

**OptiConcept-mallin
jälkikäsittelylaitteiden
kunnonvalvontamenetelmien
optimointi**

Aapo Viiankorpi

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Kunnossapidon suunnittelu

Tekijä(t) Viiankorpi, Aapo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2018
	Sivumäärä 42	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Opticoncept-mallin jälkikäsitteilylaitteiden kunnonvalvontamenetelmien optimointi		
Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Tuukkanen Harri, Niininen Kirsi		
Toimeksiantaja(t) Ari Saari, Valmet Technologies Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Valmet Technologies Oy:n kunnossapitoyksikkö. Organisaation suuren koon ja eri liiketoiminta-alueisiin, yksiköihin ja osastoihin hajautettujen työtehtävien vuoksi vertailemalla analysoitua tietoa kunnonvalvonnasta ei ollut vielä tehty. Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla aikaisempia tuotoksia paperikoneen Opticoncept-mallin kunnonvalvonnasta ja niiden avulla optimoida sekä kehittää kunnonvalvontaa ja kunnonvalvonnan suunnittelua. Lisäksi toimeksiantaja toivoi työn tuloksena visuaalista tuotosta ennakkohuoltokohteista ja kunnonvalvontakohteista myynnin tueksi. Työ rajattiin laajan aineiston vuoksi koskemaan jälkikäsitteilylaitteita.</p> <p>Ongelman ja lähestymistavan vuoksi opinnäytetyö toteutettiin kehittämistutkimuksena, jonka aineiston tyyppin ja tavoitteiden vuoksi työssä käytettiin laajaa sisällönanalyysiä. Aineistoa josta analysoitava tietue luotiin, saatiin usealta eri yksiköltä. Analyyseistä saatuja tuloksia vahvistettiin teorialla ja analysoitiin edelleen tapaamisissa asiantuntijoiden kanssa. Sisältöä eri näkökulmista vertailemalla ja tietoperustalla perustellen voitiin löytää kehityskohteita ennakkohuoltosuunnitelmien kunnonvalvonnonvalvontamenetelmistä ja kunnonvalvonnan suunnittelusta.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena olivat korjaus- ja kehitysehdotuksen ennakkohuoltosuunnitelmien luontiin ja kunnonvalvontamenetelmien valintaan. Aineistosta saatiin Valmet Technologies Oy:n käyttöön myös toivottu määrällinen listaus ja malli tukemaan visuaalisen tuotoksen kehittämistä. Opinnäytetyön tulokset todettiin käyttökelpoisiksi ja kehittäviksi.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Kunnossapito, Kunnonvalvonta, Ennakkohuoltosuunnitelma, Optimointi		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Viiankorpi, Aapo	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2018 Language of publication:
	Number of pages 42	Permission for web publication: x
Title of publication Optimization of condition monitoring methods for Opticoncept-models finishing operations.		
Degree programme Degree programme in mechanical and Production engineering		
Supervisor(s) Tuukkanen Harri, Niininen Kirsi		
Assigned by Ari Saari		
Abstract <p>The thesis was assigned by the maintenance department of Valmet Technologies Ltd. The amount of results compared between different departments has been too low, due to the large size of the organization and that the job assignments have been distributed between different business areas, local units and departments. The aim of this study was to make this needed comparison of premade data about predictive maintenance methods for papermachines Opticoncept-model and by that, finding ways to optimize and develop condition monitoring and condition monitoring planning. In addition, the commissioner hoped that the work would give means to support the sales of condition monitoring plans. Area of thesis was limited to certain four assemblies at the finishing operations.</p> <p>Due to the problem and the approach, the thesis was built along the guidelines of Development research. The type of the material acquired and the nature of objectives made it possible to use extensive content analysis as a method. The material for this analysis was acquired from multiple departments of the company. Results of this analysis were supported by theory and even further analyzed with Valmet specialists. By taking a new perspectives that were justified with theory, it was possible to get good developing results of predictive maintenance and condition monitoring planning.</p> <p>The work resulted in the development and correction of predictive maintenance planning policies and in decision making when selecting condition monitoring method. For supporting the sales of condition monitoring plans, there is a numeric table of predictive maintenance works and condition monitoring, that can be used for making a visual presentation for possible customers. All together, the results of thesis were executable and developing.</p>		
Keywords/tags (subjects) Maintenance, Condition monitoring, Predictive maintenance planning, Optimization		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	4
2	Tutkimusasetelma ja -menetelmät.....	5
2.1	Tutkimusmenetelmä	5
2.2	Kehittämistutkimus	5
2.3	Aineiston keruu	6
2.4	Sisällönanalyysi.....	7
3	Valmet Oyj	8
4	Kunnossapito.....	10
4.1	Kunnossapidon merkitys	10
4.2	Kunnossapitolajit	11
4.3	Käyttövarmuus	13
4.4	Kunnossapidon toimintamallit	14
4.5	Kunnossapito tuotannon ja myynnin tukitoimintona	14
4.6	Ennakkohuoltosuunnitelma	15
4.7	Kriittisyysanalyysi	16
5	Kunnonvalvonta	16
5.1	Kunnonvalvonta organisaatiossa	16
5.2	Kunnonvalvonnan talous.....	17
5.3	Kunnonvalvontamenetelmät.....	20
5.3.1	Aistienvaraiset menetelmät	20
5.3.2	Värähtelymittaukset	21
5.3.3	Lämpötilamittaukset.....	23
5.3.4	Voiteluaineanalyysit	24
5.3.5	Venymäliuskamittaus	24

	2
5.3.6 NDT-Menetelmät.....	24
5.4 Kunnonvalvonnan kohteiden valinta	24
5.5 Etäkunnonvalvonta ja teollinen internet	25
6 OptiConcept-mallin optimaalinen kunnonvalvonta	26
6.1 Kunnonvalvonnan nykytilanne ja haasteet sekä mahdollisuudet.....	26
6.2 Aineistonkeruu ja kuvailu	27
6.3 Kunnonvalvonnan sisällönanalyysin toteutus.....	27
6.4 Sisällönanalyysin konkreettiset tulokset	29
7 Kunnonvalvonnan optimoinnin tuloksia ja implementointi	32
7.1 Ennakkohuoltosuunnitelman kehittäminen.....	32
7.2 Visuaalinen esitystapa	33
7.3 Kehitysehdotukset OptiConcept-mallin optimaalisen kunnonvalvonnan suunnitteluun	34
8 Pohdinta.....	35
Lähteet	37
Liitteet.....	39
Liite 1. Kriittisyysanalyysin pisteytys. Valmet.....	39
Liite 2. Ote tuotetusta datatietueesta, muokattu.....	40
Liite 3. Kehityskohteiden koontitaulukko osa 1, muokattu.	41
Liite 4. Kehityskohteiden koontitaulukko osa 2, muokattu.	42

Kuviot

Kuvio 1. Valmetin toimipisteet (Valmet yhteystiedot, N.d.).....	8
Kuvio 2. Kunnossapidon jatkuva kehittäminen (Valmet criticality analysis and factors, N.d).....	11
Kuvio 3. Kunnossapitolajit (PSK 7501:2010, 32).....	12
Kuvio 4. Kunnossapidon päätöksenteon kustannusten punnitseminen (Kunnossapidon tuotot ja kustannukset. N.d).	18
Kuvio 5. PF-käyrä (Järviö 2012, 74) muokattu.	19
Kuvio 6. Esineiden internetin käyttö etäkunnonvalvonnassa (Watts 2016, 25).....	26
Kuvio 7. OptiCalender soft kehitysehdotukset (Rakenneryhmäjulisteet N.d. 10) muokattu.....	30
Kuvio 8. OptiSizer Film kehitysehdotukset (Rakenneryhmäjulisteet N.d. 8) muokattu.	30
Kuvio 9. OptiReel Linear kehitysehdotukset (Rakenneryhmäjulisteet N.d. 11) muokattu.....	31
Kuvio 10. OptiWin Drum kehitysehdotukset (Rakenneryhmäjulisteet N.d. 13) muokattu.....	31

1 Johdanto

Aiheena opinnäytetyössä oli paperikoneen Opticoncept-mallin kunnonvalvontamenetelmien optimointi Valmet Oy:lle. Aihetta ehdotti kunnossapidon kehitysvastaava, teknologiapäällikkö Ari Saari Valmet Technologies Oy:ltä. Ongelma on muodostunut yrityksen suuren koon sekä eri liiketoiminta-alueille, yksiköille ja osastoille jaettujen tehtävien vuoksi. Toimeksiantajan pohdinnasta ilmeni, että osastojen välillä ei ole ollut riittävästi keskustelua ja osastojen tekemien töiden tuloksia ei ole vertailtu keskenään riittävästi. Tutkimalla ja vertailemalla aikaisempien töiden tuloksia voidaan löytää mahdollisuuksia kehittää ja kohdentaa kunnonvalvontaa entistä tehokkaammin. Tämän lisäksi voidaan havaita myös kohteita, joiden kunnossapito on joko liiallista tai vajavaista.

Kunnonvalvonnan tulee olla optimoitua ja sen tarpeellisuuden on oltava sekä perusteltua että tutkittua. Aihe perustuu toimeksiantajan realisoimaan haasteeseen, joten se jo itsessään tekee tutkimuksesta merkittävän. Nykypäivänäkin teollisuuden ja kunnossapidon markkinat jatkavat kasvuaan, jolloin uusia tekniikoita sekä käyttökohteita tutkitaan jatkuvasti. Lisäksi vaaditaan yhä parempaa käytettävyyttä, turvallisuutta, tehokkuutta ja helppokäyttöisyyttä. Tämän lisäksi miehittämättömät teknologiat lisääntyvät entisestään, joten myös niihin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Kyseinen kehitys puolestaan edistää myös kunnonvalvonnan markkinoita. Markkinan laajuus ja tieteellisyys antavat teknologiayrityksille mahdollisuuden olla edellä kilpailijoitaan, mikä puolestaan edellyttää laajaa tutkimusta ja osaamista.

Työn rajaus ja tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli paperikoneen OptiConcept-mallin jälkikäsitteilylaitteiden rakenneryhmäkohtainen kunnonvalvontakohteiden tunnistaminen ja optimaalisten valvontatapojen löytäminen sekä tarpeettomien kunnossapidon toimien eliminointi. Toimeksiantaja toivoi kehitystä ja uusia näkökulmia ennakkohuoltosuunnitelmien sisällön varmistamiseen ja tuottamiseen. Tavoitteesta muodostui työlle tutkimuskysymykset, jotka ovat:

1. Kuinka tunnistaa valvottavat kohteet ja määrittää valvontatavat optimaalisesti kohteille?
2. Kuinka kunnonvalvonta on toteutettavissa optimaalisesti paperikoneen jälkikäsitteilyalueella?

Työ rajattiin tiettyihin jälkikäsitteilylaitteiden rakenneryhmiin. Rajaamisella pyritään asettamaan opinnäytetyön laajuus ja työmäärä sopivaksi sekä keskittymään toimeksiantoyrityksen myynnillisesti tärkeimpiin rakenneryhmiin. Työssä käsiteltävät rakenneryhmät ovat ”OptiCalender soft, OptiReel plus, OptiSizer Film, WinDrum C”.

2 Tutkimusasetelma ja -menetelmät

2.1 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistyönä, jossa käytettiin tutkimuksellista otetta. Tutkimuksessa on hyödynnetty pääosin kvalitatiivista eli laadullista tutkimusmenetelmää, mutta havaittavissa on myös kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimusmenetelmän piirteitä. Tutkimuksessa pyritään teorian avulla rakentamaan saadusta aineistosta tulkintoja, joilla kehitetään nykyistä toimintaa.

2.2 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimuksessa yhdistyvät kehittäminen ja tutkimus syklissä, jossa kuvataan ongelma, laaditaan toimenpide-ehdotukset, toteutetaan toimenpiteet ja katsotaan tulos. Kehittämistyön perustana on tarve muutokselle, jonka tavoitteena on parantaa toimintaa. Jotta voidaan puhua kehittämistutkimuksesta, on työhön liityttävä tutkimus sekä sen prosessin ja tulosten raportointi. Kehittämistutkimus on joukko tutkimusmenetelmiä, joita valitaan ongelman, tilanteen ja kehittämiskohteen mukaisesti. Tutkimusmenetelmät voivat tarpeen mukaan koostua sekä laadullisista, että määrällisistä tutkimusmenetelmistä. (Kananen 2015, 33.)

Tutkimuksen tarkoituksena on havaita mahdollisia ongelmia, puutteita ja onnistumisia tämän hetkisessä toiminnassa. Tällöin voidaan laatia ehdotuksia sekä suunnitelmia muutoksille ja sen myötä toimimalla suunnitelman mukaisesti voidaan saada aikaan tarkoituksenmukaista kehitystä. Tutkimuksen tekijän tekemät huomiot

ja kehityskohteet ovat mahdollistaneet ratkaisujen ehdottamisen esimerkiksi ennakkuhuoltosuunnitelmien tekemiseen ja kunnonvalvontamenetelmien valintaan liittyen. Kyseisiä ongelmanratkaisu- ja kehitysehdotuksia hyödyntämällä toimeksiantajan on mahdollista kehittää organisaationsa toimintaa ja saada aikaan toivottua parantavaa muutosta tulevaisuudessa.

