoltotoimiin voivat kunnossapitäjät keskittyä teknisesti haastavampiin ja niin sanottuihin tulipalotöihin. Käyttäjäkunnossapito on prosessi, jota ei voi ottaa käyttöön hetkessä vaan sen kehittämisessä tulee edetä askel askeleelta, tavoitteena itsenäinen käyttäjäkunnossapito (Laine 2010, 72) . Alla olevassa kuviossa 10 on esitelty Volvon malli käyttäjäkunnossapidon kehitykselle.

Itsenäinen käyttäjäkunnossapito	Osa korjata koneita
Työpaikan järjestäminen	Hallitsee yhteydet laitteiden huoltamisen ja tuotteiden laadun välillä
Itsenäinen tarkastustoiminta	
Yleinen valmennus tarkastustoimintaan	Osa laitteiden perusstruktuurin ja niiden toiminnan
Standardit puhdistukseen ja voiteluhooltoon	
Ongelmien syiden poistaminen	Löytää vikoja koneissa ja laitteissa ja ymmärtää laitteiden parantamisen periaatteita
Peruspuhdistus, järjestyksen ja siisteyden ylläpito	
KÄYTTÄJÄKUNNOSSAPITO	KONEENKÄYTTÄJÄN OSAAMISEN KEHITTYMINEN

Kuvio 10 Käyttäjäkunnossapidon kehittäminen Volvon mallin mukaisesti (Laine 2010, 72, muokattu).

Käyttäjäkunnossapidon kehityksen ensimmäisessä vaiheessa suoritetaan koneille perusteellinen puhdistus ja tarkastetaan koneiden kunto. Mikäli koneissa havaitaan puutteita, ne korjataan mahdollisuuksien mukaan. Puutteet, joiden korjaaminen ei ole välittömästi mahdollista, kirjataan puutelistalle. Koneiden puhdistuksella luodaan hyvät lähtökohdat niiden toiminnan ylläpitämiselle ja kehittämiselle. Puhtaasta koneesta vikaantumisen, kuten vuotojen havaitseminen on huomattavasti helpompaa. Tarkastuksia helpottamaan on joissain tapauksissa syytä tehdä muutoksia koneen rakenteeseen. Esimerkiksi kiinni ruuvatut läpinäkymättömät luukut voidaan korvata läpinäkyvillä plekseillä. (Karvonen N.d.) Alla olevassa kuviossa 11 on esitetty hydraulikoneikko ennen ja jälkeen puhdistuksen. Puhdistetusta koneikosta vikaantumisen havaitseminen on huomattavasti helpompaa.



Kuvio 11 Esimerkki koneikon puhdistuksesta (Karvonen N.d.).

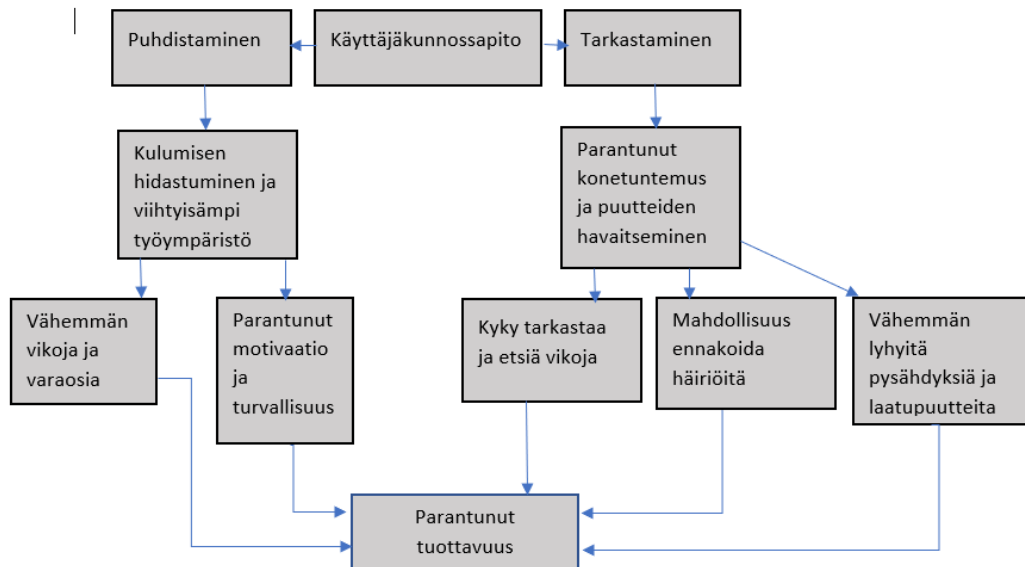
Alkupuhdistusten jälkeen siisteyttä ylläpidetään ja suoritetaan tarkastuksia säännöllisesti. Siisteyden ylläpitämistä helpottamaan on hyvä kuvata tavoitetila alkupuhdistusten jälkeen. Puhdistus- ja tarkastustoimenpiteisiin kuluva aika on hyvä mitata. (Karvonen N.d.)

Jotta koneen kannalta parhaat olosuhteet saavutetaan, on käyttöhenkilöstön pystyttävä suorittamaan päivittäiset ja viikoittaiset huoltotoimet noudattaen kurinalaisesti siisteyttä ja huolellisuutta. Toiminnan kehittymisen kannalta on hyvä pyrkiä poistamaan likaantumisen aiheuttajat. Käyttöhenkilöstön on ymmärrettävä paremmin koneen toimintaa ja pystyttävä toimimaan myös koneen häiriö- ja virhetilanteissa. (Mikkonen 2009, 83-84.)