2.3 Aineiston keruu

Tutkimuksen aihetta ehdotti toimeksiantajan kunnossapidon kehitysvastaava, ja ongelma sekä lopullinen aihe määriteltiin yhdessä toimeksiantajan kanssa käydyssä palaverissa. Ongelman määrittelyn sekä toivotun kehityksen ja tavoitteiden havainnollistamisen jälkeen aloitettiin tutkimukseen liittyvä tiedonkeruu. Tuomi ja Sarajärvi (2018, 73) ovat todenneet, että laadullisen tutkimuksen tavoitteena on tilastollisten yleistyksien sijaan pyrkiä ymmärtämään tiettyä toimintaa, tekemään teoreettisesti mielekäs tulkinta jostakin ilmiöstä tai kuvaamaan jotakin ilmiötä tai tapahtumaa. Näin ollen heidän mukaansa on kiinnitettävä huomiota siihen, että tietoa kerätään henkilöiltä, joilla on mahdollisimman paljon tietoa tutkittavasta ilmiöstä ja kokemusta asiasta. Tutkimuksessa käytetty aineisto koostuu toimeksiantajan laatimista tuotoksista tietyille rakenneryhmille.

Yksi laadullisen tutkimuksen yleisimmistä aineistonkeruumenetelmistä on erilaisista dokumenteista koottu tieto (Tuomi 2018, 61). Tässä tutkimuksessa merkittävä osa tutkimusaineistona hyödynnettävästä materiaalista muodostuu yksityisistä dokumenteista, joilla Tuomen ja Sarajärven (2018, 71) mukaan tarkoitetaan esimerkiksi sopimuksia ja puheita. Suurin osa kyseisistä sopimuksista ja erilaisista raporteista on kirjallisessa muodossa, mutta osa sopimuksiin ja raportteihin liittyvistä tiedoista on ilmennyt toimeksiantajan kanssa käydyissä keskusteluissa.

Tutkimuksessa hyödynnettävä aineisto on muodostunut useamman palaverin aikana, joihin ovat osallistuneet toimeksiantajan kunnossapidon kehitysvastaava sekä useita kunnossapidon asiantuntijoita. Kyseiset henkilöt ovat kertoneet näkemyksensä aineistoon ja ongelmaan liittyen, mikä on edistänyt tiedon sekä aineiston ymmärtämistä, käsittelyä ja määrittelyä sekä mahdollistanut kehittämistutkimuksen toteuttamisen tuloksellisesti. Puheista muodostuva aineisto on pääosin laadittu kirjallisten muistiinpanojen pohjalta, joita tutkimuksen tekijä on tehnyt

keskusteluiden ja puheenvuorojen osalta. Näin ollen kunnossapidon asiantuntijoiden kanssa käydyt keskustelut muodostivat oleellisen osan aineistosta. Tästä huolimatta suurin osa aineistosta koostui kuitenkin kirjallisessa muodossa olevista taulukoista ja raporteista. Kyseiset aineiston kirjalliset dokumentit ovat toimeksiantajalta saatuja asiakirjoja. Edellä mainittujen dokumenttien analyysissä voidaan hyödyntää sisällönanalyysia (Tuomi 2018, 71).

Suuri osa aineistosta on salassa pidettävää toimeksiantajan liiketoiminnan kannalta ja heidän asiakkaidensa osalta. Tästä johtuen tutkimuksen tekijä on käsitellyt aineistoa luottamuksellisesti ja harkiten sekä pitänyt huolta, ettei kolmansilla osapuolilla ole ollut pääsyä aineistoon. Salassapitovelvollisuudesta johtuen valmiista tutkimusraportista on poistettu tai muokattu aineiston tietoja siten, ettei raportissa käsitellyistä asioista aiheudu menetyksiä toimeksiantajan liiketoiminnalle.

2.4 Sisällönanalyysi

Sisällönanalyysi ei ole pelkästään yksittäinen metodi, vaan sitä voidaan ajatella myös väljänä teoreettisena kehyksenä, joka on liitettävissä erilaisiin analyysikokonaisuuksiin. Yksinkertaisimmillaan sisällönanalyysissä etsitään tekstin merkityksiä, jolloin sillä tarkoitetaan pyrkimystä kuvata dokumenttien sisältöä sanallisesti. (Tuomi 2018, 77, 88.) Tällä tavoin dokumentit, kuten raportit ja taulukot, saadaan yleisesti ymmärrettävämpään muotoon, jotta niiden hyödynnettävyys ja merkittävyys sekä tehostuvat että monipuolistuvat. Tämän työn aineiston analyysissä aineistoa tarkastellaan eritellen sekä etsien yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia. Tämän lisäksi aineistosta tehtyjä huomioita peilataan teoriataustaan.

Tutkimuksen tekijä aloitti analyysin perehtymällä laajaan aineistoon syvällisesti, minkä jälkeen oli mahdollista aloittaa erilaisten dokumenttien järjestäminen sellaiseen muotoon, että niiden käsittely olisi järjestelmällistä ja mielekästä. Aineistosta poimittiin ennakkoluulottomasti huomioita, joiden todettiin tietoperustan avulla olevan yhteydessä tutkimuksen ongelmaan. Aineiston analysoinnissa pyrittiin löytämään yhteneväisyyksiä ja eroavaisuuksia sekä vertailemaan aineistosta poimittuja muuttujia. Vertailemalla oli mahdollista havaita mahdollisia puutteita ennakkohuoltosuunnitelmissa ja eri kohteiden

kunnonvalvontemenetelmissä sekä raporttien päällekkäisyyksistä tai ristiriidoista. Vertailussa käytettiin apuna myös filtteröintiä, eli asiaa tarkasteltiin eri näkökulmista. Samalla voitiin todeta myös raporttien toimivuus ja yhteneväisyys toisiinsa nähden, jolloin ne tukivat toinen toistaan ja tarjosivat täydentävää tietoa kokonaisuudesta. Aineistosta poimittuja huomioita peilattiin myös teoriataustaan, jolloin myös tutkimuksen teoria on ollut yhteydessä tuloksien muodostumiseen.

3 Valmet Oyj

Valmet sekä toimittaa että kehittää teknologiaa, automaatiota ja palveluita paperi-, sellu- ja energiateollisuudelle kansainvälisesti. Valmetin kokonaisvaltaisena tavoitteena on kehittyä maailman parhaaksi asiakkaidensa palvelussa. Vuonna 2017 Valmetin liikevaihto oli noin 3,1 miljardia euroa. Yrityksen osakkeet noteerataan Nasdaq Helsingissä. (Valmet yrityksenä 2018; Valmet lyhyesti 2018.) Valmetin pääkonttori sijaitsee Espoossa ja yrityksellä on toimintaa 33 maassa. (Kuvio 1) (Valmet lyhyesti 2018; Valmet yleisesitys 2017, 6). Valmetin maailmaanlaajuista asiakaskuntaa palvelee 12 000 ammattilaista ja Valmetin toiminnot työllistävät Suomessa noin 4 800 henkilöä (Valmet Suomessa 2017; Valmet yleisesitys 2017, 31).



Kuvio 1. Valmetin toimipisteet (Valmet yhteystiedot, N.d.)

Valmetille on kertynyt teollisuushistoriaa yli 200 vuoden edestä. Yhtiön toiminta kuitenkin uudistui joulukuussa 2013, sillä sellu-, paperi- ja voimatuotantoliiketoiminta irtautui tuolloin Metso Oyj:stä. (Valmet yrityksenä 2018.) Valmet tarjoaa asiakkailleen kattavia palvelukokonaisuuksia kunnossapidon ulkoistuksesta tehtaiden sekä voimalaitosten parannuksiin ja varaosiin. Yrityksen teknologiatarjonta keskittyy sellutehtaisiin sekä pehmopaperin-, kartongin- ja paperinvalmistuslinjoihin ja bioenergiaa tuottaviin voimalaitoksiin. Tämän lisäksi Valmetin automaattoratkaisuihinsa sisältyvät sekä yksittäiset mittaukset että koko tehtaan kattavat avaimet käteen automaatioprojektit. (Valmet lyhyesti 2018.)

Yrityksen liiketoiminta on jaettu neljään liiketoimintalinjaan, jotka ovat Palvelut, Automaatio, Sellu ja energia sekä Paperit. Yrityksen liiketoiminta jakautuu maantieteellisesti puolestaan viiteen alueeseen, joita ovat Etelä-Amerikka, Pohjois-Amerikka, EMEA (Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka), Kiina sekä Aasian ja Tyynenmeren alue. Jokaisella alueella on vastuu oman alueensa myynnistä, projektitoimitusten tukemisesta ja asiakkaiden tarpeiden mukaisten palvelujen tarjoamisesta. (Valmet liiketoiminnat 2018.) Yrityksen palvelu- ja tuotetarjonta muodostuvat tehtaiden uudistuksista, tuottavuuden tehostamispalveluista, asiakkaiden lopputuotteiden arvon nostamiseksi, uusista kustannustehokkaista ratkaisuista ja teknologioista sekä energian että raaka-ainekäytön optimoimiseksi (Valmet strategia 2018).

Valmet keskittyy strategiansa mukaisesti toimittamaan ja kehittämään sekä teknologioita että palveluja ensisijaisesti teollisuudenaloille, jotka hyödyntävät biopohjaisia raaka-aineita. Perimmäisenä tarkoituksena Valmetin toiminnassa on muuntaa sekä jalostaa uusiutuvista raaka-aineista vastuullisia ja kestäviä ratkaisuja. (Valmet strategia 2018.) Arvot Valmetin toiminnassa kiteytyvät asiakkaiden suorituskyvyn parantamiseen, aktiiviseen uudistumiseen, suorituksen parantamiseen tavoitteita saavuttaen sekä yhdessä tulevaisuuden luomiseen ja tuloksien tekemiseen (Valmet yleisesitys 2017, 24). Asiakas lupauksessaan yritys korostaa vahvaa sitoutumistaan asiakkaidensa menestyksen edistämiseen sekä tulevaisuuden vastuullisiin ratkaisuihin ja kestävään kehitykseen (Valmet yritysidentiteetti 2018).

4 Kunnossapito

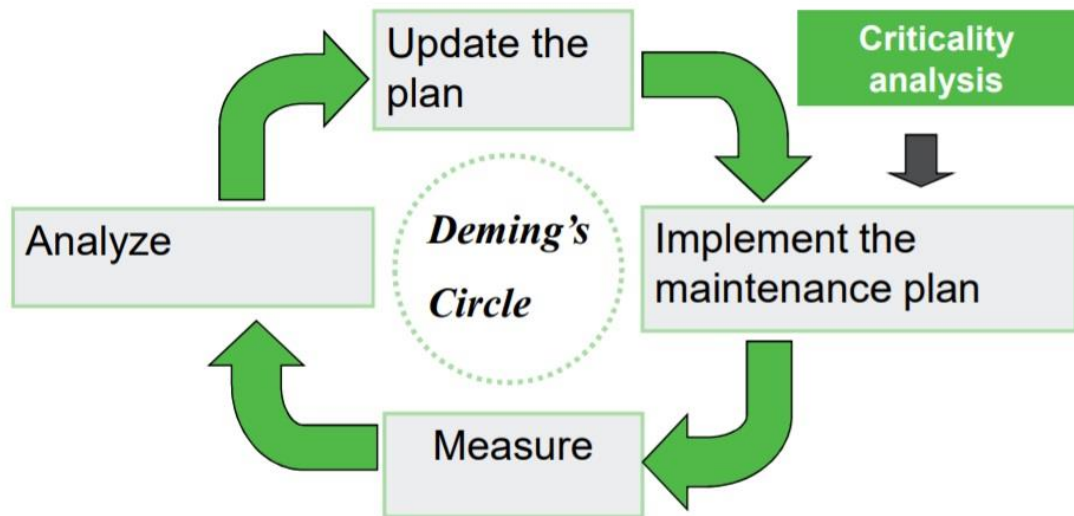
4.1 Kunnossapidon merkitys

Kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkia koneen elinjakson aikaisia teknisiä, hallinnollisia ja liikkeenjohdollisia toimia, joilla pyritään ylläpitämään koneen toimintakykyä tai palauttamaan se sellaiseksi, että kone suorittaa halutun toiminnon (SFS-EN 13306:2010). Kunnossapito on ennen kaikkea toimintakunnon hoitamista koko organisaation laajuudella koskien niitä ryhmiä, jotka ovat tekemisissä kyseisen omaisuuden kanssa. Perinteisesti kunnossapito-osasto vastaa haastavista, erikoisosaamista vaativista tehtävistä, mutta myös käyttöhenkilöstö ja organisaation johto kantavat oman vastuunsa kunnossapidon onnistumisesta (Järviö 2012, 17).

Kunnossapidon tavoitteet ovat korkea käyttövarmuus ja tuotannon kokonaistehokkuus. Lisäksi kunnossapidolla voidaan saavuttaa parannuksia turvallisuudessa ja ympäristön huomioimisessa (PKSK 6201:2011, 4).

Tarkoituksenmukaisella ja määrällisesti optimoidulla kunnossapidolla voidaan edistää yrityksen tuottavuutta merkittävästi. Vikaantumisien ennaltaehkäisy ja havainnointi vähentävät suunnittelemattomia seisakkeja. Näin ollen ne myös minimoivat tuotannonmenetyksiä ja laatuongelmia sekä tukevat kunnossapito-organisaation suunnittelutasoa takaamalla riittävän reagointiajan. Tämän vuoksi kunnossapidon tärkeys korostuu tuotantomallin ollessa prosessilinja, jossa tärkein tunnusluku on käyttövarmuus. Kunnossapito on kuvion 2 mukainen prosessi, jota tulee kehittää eli optimoida jatkuvasti ja siten voidaan varmistaa sen kokonaisvaltainen hyöty.

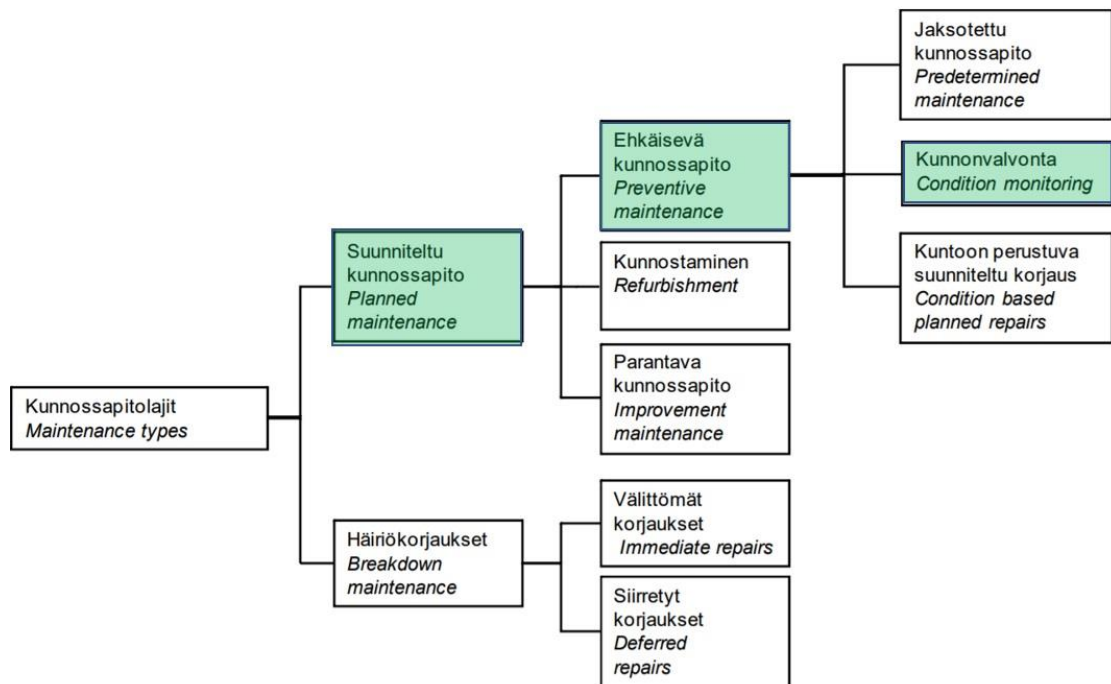
Kuvio 2. Kunnossapidon jatkuva kehittäminen (Valmet criticality analysis and factors, N.d).



4.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito on jaoteltu eri lajeiksi, jotta toiminnan johtaminen olisi tehokasta. Kunnossapitolajien jaottelun avulla voidaan esimerkiksi seurata kunnossapidon tehokkuutta vertailemalla työlajien aiheuttamia kustannuksia. (Järviö 2012, 46.) Kunnossapitolajien esittämiseen on useita tapoja, mutta yleisesti kunnossapitolajit jaetaan reagoiviin eli häiriökorjauksiin ja suunniteltuihin kunnossapitolajeihin. Suunnitellun kunnossapidon työt tehdään ohjelman tai suunnittelun mukaisesti ja häiriökorjauksissa vaurio korjataan sen ilmettyä, sen vaatimalla tavalla. Standardissa PSK 7501 esitetty jaottelu käy ilmi kuviosta 3.

Kuvio 3. Kunnossapitolajit (PSK 7501:2010, 32).



Suunniteltuun kunnossapitoon kuuluvat kunnostaminen, parantava kunnossapito ja ehkäisevä kunnossapito. Kunnostamisella tarkoitetaan niitä toimia, joilla laite palautetaan toimintakuntoon prosessin häiriintymättä. Parantava kunnossapito on laitteen rakennetta muuttavaa toimintaa, jolla laitteen ominaisuuksia, kuten toimintavarmuus ja kunnossapidettävyyys, parannetaan toimintoa muuttamatta. Ehkäisevä kunnossapito jaotellaan edelleen kolmeen alalajiin, jotka ovat jaksotettu kunnossapito, kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus. (PSK 7501:2010, 5.)

Ehkäisevän kunnossapidon alalajeista kuntoon perustuvassa kunnossapidossa korjataan kunnonvalvonnalla tai tarkastustoiminnalla havaittuja potentiaalisia vikakohteita (PSK 6201:2011, 23). Jaksotettu kunnossapito taas tehdään kuntoon perustuvasta kunnossapidosta poiketen ilman edeltävää toimintakunnon tutkimista esimerkiksi kalenteriajan, käyttötuntien tai tuotantomäärän mukaan suunnitelluin jaksoin (PSK 6201:2011, 22). Kunnonvalvonnalla pyritään seuraamaan kohteen tilaa ja havaitsemaan alkavia vikaantumisia. Kunnonvalvontaa käsitellään syvällisemmin luvussa 5.

Häiriökorjauksissa jaottelu eroaa korjauksen välittömyyden mukaan. Mikäli vikaantuminen aiheuttaa seurauksia tuotantoon tai muita riskejä tulee kyseeseen välitön häiriökorjaus, jossa laitteen toimintakunto palautetaan tai rajoitetaan siten, ettei se aiheuta seurauksia ja riskejä tuotannolle. Mikäli vikaantuminen ei aiheuta seurauksia, voidaan korjaustoimet siirtää tehtäväksi olosuhteiden sallimaan aikaan. (PSK 6201:2011, 23.)

4.3 Käyttövarmuus

Kunnossapidon yksi keskeisimmistä tavoitteista ja tuoteominaisuuksista on korkea käyttövarmuus, joka merkitsee tavallaan myös laitteen toiminnan luotettavuutta. Käyttövarmuus kuvaa kohteen kykyä olla sellaisessa tilassa, että se suorittaa vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä hetkellä tai ajanjaksolla.

Käyttövarmuuteen vaikuttavat kohteen toimintavarmuus, kunnossapidettävyyys ja kunnossapitovarmuus (Ahonen 2012, 11). Käyttövarmuus on näin ollen tarkoituksenmukainen mittari etenkin ennakoivan kunnossapidon onnistumiselle. Tämän merkitys korostuu prosessilinjoilla, joissa tuotannonmenetykset yllättävän vikaantumisen tapahtuessa kriittisessä paikassa voivat kasvaa yllättävän suuriksi.

Kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan kohteen kykyä olla pidettävissä sellaisessa tilassa tai olla palautettavissa sellaiseen tilaan, jossa se voi määritellyissä olosuhteissa suorittaa vaaditun tehtävän, kun kunnossapito suoritetaan käyttäen vaadittuja resursseja ja menetelmiä kyseisissä olosuhteissa (PSK 6201:2011, 8).

Kunnossapitovarmuus kuvaa organisaation kykyä suorittaa vaadittu tehtävä määrättyissä olosuhteissa vaaditulla ajanjaksolla tai hetkellä. Toimintavarmuus tarkoittaa kohteen kykyä suorittaa vaadittu toiminta tietyn ajanjakson määrättyissä olosuhteissa. (PSK 6201:2011, 7.) Käyttövarmuutta tarkasteltaessa on huomioitu kohteen toiminnan varmuus, kohteen toimintakuntoon palauttamisen varmuus ja organisaation kyky suorittaa kunnossapitoa. Mikäli kohteen käyttövarmuus on heikko, voidaan tutkia näiden kolmen osa-alueen tai olosuhteiden tilaa.

4.4 Kunnossapidon toimintamallit

Kunnossapitoon on kehitetty viime vuosikymmenten aikana runsaasti erityyppisiä toimintamalleja. Toimintamallit voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan. Ensimmäinen kategoria sisältää laatujohtannaiset strategiat, jotka keskittyvät työn tekemiseen oikein ensimmäisellä kerralla. Toisessa kategoriassa motivoidaan käyttäjää huolehtimaan koneestaan ja rakentamaan yhteistyötä organisaatiossa. Esimerkkinä tällaisesta toimintamallista on kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito (TPM). Kolmanteen kategoriaan kuuluu luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM), joka pyrkii tehokkaan kunnossapitostrategian valintaan.

4.5 Kunnossapito tuotannon ja myynnin tukitoimintona

On tärkeää ymmärtää tavat, joilla tuotannon toiminnot vaikuttavat dynaamisessa suhteessa kunnossapidon toimiin. Kun tämä asia on sisäistetty, voidaan asettaa tavoitteet kunnossapidolle. Tämä onnistuu ainoastaan yhteistyössä tuotannon kanssa, koska kunnossapidon ja tuotannon tavoitteet ovat erottamattomia toisistaan. Tämän lisäksi molempien tulee olla linjassa organisaation tavoitteiden eli taloudellisen tuloksen tekemisen kanssa. Päätökset siitä, kuinka parhaiten pidetään tuote käyttökunnossa tulee pohjautua yrityksen perusajatukseen. Asettamalla kunnossapidon tavoitteet koko organisaation tasolla ja tuomalla ne alimmalle tasolle asti voidaan tehokkaasti suunnitella kunnossapidon työnkulku. (Kelly 2006, 28.) Kunnossapitoon investoimisen hyötyä on vaikea arvioida, etenkin ajatellessa vain investoinnin ja hyödyn suoraa suhdetta. Syynä on muuttujien näkemyksellisyys ja vaikeampi mitattavuus. Paras perustelu kunnossapidon tärkeydelle myynnin sidosryhmänä on toimitetun kokonaisuuden oikean toiminnan vaikutus myyntiin ja asiakastyytyvyyteen. (Davies 1998, 471.)

Kun organisaatiotasolla ymmärretään kunnossapito-osaston vaikutus tuotantoon, myyntiin ja koko organisaatioon voidaan näitä suhteita käyttää parhaiten hyödyksi. Tuotteen elinjakson pidentämisellä kunnossapidon keinoin saadaan aikaan positiivinen imago ja tätä kautta myös lisää myyntiä. Organisaatiossa, jossa tuotteen ohessa myydään kunnossapitoa kyseisen imagon merkitys kasvaa. Kaiken perustana on ajatus siitä, että tuotteen myynyt toimittaja tuntee tuotteensa parhaiten ja on

näin ollen luotettava taho huolehtimaan sen kunnossapidosta ja myös vastaamaan kunnossapidon toteutuksesta vähintään erikoisosaamista vaativissa töissä. Lisäksi kunnossapidon olemassaolo ja laatu voi olla merkittävä tekijä ostopäätöksessä.

4.6 Ennakkohuoltosuunnitelma

Ennakkohuoltosuunnitelma sisältää kaikki laitteille määritellyt ennakoivan kunnossapidon toimet ja se ymmärretään monessa organisaatiossa tuotteena. Ennakkohuoltosuunnitelman ollessa laadukas ja optimoitu, tulisi teoreettisesti korjaavan kunnossapidon vähentyä ja käytettävyyden pysyä juuri halutulla tasolla.

Ennakkohuoltosuunnitelmaa laadittaessa ensimmäisenä rajataan kohde ja prosessi, jotta projekti pysyy hallinnassa ja se voidaan toteuttaa tehokkaasti. Lisäksi prosessi jaetaan vielä toiminnallisesti. Tämä rajaus on työssä käytetyissä ennakkohuoltosuunnitelmissa tehty rakenneryhmittäin, jotka on jaettu hierarkkiseen rakenteeseen toimintojen mukaisesti.

Seuraavaksi tulee määritellä kohteen toiminnot ja niiden vikaantumiset, jotka halutaan estää. Tähän tutkintaan voidaan käyttää pohjana vikahistoriaa, varaosien kulutusta sekä valmistajan ohjeita. Käytettävien ennakkohuoltosuunnitelmien teossa on toimittu tämän mukaan ja lisäksi käyty kokoneiden tekniikan tuntevien henkilöiden, kuten esimerkiksi suunnittelijoiden, kanssa läpi tietoja vastaavan kohteen aikaisemmista vikaantumisista ja tärkeimmistä komponenteista.