Koska operaattorit työskentelevät päivittäin koneella, he tuntevat koneen normaalin toiminnan parhaiten. Käyttöhenkilöstön suorittaessa käyttämilleen koneille säännölliset huollot ja tarkistukset voidaan alkava vikaantuminen havaita jo ennen vian puhkeamista. Tästä syystä koneiden kunnonvalvonta ja vioista raportointi on hyvä siirtää käyttäjien vastuulle. (Lehtinen 2013.)

Käyttäjäkunnossapidon lähtökohtana on, että koneiden häiriöitä pystytään vähentämään säännöllisten puhdistus- ja tarkastustoimenpiteiden avulla. Lika saa aikaan koneissa laatuvirheitä ja nopeushäviöitä sekä aiheuttaa nopeampaa kulumista ja konerikkoja. Puhdistamista ei tehdä vain siisteyden saavuttamiseksi, vaan se paljastaa koneen kunnossa piileviä poikkeavuuksia ja puutteita. Lisäksi siisteys helpottaa ja nopeuttaa päivittäisiä tarkastuksia ja huoltotoimenpiteitä sekä parantaa työympäristön viihtyvyyttä ja turvallisuutta. (Mikkonen 2009, 84.)

Alla olevassa kuviossa 12 on esitetty käyttäjäkunnossapidon vaikutusta tuottavuuteen.



Kuvio 12 Käyttäjäkunnossapidolla vaikutetaan tuottavuuteen (Mikkonen 2009, 84, muokattu).

### 5.9.1 Käyttäjäkunnossapidon haasteet

Käyttäjäkunnossapito on käsitteenä yksinkertainen, mutta sen onnistunut toteuttaminen saattaa olla hankalaa. Käyttäjäkunnossapitoa toteutettaessa on koko organisaation toimittava saman periaatteen mukaisesti. Yrityksen johdon on järjestettävä aikaa käyttäjäkunnossapidolle, jolloin toiminnasta tulee osa päivittäistä rutiinia. (Mikkonen 2009, 85.)

Käyttäjäkunnossapitoon siirryttäessä on haasteena toimien ”myyminen” niin käyttökäytäntö kuin kunnossapitohenkilöstölle. Tärkeää on informoida koko henkilöstöä suunnitelmasta, toteutuksesta ja tavoiteltavista tuloksista. Koneenkäyttäjien on ymmärrettävä koneen siisteyden ja puhdistusten merkitys koneen toiminnalle. Käyttöhenkilöiden keskuudessa kunnossapitotyöt saatetaan kokea ylimääräisiksi, mikä saattaa johtaa palkkauskeskusteluihin. Kunnossapitohenkilöstö puolestaan saattaa kokea töiden siirtämisen käyttäjille omien töiden vähenemisenä, mikä johtaisi työntekijämäärän pienentämiseen. (Laine 2010, 221.)

Koneenkäyttäjien kouluttaminen kunnossapitotoimenpiteiden oikeaan suorittamiseen on myös tärkeässä roolissa käyttäjäkunnossapidon onnistumiseen. Väärin teh-

tynä toimenpiteet voivat aiheuttaa vahinkoa niin koneille kuin henkilöille. Käyttäjäkunnossapidon aloittaminen on suoritettava asteittain edeten, jolloin varmistetaan käyttäjien osaamisen riittävyys tehtäviin nähden (Laine 2010, 221).

Vaikka käyttäjäkunnossapidon pääasiallisena tarkoituksena on ennakoida ja vähentää laitteiden vikaantumista sekä poistaa suunnittelemattomat seisokit, keskittyy käyttäjien kunnossapitokoulutus usein korjaamiseen. Jotta käyttäjäkunnossapidolla saavutettaisiin tavoitteiden mukaisesti parempi käytönvarmuus, pitäisi operaattorien koulutus kohdistaa laadukkaaseen ja tehokkaaseen ennakkointiin. (Paras lääke käyttövarmuuden parantamiseksi on tuotannon ja kunnossapidon yhteistyö 2017.)

Toiminnan onnistumisen kannalta on tärkeää luoda selkeät ja helposti ymmärrettävät ohjeet, joita tulee olla myös helppo noudattaa. Jatkuvan parantamisen periaatetta noudattaen ohjeistuksen tulee olla myös helposti päivitettävissä. Käyttäjäkunnossapidon ja ennakkohuollon avulla koneiden valvonnan tarve vähenee ja samalla valvonta on laadukkaampaa. (Heinonkoski 2013, 231.)

Yksi haaste käyttäjäkunnossapidolle on toiminnan onnistumisen mittaaminen. Vaikka käyttäjäkunnossapidon hyödyt näkyvätkin usein jo käyttöönottovaiheessa parantuneena tuotantotehokkuutena ja mekaanisten häiriöiden vähenemisenä, on tärkeää määrittää jokin mittari käyttäjäkunnossapidon onnistumiselle. Esimerkkejä tällaisista mittareista ovat muun muassa suunniteltujen tarkastuskierrosten toteumaprosentti ja dokumentoitujen hyötyesimerkkien määrä. (Paras lääke käyttövarmuuden parantamiseksi on tuotannon ja kunnossapidon yhteistyö 2017.)