Viimeisenä prosessissa yhdistetään kriittisyysanalyysin tiedot ja luokitellaan toiminnot kriittisyysluokittain. Täten tiedetään kriittisimmät toiminnot ja niiden tyypillisimmät vikaantumiset, jolloin voidaan luoda ennakkohuoltosuunnitelma. Tarkasti luotu ennakkohuoltosuunnitelma auttaa kohdentamaan tarkastukset, huollot ja mittauksen oikeisiin laitteisiin, oikea-aikaisesti sekä oikealla tavalla, ja prosessin luotettavuus paranee samalla, kun vikaantuminen vähenee (Järviö 2012, 101).

4.7 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysi on kunnossapidon työkalu, jolla pyritään havaitsemaan kohteet, joiden vikaantumisella on merkittävimmät seuraukset, ja täten monen eri prosessin kautta voidaan pyrkiä välttämään kyseisiä vikaantumisia. Näitä prosesseja ovat esimerkiksi kunnossapito- tai ennakkohuoltosuunnitelman luominen ja mahdollisten hankintojen tekeminen, jolloin voidaan vaikuttaa kriittisen laitteen ominaisuuksiin ja laatuun. Kriittisyysanalyysissä määritellään tarkastelun laajuus, jonka jälkeen määritellään tekijöille painoarvot. Toimintojen kriittisyyteen vaikuttavat ympäristö- ja turvallisuustekijät sekä korjaus-, seuraus- ja tuotantovaikutukset. (PSK 6800:2008, 7.) Näille tekijöille annetaan arvot vaihtelevat tapauskohtaisesti. Lopuksi laskennallisen kriittisyysindeksin mukaan toiminnoille annetaan kriittisyysluokat A, B ja C, joista A-luokka kuvaa kriittisintä. Työssä käytetty Valmet kriittisyysanalyysin pisteytyksen malliesimerkki liitteenä 1.

5 Kunnanvalvonta

Kunnanvalvonta on, kuten jo aiemmin mainittiin, osa ehkäisevää kunnossapitoa. Sitä tehdään kohteen toimiessa tai seisakin aikana. Kunnanvalvonnalla pyritään löytämään oireilevia vikoja tai toisaalta toteamaan kohteen olevan toimintakuntoinen (Järviö 2012, 50).

5.1 Kunnanvalvonta organisaatiossa

Kunnanvalvonta on paljon muutakin kuin kunnossapidon aikataulutustyökalu, jolloin sitä ei tulisi rajoittaa pelkästään kunnossapidon johdolle. Osana tuotannon suorituskyvyn hallintaa se voi tuottaa keinoja kasvattaa tuotantokapasiteettia, laatua ja tuotantolaitoksen kokonaistehokkuutta. Kunnanvalvonta ei itsessään voi suoraan vaikuttaa suorituskykyyn, vaan se on ennemminkin johdollinen tekniikka, jonka avulla saadulla tiedolla voidaan arvioida olosuhteita ja optimoida tuotantolaitoksen toimintaa. Kunnanvalvonnasta saatava tulos on siis mitattua tietoa. Ennen kuin tehokkuutta voidaan nostaa, tämä tieto tulee käsitellä ja löydettyjen ongelmien syyt tulee ratkaista. (Davies 2012, 36.)

Kunnonvalvonta tulisi siis ymmärtää mittausten ja tarkastuksien lisäksi strategiana sekä työkaluna tuotannon tehokkuuden tai luotettavuuden kehittämiseen ja jopa organisaation ongelmien löytämiseen. Kun tämä ajatus ymmärretään koko organisaation laajuudella ja kehittämisprojekti nähdään yhteisesti jaettuna, päästään parhaaseen lopputulokseen. Kunnonvalvonta itsessään sisältää kehittämiskohteita ja vaihtoehtoisia toimintatapoja. Esimerkkinä kunnonvalvonnasta saatavien tietojen käsittelyn tehokkuus, johon kehitetään jatkuvasti uusia alustoja ja tietoteknisiä ratkaisuja.

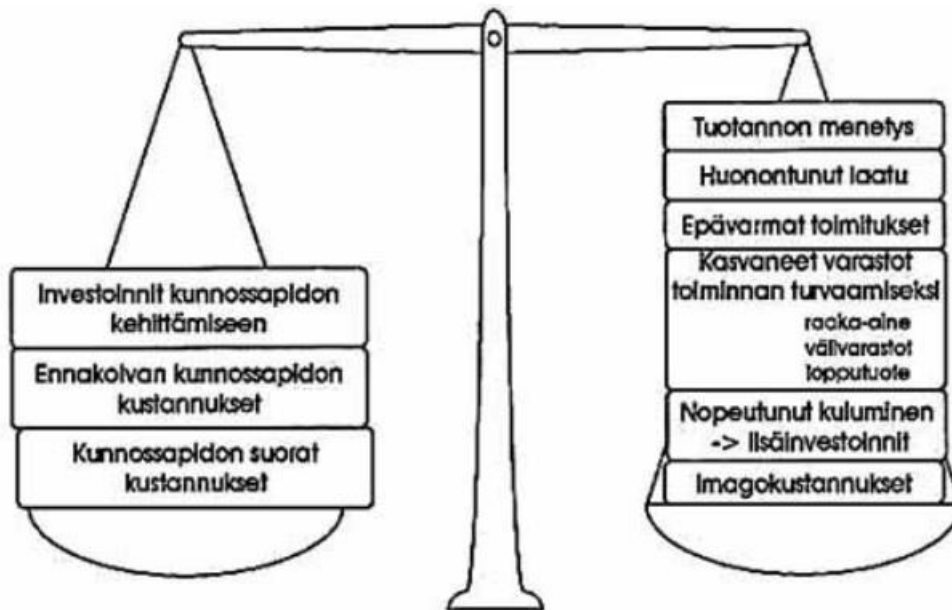
5.2 Kunnonvalvonnan talous

Kunnossapito itsessään on liiketoimintaa ja täten yksi tärkeimmistä kunnossapitoa ohjaavista tekijöistä on talous. Kunnossapito-osaston päämäärä on sama kuin tuotantolaitoksen päämäärä eli tuottaa materiaalia mahdollisimman tuottavasti (Järviö 2012, 179).

Kunnossapidon kustannuksia tutkiessa on erittäin tärkeää havainnoida välittömien kustannuksien lisäksi välilliset kustannukset, joita toisinaan on vaikeampaa havaita ja kohdistaa sekä laskea. Vasta kun kaikki kustannustekijät otetaan huomioon, voidaan vertailla eri kunnossapitostrategioiden aiheuttamia kuluja.

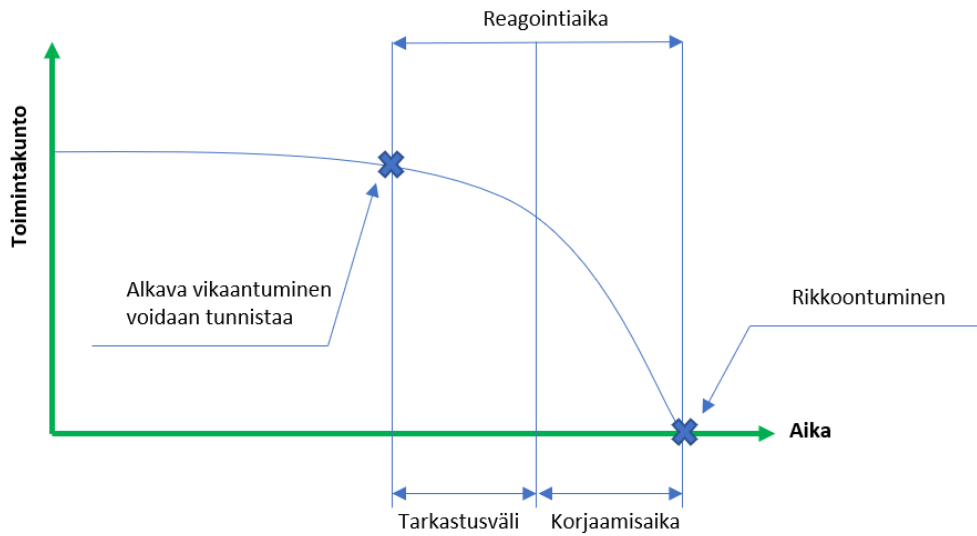
Välittömät kustannukset ovat kunnossapidon toiminnan tekemisestä aiheutuvia kustannuksia kuten työkustannukset, hankintakustannukset, materiaali- ja tarvikkekustannukset, varastointikustannukset ja hallinnointikustannukset. Välillisiä kustannuksia aiheuttavat huonolaatuinen lopputuote ja siitä seuraava uudelleen tekeminen, tuotantoon nähden epäsuhtaiset varastot, hallitsematon resurssien käyttö, ylityökustannukset, tuotannosuunnittelun lisäkustannukset ja ylimitoitettu käyttöomaisuus. (Järviö 2012, 180.) Kuviossa 4 havainnollistetaan eri kustannusten sijoittumista ja yhteyttä toisiinsa.

Kuvio 4. Kunnossapidon päätöksenteon kustannusten punnitseminen (Kunnossapidon tuotot ja kustannukset. N.d).



Aika merkitsee rahaa myös teollisuudessa, ja näin ollen aika on olennainen osa talouden hallintaa ja kustannustehokkuutta. Prosessiteollisuudessa ennakkohuollolliset tavoitteet sekä asetetaan että mitataan suunniteltujen ja suunnittelemattomien seisakkien seurannalla. Suunnittelemattomien seisakkituntien pitäminen mahdollisimman matalalla tasolla ja suunnitelluissa seisakeissa onnistuminen takaavat kustannustehokkaan ennakkohuoltotoiminnan. Korjaavan kunnossapidon prosessikokonaisuuden näkökulmasta vikakorjausprosessi vaatii tiettyjen toimintojen hoitamista ennen vian syntymistä, eikä vasta viasta johtuvan seisakin aikana. Näihin toimintoihin lukeutuvat esimerkiksi varaosahankinnat tai laiterakennetietojen ylläpito. (Järviö 2012, 225.) Toisin kuin korjaavassa kunnossapidossa kunnonvalvonnalla pyritään havaitsemaan ja ehkäisemään vikaantumiset ennen niiden tapahtumista ja parantamaan käyttövarmuutta. Tällöin voidaan maksimoida reagointiaika ja voidaan saavuttaa systemaattinen ja organisoitu kunnossapito kohteelle ja minimoida välilliset kustannukset sekä olla hyvin tietoisia välittömistä kustannuksista. Kuviossa 5 PF-käyrällä (Point to failure) kuvataan laitteen käytettävyyttä ja sitä ajanjaksoa, jossa ennalta havaittuun vikaan voidaan reagoida.

Kuvio 5. PF-käyrä (Järviö 2012, 74) muokattu.



Kunnonvalvonnan käytölle on riittävät ekonomiset perusteet ja todistetut hyödyt, sillä sen avulla voidaan tehokkaasti seurata, diagnosoida, ylläpitää ja kontrolloida prosessilaitosta (Davies 2012, 33). Ehkäisevää kunnossapitoa on tuloksellista tehdä silloin, kun sen kustannukset jäävät pienemmiksi kuin sen puuttumisen aiheuttamat menetykset ja kohteessa olevalle vikamuodolle voidaan laatia tehokas ennakkohuoltomenetelmä (Järviö 2012, 97).

Korkeat kunnossapitokustannukset tuotantolaitoksessa eivät johdu ainoastaan huonosta kunnossapidon suunnittelusta vaan myös huonotasoisesta suunnittelusta, ostopäätöksistä, epäsuotuisasta operoinnista ja aiempien vuosien johdolisista toimista (Davies 2012, 36). Esimerkkitalanteena voidaan käyttää yritystä, jonka pitkän tähtäimen suunnitelmassa kunnossapitoon ei ole suunniteltu riittävästi resursseja, mistä johtuen ongelma paljastuu vasta useiden vuosien jälkeen.

Kunnossapitostrategia ja huonosti kyseiselle tuotannolle kohdennettu kunnossapito eli ennakoivan kunnossapidon ja häiriökorjauksien välinen määrällinen suhde nostaa kunnossapitokustannuksia. Tämä kunnossapitolajien suhde vaihtelee suuresti tuotantolaitosten välillä. Huoltosuunnitelmaa tai kunnossapidon strategiaa valittaessa tai kehittäessä tulee muiden kriteerien ohessa harkita kustannuksia, jotta voidaan päästä organisaation päämäärään, optimaaliseen tuottoon. Tämä voidaan

nähdä esimerkiksi kunnossapitovelkana, joka aiheuttaa kustannuksia nykyhetkessä, vaikkakin virhe on tehty jo aikaisemmin laiminlyömällä ennakoivan kunnossapidon osuutta kokonaiskustannuksissa.

5.3 Kunnonvalvontamenetelmät

5.3.1 Aistiensavaraiset menetelmät

Aistiensavaraiset menetelmät ovat kunnonvalvonnan selkäranka ja kyseisiä menetelmiä on hyödynnetty jo ennen käsitteen määrittämistä. Nämä menetelmät ovat yhä arvossaan etenkin käyttäjäkunnossapidossa. Toki aistiensavaraiset menetelmät vaativat pitkää kokemusta ja perustietoa siitä, millainen havainnointi viittaa vikaantumiseen. Mikäli käyttäjäkunnossapidon kehittäminen on organisaatiossa tavoitteena, pienelläkin investoinnilla aistiensavaraisten kunnonvalvontamenetelmien koulutukseen voidaan saada merkittävä hyöty. Ammattitaidon lisäksi tarvitaan valvontasuunnitelma, kuten tietty valvontareitti ja työkalut tuloksien raportointiin. Aistiensavaraisten menetelmillä saatu tieto ei ole tarkasti matemaattisesti mitattavaa, dokumentoitavaa eikä tuloksia voida vertailla keskenään tarkasti. Vikaantuminen saattaa olla jo pitkällä, kun se havaitaan aistiensavaraisten menetelmillä, jolloin reagointiaika on vähäistä. Aistiensavaraisten laatu ja taso ovat riippuvaisia yksilöstä ja ympäristöstä. Aistiensavaraisten kokeet onkin syytä suorittaa niin, että ne voidaan toistaa mahdollisimman tarkasti. Aistiensavaraisten kunnonvalvontamenetelmät ovat:

- Näkö
- Kuulo
- Tunto
- Haju

Näön avulla käyttäjä tai kunnossapittäjä voi havaita esimerkiksi öljyn tai jonkin muun nesteen vuotoja ja määrittää vikaantumisen tason vuodon mukaan. Vuotoa voidaan myös mitata esimerkiksi mittaamalla vuotavan nesteen tilavuutta verrattuna näytteenottoaikaan.

Kuuloaistilla tyypillisemmin havaittavat vikaantumiset ovat esimerkiksi irronneet osat, laakerin vikaantuminen tai runsaat vuodot. Kuulon käyttöä kunnonvalvonnassa vaikeuttavat usein meluisa tehdasympäristö ja mitattavuuden mahdottomuus ilman apuvälineitä.

Tuntoaistia käytetään yleisimmin lämpötilan, värinän tai kaasuvuotojen valvomiseen. Kaasuvuodon voi esimerkiksi tuntea kämmenselän iholla. Laakerien lämpötilan analysoinnissa tuntoaisti on erittäin hyvä työkalu. Kätemme iho kestää noin 50 celsiusaseen lämpötilan ja monissa tapauksissa se toimii ylikuumentumisen rajana. Mikäli laakeri on polttavan kuuma, tulee valmistella toimenpiteitä kunnossapitoa varten. (Mikkonen 2009, 425.)

Hajuaistin avulla voidaan esimerkiksi määritellä vuotokohdasta, mistä aineesta on kyse ja onko se vaarallista. Hajuaistin korvaaminen anturoinnilla on vaikeaa ja tämän vuoksi se on aistinvaraisista menetelmistä ainoa yksilön varassa pidettävä mittari (Mikkonen 2009, 421).

Aistinvarainen kunnonvalvonta kehittyy edelleen, sillä apuvälineitä kehitetään jatkuvasti. Kehityksen vuoksi myös apuvälineiden käyttöön ja niiden rajoitteisiin tulee kouluttautua ja perehtyä. Vaikka nämä menetelmät ovat yleisesti käytössä, niitä täydennetään ja korvataan mittaavilla menetelmillä. Mittaavan kunnonvalvonnan piirissä olevia laitteita on hyvä valvoa myös aistinvaraisesti. (Mikkonen 2009, 418.)

5.3.2 Värähtelymittaukset

Kaikki liikkuvat mekaaniset laitteistot aikaansaavat värinäprofiilin tai -jäljen, jotka korreloivat sen käyttökunnosta. Tämä on liikkeen nopeudesta tai suunnasta riippumatonta, oli se sitten lineaarista, pyörivää tai edestakaista. Värähtelyprofiilin analyysi on erittäin hyvä työkalu kunnonvalvontaan. Värähtelymittaus on tuotantolinjalla hyvä tapa suorittaa laadunvalvontaa, havaita irronneita tai vierasesineitä, havaita putkiston virtauksen vaihteluita (vuodot) tai tutkia laakereiden, moottoreiden ja vaihteiden käyttökuntoa. (Moblely 2002, 114, 116.)

Värähtelymittaus on siis monikäyttöinen valvontatapa, josta saatava tieto on hyvin mitattavaa ja tarkkaa. Värähtelymittaukset ovat nykypäivänä kunnonvalvonnan perustyökalu, jota tulee osata käyttää sekä tämän lisäksi myös analysoida.

Värähtelymittauksen mittalaitteiden ja analyysitekniikan valitseminen riippuu kohteesta ja tulokset eivät itsestään kerro tietoja kohteen tilasta, vaan ne tulee osata tulkita oikein.

Perinteisesti värinämittausta tehdään asentamalla anturi eli muuntaja mitattavaan kohteeseen tiettyihin paikkoihin. Mittausta voidaan tehdä joko kiinteällä automaattisella tai puolikiinteällä järjestelmällä. Kiinteässä automaattisessa järjestelmässä, eli online-järjestelmässä, antureista tieto menee mittaussyksikköön kiinteitä kaapeleita pitkin ja siitä edelleen hälytysviestinä, digitaalisena tai analogisena tietona. Online-järjestelmien käyttö on suositeltavaa prosessin kannalta kriittisille kohteille, joiden kunnossapidettävyys tai saavutettavuus on vaikeaa. Puolikiinteässä järjestelmässä tieto kulkee kaapeleita pitkin liitäntäyksikköön, josta ne luetaan ja siirretään eteenpäin kannettavalla laitteistolla. Joihinkin kannettaviin laitteistoihin voidaan myös suoraan asentaa antureita, joilla voidaan tehdä reaaliaikaisia mittauksia. Antureita on käytössä useita eri tyyppisiä ja uusia antureita kehitellään jatkuvasti.

Siirtymäanturi tuottaa suhteellista tietoa anturin pään ja mitattavan pinnan välisestä etäisyydestä käyttäen joko magneettisuutta tai kapasitiivisuutta. Yleisimmin käytössä ovat magneettiset anturit, jotka magneettisella kärjellä indusoivat pyörrevirtoja ferromagneettiseen pintaan. Mitattavan kohteen pinnan tulee siis olla sähköä johtava. Tyypillisesti mitta-alue on 0,25 millimetristä 2,3 millimetriin ja maksimipoikkeama 0,025 millimetriä. (Randall 2010, 10.) Nopeusanturissa on käämi, jonka keskellä on jousilla kiinnitetty magneettinen massa. Värähtely saa aikaan magneettisen massan liikkeen ja luo käämiin jännitteen, jota voidaan verrata nopeuteen. Nopeusanturit ovat kookkaita sekä painavia, ja siirtymäanturin tavoin nopeusanturi on herkkä magneettisille häiriöille. Koneiden kunnonvalvonnassa eniten käytetty anturimalli on pietsosähköinen kiihtyvyyssanturi, jossa anturin sisällä on pietsosähköinen kide. Kide-elementtiin on kiinnitetty seisminen massa, joka värinästä liikuessaan puristaa tai venyttää kidettä, kuten jäykkää joustaa. Pietsoelementti on erittäin herkkä sähkömagneettiselle säteilylle. (Randall 2010, 15-16.)

Värinäanalyysin tekoon on erilaisia tekniikoita, kuten trendaava, laaja- ja kapea-alainen, vertaileva analyysi sekä "signature"-analyysi. Trendaavassa analyysissä luotetaan täysin historiatietoon värinätasosta ja poikkeama kertoo vastaavasta muutoksesta laitteen kunnossa. Oletuksena on, että tallennettu värinän perusprofiili on vakiintunut eikä ole altis muille muuttujille. Laaja-alaisella analyysillä

saadaan mittaustuloksia ennalta asetettujen rajojen sisältä nopeudesta ja kiihtyvyydestä. Analyysi soveltuu ketjutetuille laitteille yleiskunnon seurantaan. Kapea analyysi eroaa laajasta analyysistä mitattavien laitteiden vapaalla valinnalla. Laitteista muodostetaan ryhmiä, joista voidaan tarvittaessa valvoa, trendata ja asettaa hälytysrajoja yksittäisellekin mittaukselle. Vertaileva analyysi mittaa kahta tai useampaa amplitudia ja vertaa näiden yhdenmukaisuutta. Usein käytössä on vertailukohtana perusdata, joka analyytikon tulee varmistaa oikeaksi prosessille. "Signature"-analyysi toimii mikroprosessorilla, joka tutkii koko värähtelyn kirjoa "piikki" kerrallaan. Tekniikka yksilöi kohteen ja tunnistaa koneen tai komponentin kunnon. (Mobley 2002, 163-164.)

Useiden käyttökohteiden ja -tapojen lisäksi tulee kuitenkin muistaa, että värinäanalyysi ei tuota tarvittavaa tietoa esimerkiksi lämmönhukasta tai öljynlaadusta. Tämän vuoksi tulee muistaa, että kunnonvalvontaohjelman tulee sisältää useita eri tekniikoita, joista jokainen tuottaa tietyn tiedon laitteiston tilasta. (Mobley 2002, 114.)

5.3.3 Lämpötilamittaukset

Lämpötilamittauksissa käytetään apuvälineitä, jotka havaitsevat infrapunaenergian eli lämmön vapautumista. Pieniä lämpötilan vaihteluita havainnoimalla voidaan paikallistaa ja määrittää alkavia vikaantumisia. Suurin häiriö myös lämpötilamittauksissa on ympäristön vaikutus ja tätä voidaan torjua käyttämällä laitteita oikein. Tärkeintä on, että käyttäjä ymmärtää mittaukseen vaikuttavat seikat. Lämpötilamittauksia voidaan tehdä kannettavilla laitteilla, joilla mitataan lämpöä pieneltä alalta, linjamaisilla skannereilla, jotka mittaavat lämpötilaeroja suuremmalla linjamaisella alueella tai infrapunakuvauksella. Infrapunakuvauksella voidaan kuvata esimerkiksi kokonaisen koneen tai prosessin lämpötiloja samanaikaisesti. (Mobley 2002, 174-175) Lämpötilamittauksia ei tule ymmärtää vain lämpökameroiden käyttönä offline-mittauksessa. Mittauksia voidaan suorittaa myös hyödyntämällä lämpötila-antureita osana kiinteää järjestelmää tai jopa etäkunnossapidon keinoin.

5.3.4 Voiteluaineanalyysit

Voiteluaineanalyysistä on tullut tärkeä osa ennakoivaa kunnossapitoa. Voiteluaine otetaan suoraan prosessista tietyllä intervallilla, jonka jälkeen se lähetetään laboratorioon testattavaksi. Öljyanalyysissä testataan esimerkiksi seuraavia ominaisuuksia: viskositeetti, vierasnesteeet, vieraspartikkelit, hapettuminen ja nitraus. (Mobley 2002, 203-204.)

5.3.5 Venymäliuskamittaus

Venymäliuskamittauksesta saadaan selville mitattavan kappaleen venymä. Venymäliuska koostuu sähköä johtavasta eristetyistä vastuksesta, joka venyy kappaleen myötä. Vastuksen venyessä resistanssi muuttuu ja tästä voidaan laskea suhteellinen venymä ja tästä puolestaan mittauspisteessä oleva jännitys.

5.3.6 NDT-Menetelmät

NDT-menetelmillä tarkoitetaan ainetta rikkomattomia tarkastusmenetelmiä. Kunnonvalvonnan lisäksi niitä käytetään laajalti myös laadun seurannassa. Yleisimmin käytettyjä NDT-menetelmiä ovat endoskooppitarkastelu, ultraääniluotaus ja stroboskooppitarkastelu.