### 5.9.2 Yleiset käyttäjäkunnossapidon tehtävät

Yleensä käyttäjäkunnossapidossa koneenkäyttäjien tehtäviin kuuluvat ainakin koneen käytönaikainen seuranta, kunnonvalvonta sekä oman työalueen siisteydestä huolehtiminen. Muita käyttäjien suorittamia tehtäviä voivat olla esimerkiksi yksinkertaiset määräaikaishuollot, normaalien kulutusosien vaihtamiset, kalibroinnit ja pienet korjaukset. (Laine 2010, 221.)

Käyttäjäkunnossapitoa tehtäessä on tärkeää yhteistyö operaattorien ja kunnossapito henkilöstön kesken. Operaattorien motivaatio käyttäjäkunnossapitoa kohtaan kasvaa, kun tarkastuskierroksilla havaitaan poikkeamia. Operaattorien on raportoitava tarkastuksissaan havaitsemansa poikkeavuudet kunnossapito-osastolle tarkempien tutkimuksien käynnistämiseksi. Kunnossapidon suorittaman työn jälkeen operaattorien on tärkeää saada tieto ongelman aiheuttajasta ja suoritetuista toimenpiteistä. Tällöin edistetään kulttuurin muutosta ja ymmärretään yhteistyön merkitys. (Mikkonen & Komonen 2009, 85; Paras lääke käyttövarmuuden parantamiseksi on tuotannon ja kunnossapidon yhteistyö 2017.)

Suolahden vaneritehtaiden havutehtaan tukkilinjalla suoritetaan jo nykyisin varsin paljon käyttäjäkunnossapitoa. Tukkilinjan operaattorien työtehtäviin kuuluu muun muassa erilaisia siivous- ja puhdistustöitä, teränvaihtoja sekä voitelu- ja rasvaustöitä.

## **6 Työn suoritus**

### **6.1 Työn aloitus**

Opinnäytetyön tekeminen alkoi aloituspalaverilla, jossa määritettiin työnkohde ja tavoitteet. Aiheeksi määritettiin Suolahden vaneritehtaiden havutehtaan tukkilinjan ennakkohuolto. Työn tavoitteeksi määritettiin ennakkohuoltosuunnitelman luominen tukkilinjan operaattoreiden käyttöön. Ennakkohuoltosuunnitelman tarkoituksena on parantaa linjan käyntivarmuutta sekä käyttöastetta ja lisätä ennakkohuollon osuutta kunnossapitotöistä. Työn aloituksessa todettiin, että työtä ei toteuteta täysin minkään analyysin mukaisesti. Esimerkiksi normaalin RCM-menetelmän toteuttaminen vaatisi runsaasti resursseja ja olisi varsin työläs toteuttaa työn luonne huomioiden.

Opinnäytetyön aluksi osallistuin kunnossapidon palaveriin, jossa käytiin läpi tukkilinjan laitteet. Palaveriin osallistui kunnossapidon työnjohtajia sekä sähköasentajia ja mekaanisen kunnossapidon työntekijöitä. Mekaanisenpuolen asentajat kertoivat omat mielipiteensä tarkastettavista ja huollettavista kohteista ja sähköasentajat taas

kertoivat ennakkohuollon kannalta tärkeitä sähköpuolen asioita. Laitteita läpi käydessä kunnossapidon henkilöt kertoivat, mikäli jokin laite oli vikaantunut usein. Palaverissa käytiin läpi tukkilinja laite laitteelta linjan lay-outin mukaisessa järjestyksessä. Tukkilinjan lay-out on esitetty liitteessä 2. Palaverissa koottiin tiedosto, johon kirjattiin kaikki linjan laitteet sekä niille huolto- ja tarkastuskohteita.

## 6.2 Perehtyminen

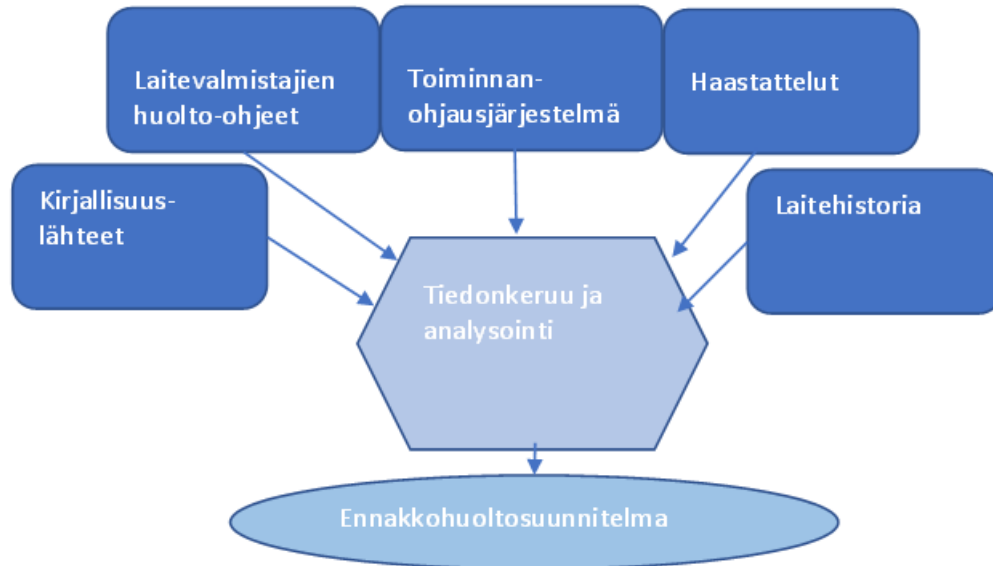
Opinnäytetyö jatkui tukkilinjaan ja sen laitteisiin perehtymällä. Näin saatiin tarkempi käsitys linjan toimintaperiaatteesta ja toimintaympäristöstä. Perehtyminen suoritettiin tutustumiskierroksen ja haastattelujen avulla. Tutustumiskierros toteutettiin kiertämällä linja alusta loppuun laitelistan mukaisesti. Kierroksen ohella suoritettiin toimeksiantajan haastattelu. Koska minulla ei ollut aiempaa kokemusta tukkilinjan toiminnasta, oli tutustumiskierros varsin antoisa ja se antoi hyvän käsityksen linjan toiminnasta.