5.4 Kunnonvalvonnan kohteiden valinta

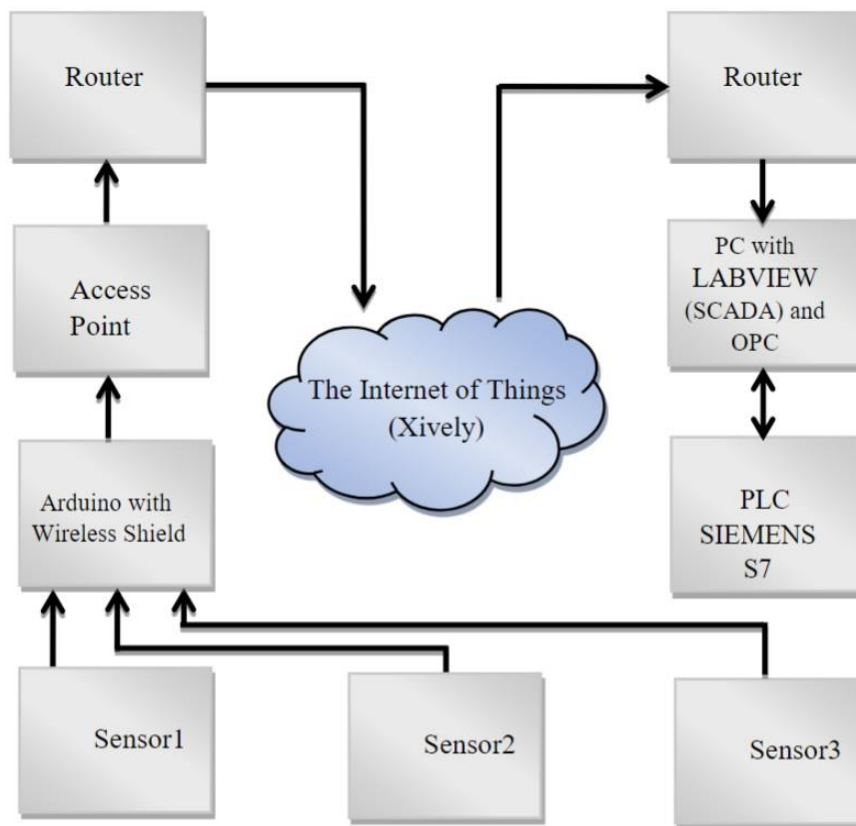
Kunnonvalvontapisteet eli antureilla toteutetun kiinteän kunnonvalvonnan kohteet on määritetty arvioimalla kohteen kriittisyys tuotannon kannalta, kohteen saavutettavuus ja kohteen huollettavuus. Tämän lisäksi kunnonvalvonnan suunnittelussa on huomioitu, että valvonta on looginen kokonaisuus. Eli jos päädytään kokonaisen kuivatusosan valvontaan, niin jokainen kriittinen kohde alueella on valvonnassa, eli yksittäistä telaa ei jätetä pois. Vaikka yksittäinen tela olisi helppo huoltaa ja mitata käsin, se voi helposti unohtua muiden ollessa valvonnassa. (Jaatinen 2016.)

5.5 Etäkunnonvalvonta ja teollinen internet

Teollisuudessa tulee vastaan tilanteita, joissa antureiden kaapelit ovat vaikeita tai mahdottomia asentaa tai antureiden luokse ei ole turvallista pääsyä. Tällaisiin tilanteisiin on kehitetty, suunniteltu ja implementoitu mittausjärjestelmiä eli etäkunnonvalvonnan tietoverkkoja. Etäkunnonvalvonnan tietoverkot lähettävät tietoa reaaliaikaisesti langattoman yhteyden kautta ja tekevät mahdolliseksi tietojen seuraamisen globaalisti internetin kautta. Teollisen internetin konseptit ovat tärkeitä uusien teknologioiden implementoinnissa. Esimerkiksi IPv6, joka tarjoaa anturin uniikin identifikaation verkossa ja sisäänrakennetun mekanismin tiedon salaukselle ja autentikoinnille. (Watts 2016, 24.) Etäkunnonvalvonta tarjoaa siis vaihtoehdon kunnonvalvonnan toteutukselle, ja teollinen internet automatisoi kerätyn tiedon tallennuksen sekä jopa analysoinnin että toimenpiteen.

Prosessia, joka tapahtuu tiedon välittämisessä ja analysoimisessa, havainnollistetaan kuviossa 6. Anturit lähettävät tietoa mikro-ohjaimen (Arduino) ja liityntäpisteen (Access point) kautta modeemille, josta tieto kulkee pilvipalveluun tai teolliseen internettiin. Täältä tietokoneohjelmisto (Labview) puolestaan lataa jatkuvasti tietoa ja analysoi sen määritettyjen tietojen mukaan sekä laskelmoi halutut toimenpiteet, jotka tietokoneohjelma lähettää ohjelmoitavalle logiikalle (PLC). Logiikka taas ohjaa järjestelmiä ja kykenee suorittamaan saamansa muutoskäskyt automatisoidussa prosessissa.

Kuvio 6. Esineiden internetin käyttö etäkunnonvalvonnassa (Watts 2016, 25).



Teollisen internetin sovellusalustat antavat käyttäjälle mahdollisuuden käyttää tallennettua tietoa hälytyksien ja graafien tekoon sekä selata historiatietoja. Simuloitujen datan analysointitestien tekoa varten teollisen internetin sovelluksiin voidaan myös syöttää haluttuja tietoja. (Watts 2016, 42)

6 OptiConcept-mallin optimaalinen kunnonvalvonta

6.1 Kunnonvalvonnan nykytilanne ja haasteet sekä mahdollisuudet

OptiConcept-mallin ennakoivaan kunnossapitoon ja kunnonvalvontaan on panostettu paljon. Panostukselle löytyy taloudelliset syyt myynnin ja organisaatioiden tavoitteiden kautta. Konseptille on olemassa rakenneryhmäkohtaiset ennakkohuoltosuunnitelmamallit, joista osaa päivitetään tälläkin hetkellä. Valmet Automation on määrittänyt kunnonvalvonnan kohteet ja valvontatavat. Lisäksi konseptin eri rakenneryhmille on olemassa

kriittisyysanalyysimallit. Nykytilannetta voidaan siis kuvailla varsin kattavaksi ja suunnitelmalliseksi ennakoivan kunnossapidon hallinnaksi. Haasteen kuitenkin muodostavat tietojen laajuus ja vertailun puuttuminen. Organisaatioiden eri osastot ovat kukin vastuussa tahollaan omista tuotoksistaan, jolloin riittävän kattavaa selvyyttä kokonaisuudesta sekä kaikkien tuotosten yhtenäisyydestä ei ole vielä kuvattu.

6.2 Aineistonkeruu ja kuvailu

Tutkimuksessa tarvittavaa aineistoa on kerätty toimeksiantajan organisaatiosta eri liiketoiminta-alueilta ja yksiköiltä, joilla on tietoa ja kokemusta tutkittavasta aiheesta, jolloin voidaan varmistaa aineiston oikeellisuus. Kerätty aineisto koostuu dokumenteista, kuten kriittisyysanalyyseistä, rakenneryhmien hierarkiatiedoista ja kunnonvalvonnan mittauspisteiden tiedoista.

Tutkimuksen aineiston runko perustuu hierarkiatitoihin, joiden avulla muu aineisto voidaan redusoida ja jakaa segmentteihin. Ensimmäisenä aineistona hierarkiaan yhdistettiin ennakkohuoltosuunnitelmasta saadut tiedot suunnitelluista ehkäisevän kunnossapidon toimista. Tutkimuksen tärkein yksittäinen tekijä on kriittisyysanalyysi. Valmetin kriittisyysanalyysi noudattaa mainitun standardin PSK 6800 mallia ja tekijöiden painoarvot valitaan toimituskohtaisesti asiakkaan kanssa. Tutkimuksessa aineistona kunnonvalvontamenetelmien optimoinnille kriittisyyden mukaan ovat toteutuneen asiakasprojektin kriittisyysanalyysi ja ennakkohuoltosuunnitelmamalli.

Kunnonvalvonnan mittauspisteet yhdistettiin työhön aineistosta, jolla valitaan konelinjalle tarvittavat mittauspisteet asiakkaan haluaman laajuuden mukaan. Tämän aineiston osalta on ymmärrettävä myös perusteet mittauspisteiden valinnalle, ja tässä aineistonkeruumenetelmänä käytettiin haastattelua, jossa haastateltavana toimi Valmet Automationin tuotepäällikkö Erkki Jaatinen.

6.3 Kunnonvalvonnan sisällönanalyysin toteutus

Aineistonkeruun pohjalta laadittu datatietue on tärkeä dokumentti analyysin jatkamisen kannalta. Datatietue koostuu saadusta aineistosta, eli toimintotason ulottuvasta hierarkiasta, kriittisyysanalyysin tuloksista ja olemassa olevista

kunnonvalvonnan mittauspisteistä. Kunnonvalvontatoimia tarkasteltaessa on ensin hyvä kerätä saatavilla olevat tiedot yhteen loogisesti. Rakenneryhmäkohtaisesti yhdistetyt tiedot toimivat työn perustana, joten niiden tulee olla helposti käytettävissä ja selkeitä. Yksinkertaisen, suuren tietueen pohjana toimivat hierarkiatiedot, joissa rakenneryhmä on eritelty eri toimintotasoihin ja edelleen laitetasoihin. Laitteiden ennakkohuoltotehtävät yhdistettiin hyperlinkin kautta ja tällöin voitiin tarkastella tietoja laitekohtaisesti. Kriittisyysanalyysien tulokset ovat toimintotasolle määriteltyjä, mutta niissä on eritelty vikaantuva laite tai komponentti, esimerkiksi "photocell failure." Kun toimintotaso on määritelty kriittisyysanalyysissä, hierarkiasta etsittiin oikea laitetaso, jonka ennakkohuoltotietoihin lisättiin kriittisyysanalyysitieto ja kunnonvalvonnan mittapisteet. Liitteessä 2 on esimerkki tuotetusta datatietueesta.

Toimeksiantajalta saatujen tietojen redusoinnin ja fokusoinnin onnistuessa voitiin vaivattomasti siirtyä vertailevaan osaan tutkimusta ja tehdä havainnointia tutkimuksen tärkeimmistä eli kriittisistä kohteista.

Kunnonvalvontamenetelmien ja ennakkohuoltotehtävien riittävyttä analysoitiin luodusta tietueesta vertailemalla kriittisyysanalyysin A- ja B-luokiteltujen toimintojen ja niiden vikaantumisen suhdetta ennakkohuoltotehtäviin ja kunnonvalvontatietoihin. Kriittisissä kohteissa menetelmän tehokkuutta kritisoimalla voitiin kunnossapidettävyyden salliessa etsiä parempia menetelmiä vikaantumisen toteamiseen. Esimerkkinä kriittinen kohde, jonka ennakkohuoltotehtävät olivat kohdennettu oikein, mutta menetelmä ei välttämättä toimi kyseisen vikamuodon havainnointiin. Menetelmien valinnassa käytettiin avuksi tutkimuksen teoriaa ja asiantuntijoiden teknistä tietämystä.

Toteutuksessa oleellista on myös filtteröinti, jonka avulla pyrittiin havainnoimaan kohteita eri näkökulmista. Tämä toteutettiin antamalla kriittisyysanalyyseissä normaalia suurempi painoarvo tietyille tekijälle. Kuten mainittu käyttövarmuus on kunnossapidon keskeisimpiä tavoitteita. Kunnossapidettävyyteen tai kunnossapitovarmuuteen ei vaikuteta suoranaisesti ennakkohuoltosuunnitelman optimoinnilla, vaan tärkein tekijä käyttövarmuuden osalta on toimintavarmuus. Tällöin tärkein tekijä kriittisyysanalyysissä tässä tapauksessa on vikaantumisväli. Erytistarkasteluun otettiin siis kohteet, joiden vikaantumisväli on erittäin lyhyt.