Tutustumiskierroksella ja haastatteluilla saatiin selville, että tukkilinjan ennakkohuolto on tärkeää, sillä tukkilinjan toiminta on kriittinen vaihe koko vanerin valmistusprosessin kannalta. Ennakkohuoltotoiminnan haasteiksi havaittiin linjan toiminnan aiheuttama tukeista irtoava runsas puunsilppu, joka peittää laitteet allensa. Lika heikentää linjan laitteiden toimintaa ja aiheuttaa toimintahäiriöitä sekä lisää palokuormaa.

Haastattelussa ilmeni, että linjalla on aiheutunut syttyimiä muun muassa vikaantuneista laakereista, kun puunsilppua on ollut kuumentuneen laakerin ympärillä. Lisäksi vuodenaikojen mukaan muuttuvat sääolosuhteet aiheuttavat haasteita linjan toiminnalle ja kunnossapidolle. Ennakkohuollon kehitettäviksi osa-alueiksi todettiin voiteluhuollon kehitys ja siisteys. Siivoustöitä tukkilinjalla tehtiin, mutta niitä pitäisi vielä lisätä ja tehostaa.

Tutustumiskierroksen aikana käytiin läpi laitteille tehtäviä huoltoja sekä kohteita, joille olisi hyvä toteuttaa kunnonvalvontaa. Esimerkiksi kuljetinhihnat todettiin hyväksi kunnonvalvonnan kohteiksi, sillä niiden kuntoa tarkkailemalla pystytään ennakoimaan tehokkaasti alkavaa vikaantumista. Kuljetinhihnan rikkoutuessa yllättäen aiheutuisi

tuntien mittainen seisokki, sillä uuden hihnan liittäminen yhteen paistamalla vie useita tunteja. Kunnossapidon kannalta kriittisiksi laitteiksi todettiin pöllinostin ja kuorimakone.



Kuvio 13 Ennakkohuoltosuunnitelman toteutus.

Työssä selvitettiin, minkälaista ennakkohuoltoa laitteille jo tehdään ja ketkä ennakkohuoltoa suorittavat. Selvitystyö tehtiin kunnossapidon työnjohtajan haastattelun ja linjan jo olemassa oleviin ennakkohuoltoihin perehtymällä. Lisäksi oppinäytetyötä varten perehdyttiin käytettävissä olevaan vikahistoriaan ja kunnossapitopyyntöihin sekä yrityksen toiminnanohjausjärjestelmiin. Toiminnanohjausjärjestelmistä tutustuttiin operaattoreiden kirjaamiin vikailmoituksiin ja käytettävyyshavaintoihin.

Lähtötilanteessa ennakkohuoltoa toteuttivat sekä kunnossapitohenkilöstö että tukkilinjan operaattorit. Haastatteluista ilmeni, että usein kunnossapitäjille ennakkohuoltoihin varattu aika meni korjaavan kunnossapidon suorittamiseen. Mikäli linjalla ei ollut huoltopäivänä korjattavaa saattoivat kunnossapidon työntekijät suorittaa muille linjoille korjaustöitä sen sijaan, että olisi ehditty tekemään ennakkohuoltoja.

Ennakkohuoltoihin perehdyttäessä havaittiin kunnossapito-osaston suorittaman ennakkohuoltolistan sisältävän runsaasti muun muassa vianetsintää ja laitteiden

kunnon tarkastuksia, jotka soveltuivat erinomaisesti operaattoreiden suoritettaviksi. Tukkilinjan operaattoreiden suorittamia ennakkohuoltoja olivat muun muassa voiteluhuolto, siivous ja teränvaihdot.

Koska ennakkohuoltosuunnitelma kohdistettiin operaattoreiden tehtäväksi, selvitettiin myös resurssit käyttäjäkunnossapidon toteuttamiselle. Haastatteluissa ilmeni, että laitteiston toimiessa normaalisti ovat tukkien hautoma-altaat täysiä. Hautoma-altaan ollessa tukeista täynnä on linjan toiminnalle puskuri, joka mahdollistaa ennakkohuoltojen tekemisen. Lisäksi linjalla on torstaisin huoltopäivä, jolloin operaattorit suorittavat siivous- ja huoltotöitä aamuvuoron ajan.

### 6.3 Ennakkohuoltosuunnitelman tekeminen

Ennakkohuoltosuunnitelma tehtiin tukkilinjan kaikille laitteille kunnossapidon palaverissa luotua laitelistaa pohjana käyttäen. Tarkoituksena oli luoda ennakkohuoltosuunnitelma linjan laitteille lay-outin mukaisessa järjestyksessä, jolloin toimenpiteet on helppo suorittaa niin sanotulla tarkastuskierroksella. Koska tukkilinja on pitkä linja, joka sisältää paljon laitteita, tehtiin ennakkohuoltosuunnitelma kolmeen osakokonaisuuteen; tukinsyöttö, kuorinta ja haudonta. Kukin osakokonaisuus sisältää samalla periaatteella laaditun ennakkohuoltosuunnitelman. Tällöin tarkastuskierros on helppo toteuttaa osissa, mikäli koko kierrosta ei voida toteuttaa kerralla.