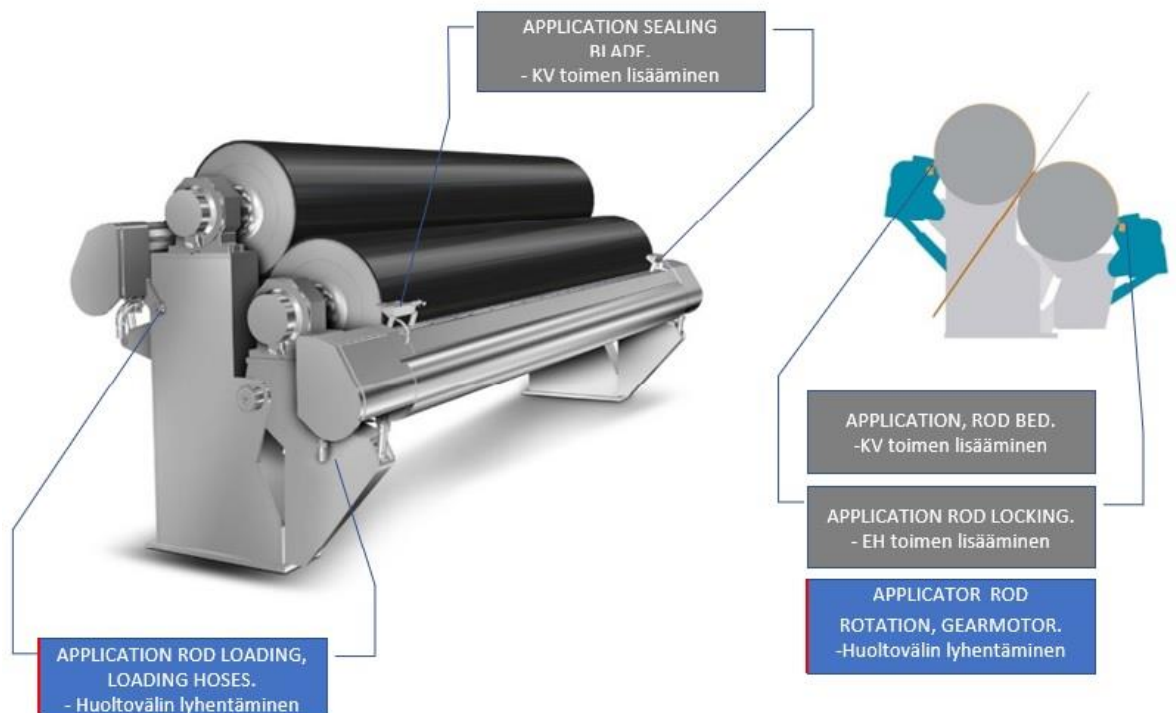
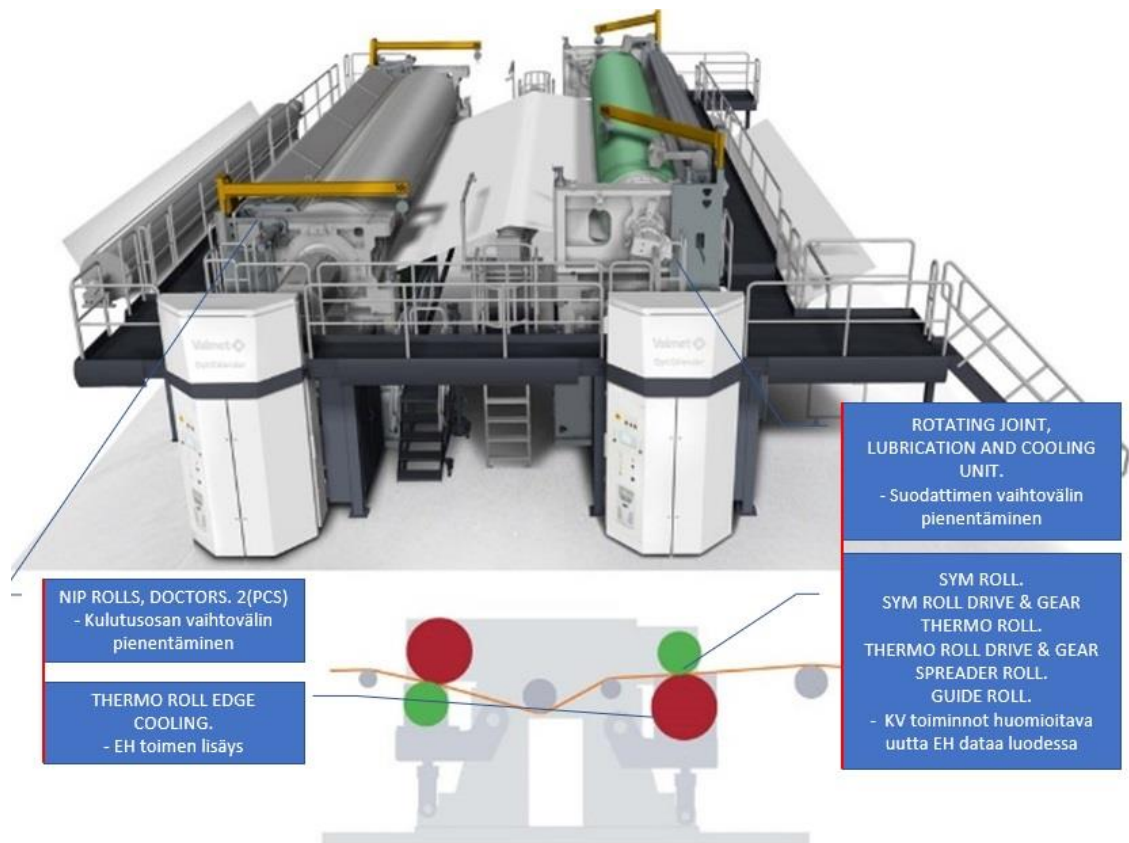
Samalla varmistettiin, täsmäkö etenkin A- ja B-kriittisyysluokan kohteiden vikaantumisväli suunniteltujen huoltotöiden intervalliin.

Aineiston redusoinnin ja yhdistämisen ansiosta datatietueesta voitiin muodostaa kunnonvalvonnan mittauspisteiden ja ennakkohuoltotehtävien määrällinen luettelointi. Määrällisen luetteloinnin perusteella luotiin toivottu rakenneryhmäkohtainen visuaalinen tuotos, jota toimeksiantaja käyttää myynnin tukena.

6.4 Sisällönanalyysin konkreettiset tulokset

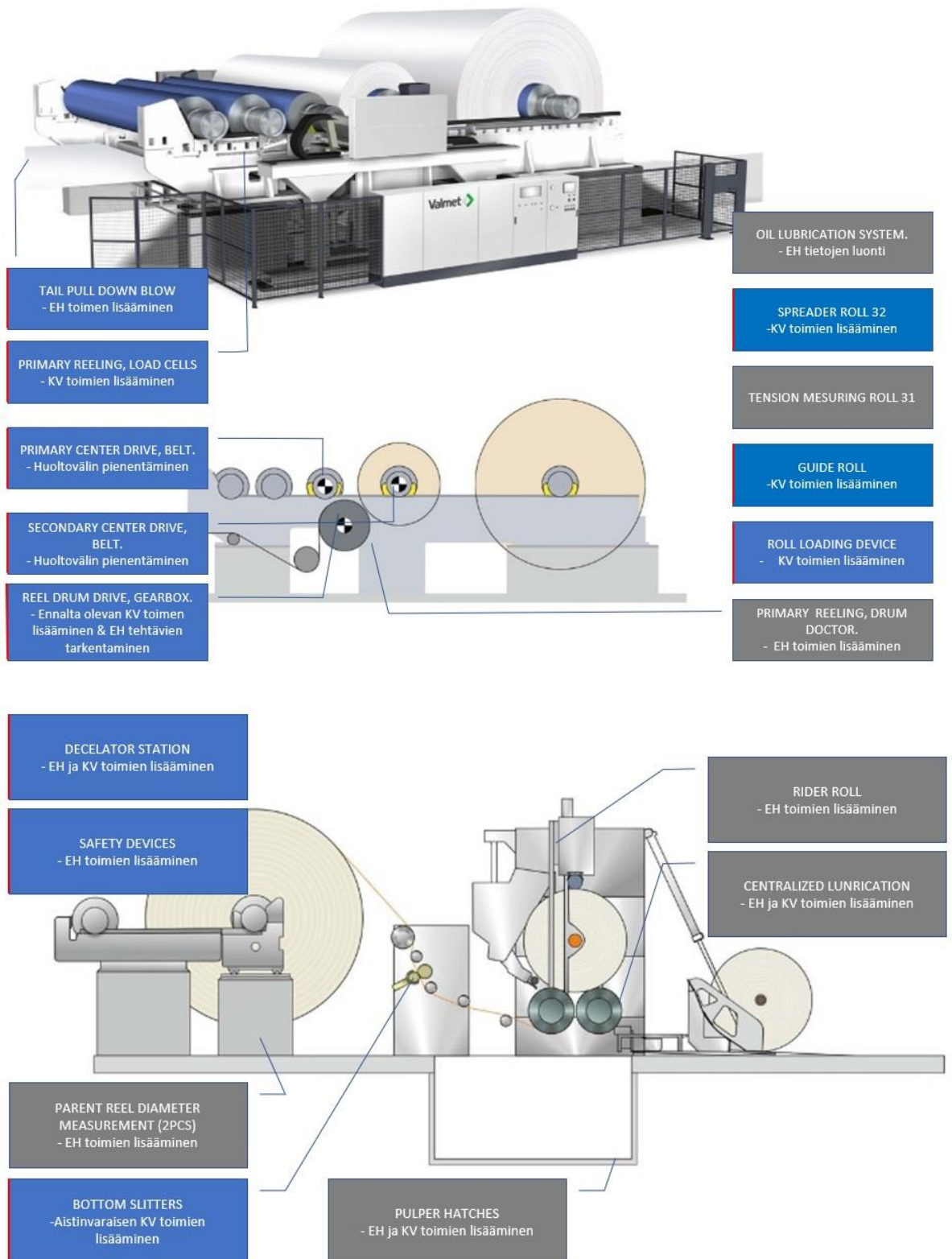
Eri näkökulmista tehdyn sisällönanalyysin perusteella tulokseksi laadittiin luettelo kehityskohteista. Luettelo sisältää ehdotuksia konkreettisista muutoksista ennakkohuoltosuunnitelmiin. Osalle kriittisistä kohteista on määrätty online tai offline kunnonvalvonnan toimenpiteet. Kuten tekstissä mainittu, nämä toimenpiteet eivät takaa havaintoa vikaantumisesta. Lisäksi asiakkaasta riippuen kunnonvalvonnan laajuus saattaakin olla alhaisella tasolla ja näin ollen mittaus- ja huoltotoimet. Tällaisten kohteiden ennakkohuoltosuunnitelmassa tulee olla riittävät muut mittaus-, tarkastus- ja huoltotoimet. Kuvioissa 7–10 näkyvät sinisellä pohjalla kehitysehdotuksien lopulliset kohteet ja harmaalla pohjalla puolestaan ehdotukseksi jääneet.

Kuvio 7. OptiCalender soft kehitysehdotukset (Rakenneryhmäjulisteeet N.d. 10) muokattu.



Kuvio 8. OptiSizer Film kehitysehdotukset (Rakenneryhmäjulisteeet N.d. 8) muokattu.

Kuvio 9. OptiReel Linear kehitysehdotukset (Rakenneryhmäjulisteet N.d. 11) muokattu.



Kuvio 10. OptiWin Drum kehitysehdotukset (Rakenneryhmäjulisteet N.d. 13) muokattu.

Remote- eli etäkunnonvalvonnan piiriin valittiin jokaisesta rakenneryhmästä kriittisten kohteiden parista useita kohteita, jotka täyttävät perusteet valintaan. Perusteet valinnalle olivat kunnossapidettävyyden, laitteen kriittisyys prosessin kannalta ja muiden kunnonvalvonta- tai kunnossapitotoimintojen riittämättömyys. Esimerkkinä tulosten kohteesta, jossa kaikki perusteet täytyivät, on OptiSizer Film-rakenneryhmän eräs vaihdemoottori. Asiantuntijoiden kanssa käydyssä palaverissa selvisi laitteen kunnossapidettävyyden olevan heikkoa, koska laite on likaisessa ja märässä ympäristössä kotelon sisällä. Lisäksi nykyinen kunnonvalvontamenetelmä paljastui keskustelussa riittämättömäksi tai mahdottomaksi toteuttaa seisakin aikana tarkan kuvan saamiseksi laitteen kunnosta. Laite kuuluu näin ollen kriittisyydeltään A-luokkaan. Lisäksi remote-valvontaan suositeltiin kohteita, joilla on runsaasti toimenpiteitä ennakko- ja huoltosuunnitelmassa, mutta ei kriittisyystietoa tai sähköistä kunnonvalvontaa. Lopullisesta kohteiden lisäämisestä remote-kunnonvalvontaan päättää Valmet Automation. Visuaalisen esitystavan tueksi yksinkertaistetusta aineistosta luotiin rakenneryhmien mukaan jaoteltu ennakko- ja huoltokohteiden ja kunnonvalvonnan kohteiden määrällinen listaus.

7 Kunnonvalvonnan optimoinnin tuloksia ja implementointi

7.1 Ennakko- ja huoltosuunnitelman kehittäminen

Ennakko- ja huoltosuunnitelmista löytyi neljästä rakenneryhmästä yhteensä 42 kappaletta ristiriitaisia kohteita, jotka käsiteltiin palaverissa ennakko- ja huoltosuunnitelmia tekevien asiantuntijoiden kanssa. Palaverin tuloksena 29 kappaletta näistä kohteista jäi lopulliseen listaukseen kehitys- tai muutoskohteiksi. Lopullinen listaus kehityskohteista liitteessä 3. Ristiriitoja analyysissä aiheuttivat:

- Vikaantumisväliin nähden pitkät huolto-, mittaus- tai tarkastustoimenpiteiden intervallit
- Menetelmän tehokkuus
- Kunnonvalvontamenetelmän puuttuminen
- Ennakko- ja huoltotietojen puuttuminen tai puutteellisuus

Osa kunnonvalvonnan tarkoitusta on, että alkavat vikaantumiset tulee havaita reagointiajasta riippuen riittävän ajoissa, kuten kuvassa 4 on esitetty. Tällöin tarkastuksien intervalliajan tulisi olla sellainen, että jää riittävä reagointiaika ja korjaus voidaan suorittaa suunnitellusti prosessilinjalla. Joillakin kohteilla mittaus-, tarkastus- tai huoltotoimenpiteen intervalli oli sama tai vain vähän pidempi kuin kriittisyysanalyysin antama vikaantumisväli. Näissä kohteissa intervallin lyhentäminen mahdollistaa vikaantumisen havaitsemisen ajoissa ja riittävän reagointiajan.