Ennakkohuoltosuunnitelma tehtiin tukkilinjan operaattoreille käyttäjäkunnossapitoa varten. Toimenpiteitä määritettiin olemassa olevia laitevalmistajien huolto-ohjeita hyödyntäen. Laitevalmistajien ohjeista selvitettiin, mitä tarkistuksia ja pieniä huolto-toimenpiteitä laitteille tulisi tehdä. Huolto-ohjeiden lisäksi toimenpiteitä määritettiin haastattelujen ja kunnossapidon palaverissa kertyneiden tietojen perusteella. Työtä tehtäessä sovellettiin vika- ja vaikutusanalyysin menetelmää. Tukkilinjan laitteille ja niiden osille mietittiin VVA-analyysin mukaisesti, miten ne voivat vikaantua ja miten vikaantuminen vaikuttaa linjan toimintaan. Näitä vikaantumisia varten määritettiin toimenpiteet, joilla vikaantuminen voitaisi havaita mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tai ehkäistä kokonaan.

Ennakkohuoltosuunnitelman toimenpiteitä määritettiin myös työssä esitettyjen kirjallisuuslähteiden teoriaa hyödyntäen. Suuressa osassa ennakkohuoltosuunnitelmassa ovat aistinvaraisen kunnonvalvonnan tehtävät. Aistinvaraisia kunnonvalvonnan tehtäviä määritettiin periaatteella, mitä kustakin laitteesta voidaan nähdä, kuulla tai tunnustella. Silmämääräisiä tarkistuksia ovat esimerkiksi kuljetinhihnojen ja -ketjujen kunnon tarkkailu, laitteiden kiinnitysten tarkkailu, nestevuotojen havainnointi ja yleinen puhtaus. Kuuloaistilla voidaan havaita normaalista poikkeavia ääniä, kuten laakereiden vikaantumista. Tuntoaistilla voidaan tunnustella tärinää ja lämpötilaa.

Ennakkohuoltosuunnitelman luomisessa käytettiin apuna virtaviivaistettua SRCM-menetelmää. SRCM-menetelmää tehtäessä määritettiin laitteiden toiminnot, laitteen toiminnalliset viat ja vikaantumismallit. Tämän jälkeen määritettiin vikojen vaikutukset sekä niiden seuraukset. Näille vioille määritettiin ennakoivia toimenpiteitä. SRCM-menetelmä oli kuitenkin työn tavoite huomioon ottaen turhan työläs ja samat toimenpiteet pystyttiin määrittämään myös ilman tarkkaa toimintojen ja osatoimintojen määrittämistä, joten sitä käytettiin vain muutamalle laitteelle.

Luotuun ennakkohuoltosuunnitelmaan ei tehty listaa, johon toimenpiteet kuitattaisiin rasti ruutuun periaatteella. Ennakkohuoltosuunnitelma on tarkoitettu toteutettavaksi siten, että kaikki toimenpiteet suoritetaan ja havaitut viat kirjataan ylös ja raportoidaan eteenpäin.

## **7 Tulokset**

Opinnäytetyön tuloksena saatiin ennakkohuoltosuunnitelma tukkilinjan laitteille.

Tehty ennakkohuoltosuunnitelma sisältää yksinkertaisia laitteiston puhdistus- ja tarkistustoimenpiteitä. Isossa osassa luotua ennakkohuoltosuunnitelmaa on laitteiden toiminnan seuranta ja epänormaalin toiminnan havainnointi. Muita toimenpiteitä ovat muun muassa voiteluhuolto, säännölliset aistinvaraiset tarkastukset ja kunnonvalvonta sekä yksinkertaiset huoltorutiinit, kuten liitosten ja kiinnitysten tarkastaminen.

Tukkilinjalla työskennellään kolmessa vuorossa kuutena päivänä viikossa. Torstaisin linjalla on huoltopäivä, jolloin aamuvuoron aikana ei tapahdu tuotantoa. Ennakkohuoltosuunnitelman tarkastukset määritettiin suoritettavaksi päivittäin, viikoittain ja kuukausittain. Päivittäiset huoltotoimet on suunniteltu tehtäväksi jokaisessa aamuvuorossa, viikoittaiset huoltotoimet torstain huoltopäivinä ja kuukausittaiset kuukauden ensimmäisenä torstaina.

Laite	Tarkastus- tai huoltotoimenpide	Suoritusväli		
		Päivittäin	Viikoittain	Kuukausittain
<b>Tukkien pitkittäiskuljetin 2</b>				
Vaihdelaatikko	Tarkkaile käyntiääntä	x		
	Puhdista päältä		x	
	Tarkasta akseliivisteet		x	
	Tarkasta liitospintojen tiiveys		x	
	Tarkasta ruuvien ja liitosten kireys		x	
	Tarkasta vuodot		x	
Ketjut ja johteet	Puhdista ketju roskista	x		
	Tarkasta ketjujen kunto		x	
	Tarkasta ketjujen kireys		x	
	Tarkasta ketjujen voitelu		x	
	Tarkasta johteiden kunto		x	
Taittopään akseli, ketjupyörä ja laakerit	Tarkasta taittoakselin kunto		x	
	Tarkasta ketjupyörien kunto		x	
	Tarkasta laakereiden kunto		x	
Vetopään akseli, ketjupyörä ja laakerit	Tarkasta vetoakselin kunto		x	
	Tarkasta ketjupyörien kunto		x	
	Tarkasta laakereiden kunto		x	
Rajat	Tarkista rajojen toiminta	x		
Hydrauliiletkut ja -putket	Tarkasta letkujen kunto ja kiinnitys		x	
	Tarkasta putkien kunto ja kiinnitys		x	

Kuvio 14 Esimerkki ennakkohuoltosuunnitelman sisällöstä.

Ennakkohuoltosuunnitelman sisältämiä toimenpiteitä määritettäessä käytettiin hyväksi alan kirjallisuutta, tukkilinjan laitteiden valmistajien saatavilla olevia huolto-ohjeita sekä tutkimusmateriaalia. Lisäksi ennakkohuoltosuunnitelmaan on sisällytetty laitteille jo aiemmin tehtyjä toimenpiteitä. Ennakkohuoltosuunnitelmassa tarkastettavat kohteet on lueteltu lay-outin mukaisessa järjestyksessä, jolloin huoltotoimet on helppo toteuttaa tarkastuskierroksella.

Koska tukkilinja on pitkä tuotantolinja ja siihen sisältyy paljon laitteita, jaettiin linja kolmeen kokonaisuuteen laitteiden sijainnin mukaan. Kokonaisuudeksi määritettiin

tukinsyöttö, kuorinta ja haudonta. Ennakkohuoltosuunnitelmaan kirjattiin toimenpiteet sekä niiden suoritusvälit. Tarkoitus on, että huoltokierroksella havaitut epäkohdat kirjataan ylös ja raportoidaan eteenpäin jatkotoimenpiteitä varten.

## 8 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda ennakkohuoltosuunnitelma Suolahden vaneritehtaiden havutehtaan tukkilinjalle. Metsä Woodin Suolahden vaneritehtaille aloitettiin projekti, jossa kunnossapito-osasto kävi läpi kaikki tehtaiden laitteet ennakkohuollon kehittämistä varten. Opinnäytetyö oli osa tätä projektia ja tukkilinja valikoitui työn kohteeksi, koska se on vanerin valmistusprosessin ensimmäinen vaihe. Alun perin opinnäytetyö oli tarkoitus kohdistaa kaikkiin tehtaiden laitteisiin, mutta se todettiin jo aloituspalaverissa liian laajaksi toteuttaa.

Ennakkohuoltosuunnitelma kohdistettiin tukkilinjanoperaattoreille käyttäjäkunnossapidon lisäämistä varten. Ennakkohuoltosuunnitelmaan sisällytettiin muun muassa, mitä puhdistus- ja tarkistustoimenpiteitä operaattorit suorittavat päivittäin, viikoittain ja kuukausittain. Näiden toimenpiteiden tavoitteena oli lisätä ennakoivaa kunnossapitoa, parantaa linjan käyttöastetta ja käyttövarmuutta sekä vähentää korjaavan kunnossapidon osuutta kunnossapitotöistä.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin ennakkohuoltosuunnitelma tukkilinjan operaattoreille. Ennakkohuoltosuunnitelmaan määritetyt toimenpiteet pyrittiin pitämään melko yksinkertaisina, sillä vaativia huoltotehtäviä varten pitäisi järjestää operaattoreille perehdytyksiä ja kouluttaa suoritettavat huoltotoimenpiteet. Lisäksi tietyt toimenpiteet ovat luvanvaraisia, kuten sähkötyöt. Määritetyt toimenpiteet ovat pääasiassa aistinvaraisia tarkastuksia ja siivoustehtäviä. Aistinvaraisten tarkastusten avulla voidaan havaita laitteen vikaantuminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, usein jo ennen varsinaista vikaantumista. Siivoustehtävät taas ovat tärkeitä, sillä niiden avulla voidaan pitää laitteet sellaisessa kunnossa, että niistä on mahdollista havaita vikaantuminen. Työssä esiteltiin myös kunnonvalvontamenetelmiä, joita ei

sisällytetty ennakkohuoltosuunnitelmaan. Esimerkiksi värähtelymittaukset ja voiteluaineanalyysit katsottiin liian haasteellisiksi sisällyttää tähän työhön.

Työssä onnistuttiin luomaan tavoitteen mukainen ennakkohuoltosuunnitelma, jota noudattaen saavutettaisiin ne tavoitteet, joita ennakkohuoltosuunnitelman tuloksena haluttiin. Esimerkiksi usein toistettavat visuaaliset tarkistukset auttavat vähentämään yllättäviä vikaantumisia. Ennakkohuoltosuunnitelma on tehty riittävän yksinkertaiseksi ja helpoksi toteuttaa. Sen sisältämät toimenpiteet sisältävät runsaasti toimenpiteitä, joita operaattorit tekevät myös huomaamattaan päivittäin samalla, kun he työskentelevät normaalisti tukkijonilla. Yksinkertainen ja helposti toteutettava ennakkohuoltosuunnitelma edesauttaa ennakkohuollon säännöllistä toteuttamista ja lisää operaattorien laitetuntemusta. Liian monimutkaiset ja haastavat huoltotoimet taas jäisivät helposti suorittamatta.

Luotu ennakkohuoltosuunnitelma on mielestäni hyvä perusta ennakoivan kunnossapidon ja käyttäjäkunnossapidon kehittämiseksi ja sen avulla voidaan saavuttaa asenne-muutos käyttäjäkunnossapitoa kohtaan, kun operaattorit havaitsevat vikaantumisia tarkastuksia tehdessään ja näkevät käytännössä, mihin ennakkohuolloilla pyritään.

Opinnäytetyössä saavutettiin työlle asetetut tavoitteet, mutta aikataulutuksessa epäonnistuttiin selvästi. Aikataulun venyminen aiheutui pääasiassa heikosta opinnäytetyön suunnittelusta ja aikataulutuksesta, mutta vaikutuksensa oli myös sillä, että opinnäytetyö tehtiin varsinaisten töiden rinnalla. Opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin perehtymällä alan kirjallisuuteen, tukkijonin toimintaan ja tutustumalla käytettävissä olleisiin materiaaleihin. Lisäksi työn aikana järjestettiin kunnossapidon palaverit, joissa kerättiin kohteet, joille huoltotoimet kohdistetaan. Määritetyt huoltotoimet ja -välit on tehty pääosin olemassa olleiden valmistajien ohjeiden, kerätyn vikaistorian ja kirjallisuuslähteiden perusteella. Joitakin huoltotoimenpiteitä määritettiin toimintajärjestelmään operaattorien tekemien kehitysehdotusten perusteella. Lisäksi työssä sovellettiin hieman virtaviivaistettua SRCM-menetelmää.

Koen, että opinnäytetyön aihe oli ajankohtainen ja sitä oli mielekästä tehdä. Opinnäytetyöltä ei ole mahdollista saada välittömiä tuloksia, vaan niiden saaminen vie runsaasti aikaa vielä ennakkohuoltosuunnitelman käyttöönoton jälkeenkin. Käyt-

töönoton jälkeen luotettavien tulosten aikaan saaminen vaatii sen, että ennakkohuolto-ohjelmaa toteutetaan säännöllisesti, havaitut viat raportoidaan eteenpäin ja tarvittavat jatkotoimenpiteet tehdään.

Ennakkohuoltosuunnitelman luomisessa oli haastavaa määrittää suoritettavia tehtäviä ja niiden määrää, koska ennakkohuoltosuunnitelma on kohdennettu tukkilinjan operaattoreille, joiden pääasiallinen tehtävä on tuotannossa. Tarkoituksena oli pitää tehtävien määrä maltillisena ja tehtävät yksinkertaisina, jotta tehtävien suorittaminen ei olisi liian haastavaa ja aikaa vievää. Mikäli opinnäytetyön tuloksena saatu ennakkohuoltosuunnitelma otetaan käyttöön, on sitä mahdollista kehittää lisäämällä tai vähentämällä toimenpiteitä tarpeen mukaan. Ennakkohuoltosuunnitelman toimenpiteiden suoritusvälejä on mahdollista muuttaa käyttäjäkokemuksen perusteella. Ennakkohuoltosuunnitelman rinnalle voidaan luoda tarkat menetelmäkuvaukset siitä, miten yksittäiset huoltotoimenpiteet tehdään. Lisäksi siihen on mahdollista lisätä haastavampia toimenpiteitä, mutta tämä vaatii operaattorien kouluttamista ja ohjeistamista.

## Lähteet

- Aalto, H. 1997. Kunnossapitotekniikan perusteet. 3. p. Rajamäki: KP-Tieto.
- Hakonen, M. 2016. Jatkuva kunnossapidon kehittäminen tehostaa kilpailukykyä. Viitattu 18.12.2017. <https://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Jatkuva-kunnossapidon-kehittaminen-tehostaa-kilpailukyky>
- Heinonkoski, R. 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Helsinki:Opetushallitus
- Historia. Quant Finland oy:n www-sivuilla N.d. Viitattu 28.11.2017.<http://www.quantservice.com/fi/tietoja-yrityksesta/#history>
- Huolto- ja säätöohje. 1990. Raute Processing Machinery Oy. Viitattu 17.11.2017
- Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012 Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5.p. Helsinki: KP-Media
- Karvonen, A. N.d. Käyttäjäkunnossapito, Quant Finland Oy Powerpoint-esitys. Viitattu 11.11.2017
- Kekki, M. 2017. Vaneriteollisuus tänään. Julkaisussa Puulevyteollisuus. Porvoo: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys Ry ja Suomen Puuteollisuusinsinöörien Yhdistys Ry 35-42.
- Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät. 2010. Kunnossapito menestystekijä. Opetushallitus. [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_2-1\\_kunnossapidon\\_kasitteet\\_ja\\_maaritelmat.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmat.html). Viitattu 11.11.2017.
- Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito. Tuottavuutta käynnissäpidolla. Helsinki:KP-Media
- Lehtinen, L. 2013. Käyttäjäkunnossapito kohottaa käytettävyyttä. Tuotantotehokkuuden kehittäminen. Promaintlehti 30.10.2013. Viitattu 10.11.2017. <https://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Kayttaja-kunnossapito-kohottaa-kaytettavyytta>
- Leppänen, K. 2017. Jatkuva parantaminen. Opetusmateriaali. Metsä Wood. Viitattu 2.12.2017.
- Lämpökamera. 2010. Kunnossapito menestystekijä. Opetushallitus. [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_k5\\_lampokamera.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k5_lampokamera.html). Viitattu 15.12.2017.
- Metsä Group internetsivut. Metsän Vuosi 2017. Viitattu 9.4.2018 <https://www.metsagroup.com/fi/yhtio/metsan-vuosi/Sivut/default.aspx>
- Metsä Group. Esitysmateriaali 2017. Viitattu 10.10.2017
- Metsä Wood internetsivut. Tuotteet. 2016. Viitattu 10.10.2017 <https://www.metsawood.com/fi/tuotteet/Pages/tuotteet.aspx>

Metsä Wood internetsivut. Yritys. 2016. Viitattu 9.4.2018.  
<https://www.metsawood.com/fi/yritys/Pages/Yritys.aspx>

Mikkonen, H. & Kautto, J. 2009. Kuntoon perustuvan kunnossapidon suunnittelu. Julkaisussa Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja 139-164

Mikkonen, H. 2009. Laitetason kunnossapitostrategian valinta. Julkaisussa Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja 123-138

Mikkonen, H. & Komonen, K. 2009. Kunnossapidon toimintamallit. Julkaisussa Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja 69-94

Mikkonen, H. 2009. Mitä Kunnossapito on? Julkaisussa Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja 25-36

Miettinen, J., Leinonen, P., Riutta, E., Heinonen, K., & Kokko, V. 2009. Muita kunnonvalvonnan menetelmiä. Julkaisussa Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja 417-482.

Paras lääke käyttövarmuuden parantamiseksi on tuotannon ja kunnossapidon yhteistyö. 2017. Blogiteksti SKF Oy:n www-sivuilla. Viitattu 17.1.2018.  
<http://www.skf.com/fi/blog/paras-laake-kayttovarmuuden-parantamiseksi-on-tuotannon-ja-kunnossapidon-yhteistyö/>

Pajuoja, H. & Räsänen, T. Puun hankinta. 2017. Julkaisussa Puulevyteollisuus. Porvoo: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys Ry ja Suomen Puuteollisuusinsinöörien Yhdistys Ry 21-27

Potentiaalin hyödyntäminen. N.d. Artikkelit Quant Servicen www-sivuilla. Viitattu 15.11.2017 <http://www.quantservice.com/fi/tietoja-yrityksesta/#our-process>

SFS-EN 13306:2010. Määritykset kunnossapidon teknisille, hallinnollisille ja johtamisen alueille. Aihealueet: Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 11.10.2010. Viitattu 10.8.2017.  
<https://janet.finna.fi>, SFS Online.

Suolahden vaneritehtaat esitysmateriaali 2017. Metsä Wood. Viitattu 10.10.2017.

Quant and Metsä Wood have agreed on next step. 2017. Uutinen Quant Finland oy:n www-sivuilla 25.6.2017. Viitattu 28.11.2017. <http://www.quantservice.com/quant-and-metsa-wood-have-agreed-on-next-step/>

Vanerin valmistustekniikka. 2017. Julkaisussa Puulevyteollisuus. Porvoo: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys Ry ja Suomen Puuteollisuusinsinöörien Yhdistys Ry 47-105

Vanerit. 2015. Puuproffa. Julkaisu Pro Puu Ry:n www-sivuilla. Viitattu 12.11.2017.  
[http://www.puuproffa.fi/PuuProffa\\_2012/fi/puujalosteet/vanerit](http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/fi/puujalosteet/vanerit)

Vanerituotteet ja niiden ominaisuudet. 2017. Julkaisussa Puulevyteollisuus. Porvoo: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys Ry ja Suomen Puuteollisuusinsinöörien Yhdistys Ry 43-46

Vanerituotteet rakentamiseen, teollisuuteen ja kotiin. Esittelymateriaalia Metsä Woodin www-sivuilla N.d. Viitattu 7.11.2017.  
<http://www.metsawood.com/fi/tuotteet/vanerit/Pages/Vanerit.aspx>.

## Liitteet

### Liite 1. Esimerkki ennakkohuoltosuunnitelman sisällöstä

Sivu 1 / 12

#### HAVUTEHTAAN TUKKILINJA

##### Tukinsyöttö

##### Ennakkohuoltosuunnitelma operaattoreille

Ennen huoltotyön aloittamista varmista, että tarvittavat turvalukitukset on tehty!

Tarkasta turvalaitteiden kunto päivittäin.

Pidä laitteet puhtaana. Puhtaasta laitteesta on helpompi havaita vikaantumisen, kuten vuodot.

Nestevuotoja havaittaessa on aina selvítettävä vuotokohta

Havainnoi epänormaaleja ääniä ja virhetoimintoja sekä pyri paikantamaan ne.

Tarkkaile laitteiden kuntoa silmämääräisesti, sillä mekaaniset vauriot ovat usein helposti havaittavissa.

Päivittäin tehtäviksi määritetyt huoltotoimenpiteet suoritetaan vähintään kerran vuorokaudessa.

Viikoittain tehtävät huollot sisältävät päivittäin tehtävät huollot

Kuukausittain tehtävät huollot sisältävät sekä viikoittain että päivittäin tehtävät huollot

Laite	Tarkastus- tai huoltotoimenpide	Suoritusväli		
		Päivittäin	Viikoittain	Kuukausittain
<b>Sivusiirtokuljetin 1</b>				
Hydraulikoneikko	Tarkasta säiliön öljymäärä	x		
	Tarkasta öljyn lämpötila	x		
	Tarkkaile laitteiden toimintaa	x		
	Kiristä säiliön luukkujen ja venttiilien kiinnitysruuvit			x
	Kiristä käyttömoottorin ja pumpun kiinnitysruuvit			x
	Puhdista koneikko liasta		x	
Valokennot	Puhdista valokennot	x		
	Tarkasta valokennojen kiinnitys	x		
Hydraulimoottori	Puhdista päältä			x
	Tarkkaile käynti ääntä	x		
	Tarkasta mekaaninen kiinnitys			x

Liite 2. Tukkilinjan lay-out