Menetelmän tehokkuutta valittaessa tulee ottaa huomioon useita asioita. Ensinnäkin on tärkeää pohtia, voidaanko valitulla menetelmällä havaita kohteessa juuri kyseinen vikamuoto tai onko menetelmä käytännössä mahdollinen suorittaa kohteelle (kunnossapidettävyyden). Toiseksi kohteelle tyypillistä menetelmää valittaessa tulee huomioida uniikki ympäristö. Esimerkiksi aistinvaraisista kunnonvalvontamenetelmistä kuulo voi yleisesti toimia laakereiden kunnonvalvonnassa, mutta erittäin meluisassa ympäristössä se ei ole aina riittävän tarkka menetelmä. Tuloksien implementoinnista vastaavat ennakkohuolto-ohjelmien tekijät sekä kunnossapidon ja kunnossapitojärjestelmien asiantuntijat.

7.2 Visuaalinen esitystapa

Kunnonvalvonta- ja ennakkohuoltokohteiden rakenneryhmäkohtaisesta määrällisestä luetteloinnista voitiin luoda visuaalinen esitystapa myyntikäyttöön. Kohteet on merkattu havainnollistavaan kuvaan rakenneryhmästä, missä niiden väliset yhteydet näkyvät poistuvina ennakkohuoltotehtävinä kunnonvalvontaa lisättäessä. Markatuista kohteista kriittisimmät havaitaan useiden päällekkäisten merkkauksen kautta, etenkin kun kohteessa suoritetaan sekä kunnonvalvontaa että ennakkohuoltoa. Kunnossapito-osaston yhtenä päämääränä on myydä asiakkailleen mahdollisimman kehittynyt ja optimaalinen kunnossapito-ohjelma. Visuaalinen esitystapa toimii myynnin työkaluna, kun halutaan havainnollistaa asiakkaalle kunnonvalvonnan merkitystä, mahdollisuuksia ja sen kohdentamista kriittisiin kohteisiin. Lisäksi joissakin tapauksissa kunnonvalvonnalla voidaan korvata ennakkohuollon tehtäviä ja tämän asian konkreettinen havainnointi auttaa ymmärtämään kunnonvalvonnan hyötyjä. Tutkimuksessa tehdyn tuotoksen tarkoitus

on tarjota malli esitystavasta ja toimeksianto-organisaatio päättää, millainen tuotos lopulta tulee käyttöön. Tärkeintä työssä oli antaa malli ja luettelo, jonka pohjalta visuaalinen tuotos voidaan tehdä tai teettää.

7.3 Kehitysehdotukset OptiConcept-mallin optimaalisen kunnonvalvonnan suunnitteluun

Kriittisyysanalyysien riveihin lisättävä tieto laitetasosta helpottaisi suuresti vastaavien projektien tekoa. Tällä hetkellä tietoina ovat pelkästään toimintotaso ja vikatyypit. Laajemman tiedon myötä myös sidonnaisuus ennakkohuoltosuunnitelmiin olisi helpompaa havaita. Samalla voitaisiin varmistua, että käsittelyssä on sama kohde laitetasolla, eikä samalla toimintotasolla oleva väärä laite.

Ennakkohuoltosuunnitelmien tekoprosessiin tulisi ottaa mukaan Valmet Automationin tuottamat online-mittauspisteet sekä toimituksiin vakinaistetut offline- ja IoT-kunnonvalvontapisteet. Tällöin kokonaisvaltaisesta ennakkohuoltosuunnitelmasta voidaan valita optimaalinen valvontatapa asiakaskohtaisesti, jolloin ei suoriteta ylimääräistä tai alimitoitettua valvontaa kohteille. Lisäksi samoja tietoja voidaan hyödyntää asiakasmarkkinointimateriaalin lähtötietomateriaalina. Variaatioiden näkyessä kokonaiskunnonvalvontanäkymässä asiakkaan on helppoa havaita, mitä kunnossapidon toimenpiteitä voidaan karsia pois lisäämällä automatisoitua kunnonvalvontaa tai mitkä kriittiset kohteet puolestaan tarvitsevat moninkertaista valvontaa käyttövarmuuden varmistamiseksi.

Kriittisyysanalyysit on tehty olemassa oleville toimituksille, joissa on rakenteellisia eroja. Tällöin tulisikin vertailla jo ennakkohuoltosuunnitelman tekoprosessissa useaa eri kriittisyysanalyysiä tai käyttää useampaa ennakkohuoltosuunnitelmamallia. Näin saadaan laajemmat tulokset ja ennakkohuoltosuunnitelma kattavammaksi asiakkaasta riippumatta. Uutta ennakkohuoltosuunnitelman tai kunnonvalvonnan toimitusta tehtäessä olisi merkittävää luoda kriittisyysanalyysi kohteesta ja sen jälkeen päivittää toimitus vastaamaan kyseistä tapausta. Edellä mainitussa tapauksessa myös myyntiorganisaatio hyötyy uuden kriittisyysanalyysin tuottamasta lisämyynnistä ja kunnossapito-organisaation on sujuvampaa perustella ennakkohuollon ja kunnonvalvonnan tarpeellisuus.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli optimoida Valmet OptiConcept-mallin kunnonvalvontaa. Työlle asetetut tavoitteet muokkaantuivat vielä prosessin aikana ja lopullisiin tavoitteisiin päästiin halutussa aikataulussa. Työ on antanut uusia näkökulmia aiheeseen sekä opiskelijalle että toimeksiantajalle. Kunnossapidon suunnittelu prosesseineen on jatkuvan kehityksen syklissä ja kehitettävää löytyi sekä tuotoksista että toiminnasta. Tämä korostaa kunnossapidon jatkuvan kehittämisen tarpeellisuutta ja tulokset rohkaisevat jatkamaan kehitystyötä. Tulee myös huomioida neljän rakenneryhmän olevan vain pieni osa OptiConcept-mallista, joten skaalattuna koko konseptiin voidaan olettaa määrällisesti paljon tuloksia. Tulokset olivat realistisia ja ne vastasivat hyvin työssä esitettyyn tarpeellisuuteen.

Organisaation kunnossapidon ja sen aliprosessien suunnittelu on pitkälle kehitettyä palvelutoimintaa, joten epäilin tuloksien määrällistä löytymistä työn alussa. Toisaalta tulee ymmärtää, että työllä voitiin myös todentaa nykyisen ennakkohuoltojen suunnittelun toimivan. Suuria periaate- tai ajattelutapamuutoksia ei tarvita, mutta toimintatapoja ennakkohuoltosuunnitelmien tekemisessä ja eri liiketoiminta-alueiden välisessä vuorovaikutuksessa voidaan kehittää. Kunnossapidon tärkeys strategiana ja sen sidonnaisuus muihin liiketoiminta-alueisiin ymmärretään kuitenkin hyvin, joten kehittymiselle on erittäin hyvät mahdollisuudet.

Työn toteutus alkoi aihepiiriin tutustumisella toimitettujen sisäisten asiakirjojen avulla ja lähteitä etsimällä. Kunnonvalvontaan liittyviä lähteitä löytyy runsaasti, joskin vanhoista kirjallisuuslähteistä saatavaa tietoa kannattaa vertailla nykyiseen käsitykseen ja uusimpiin tietoihin alalta. Teolliseen internetiin liittyviä lähteitä käyttäessä tulee viitata mahdollisimman uuteen tietoon, koska kyseessä on nopeasti kehittyvä ala. Teoriaosuudessa tärkeintä on saada lukija ajattelemaan sekä kunnossapitoa että kunnonvalvontaa liiketaloutena ja strategiana. Lisäksi kunnonvalvonnan käsitteen sijoittuminen kunnossapitoon ja kunnonvalvonnan eri käyttömahdollisuudet ovat olennaista tietoa.

Projektin toteutuksesta haastavaa teki tiukka aikataulu sekä suuri määrä omaksuttavaa ja analysoitavaa aineistoa. Edistymistä hyödytti eniten yrityksen antama asiantuntijoiden avustus ja laaja-alainen tietämys aiheesta. Ongelmia

kohdatessa oli aina mahdollista kääntyä juuri kyseisen aiheen asiantuntijan puoleen. Toteutuksessa käytettiin pohjana yrityksen tekemiä ennakkohuoltosuunnitelmamalleja, kriittisyysanalyysimalleja ja kunnonvalvonnan mittauspisteitä. Näiden avulla luotiin tietue jokaiselle rakenneryhmälle hierarkkisesti. Haasteita työhön toi saatujen kriittisyysanalyysien tietojen riittämättömyys, sillä joidenkin kohteiden kunnonvalvonnan tärkeyden pystyi havaitsemaan ennakkohuoltotiedoista, mutta kriittisyysanalyysistä laitetta ei puolestaan löytynyt. Lisäksi vikatietojen kohdistaminen kriittisyysanalyysistä ennakkohuoltosuunnitelmaan oli satunnaisesti haastavaa poikkeavien nimityksien tai pelkän toimintotason tiedon vuoksi. Kunnonvalvontapisteiden luetteloinnissa kerrotaan käyttöjen ja vaihteiden osalta ainoastaan valvottavien kohteiden määrä rakenneryhmässä. Kunnonvalvonnan pisteiden paikantamisessa kuitenkin auttavat hierarkian tuntemus ja tieto kriittisistä laitteista.

Tietueen avulla analysoitiin kriittisyysanalyysissä A- ja B-luokkaan kuuluvien laitteiden kunnonvalvontamenetelmiä ja ennakkohuoltosuunnitelman kattavuutta. Kohteet listattiin kehitysehdotuksiksi, jotka käsiteltiin palaverissa ennakkohuoltosuunnitelmien tekijöiden kanssa. Tärkeää oli löytää myös juurisyy kehitysehdotukselle, eli ”Miksi tätä ei ole huomattu aiemmin?”. Näin kysymällä löysin kehitettävää myös organisaation ja yksilöiden toiminnassa. Kunnossapito on yritykselle tärkeä osa liiketoimintaa, joten myynnin tueksi laadittiin määrällinen listaus kunnonvalvonnan ja ennakkohuoltojen kohteista ja malli visuaalisesta tuotoksesta. Tämän listauksen ja mallin avulla voidaan alkaa kehittämään ammattimaista, tietoteknisesti haastavaa visualisointia.

Opinnäytetyö valmistui tiukasta aikataulusta huolimatta ajoissa, eikä ajan vähyyšnäkynyt myöskin tuloksista. Toimeksiantaja on erittäin tyytyväinen tuloksiin ja kertoo jopa, että työn ohjaamisen myötä myös hän on saanut uusia näkökulmia asioihin. Työssä oli osaamista kehitettävää itse suorituksen ja laajan aihealueen lisäksi myös lukuisat keskustelut aiheesta yrityksen eri ihmisten kanssa. Sain mielenkiintoisia näkökulmia ja pohdittavaa kunnossapidosta työni ohessa alan ammattilaisilta.

Lähteet

Ahonen, T. 2012. Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön. VTT.

Davies, A. 2012. Handbook of condition monitoring. Techniques and Methodology. Springer.

Jaatinen, E. 2018. Tuotepäällikkö. Valmet Automation. Haastattelu 16.2.2018

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

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kelly, A. 2006. Strategic maintenance planning. Amsterdam: Butterworth-Heinemann.

Kunnossapidon tuotot ja kustannukset. N.d. Koulutusmateriaali. Opetushallitus. Viitattu 06.05.2018.

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_3-2_kunnossapidon_tuotot_ja_kustannukset.html ,

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy

Mobley, K. 2002. Introduction to predictive maintenance. Elsevier Science & Technology

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus. Viitattu 23.04.2018. <https://janet.finna.fi/>, Metalib, PSK-Standardointi.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus. Viitattu 22.04.2018. <https://janet.finna.fi/>, Metalib, PSK-Standardointi.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. Helsinki: Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus. Viitattu 23.04.2018. <https://janet.finna.fi/>, Metalib, PSK-Standardointi.

Rakenneryhmäjulisteet. 2017. Valmet.

Randall, R. 2010. Vibration-based Condition Monitoring: Industrial, Aerospace and Automotive Applications. Wiley.

SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS Online. <https://janet.finna.fi/>. Viitattu 7.5.2018.

Tuomi, J., Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi.

Valmet criticality analysis and factors N.d. Valmet.

Valmet liiketoiminnat. 2018. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/liiketoiminnat> , Viitattu 28.03.2018

Valmet lyhyesti. 2018. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti> , Viitattu 28.03.2018

Valmet strategia. 2018. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/strategia/> , Viitattu 01.04.2018

Valmet Suomessa. 2017. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-suomessa> , viitattu 1.04.2018

Valmet yhteystiedot. 2018. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/yhteystiedot/> , viitattu 02.5.2018

Valmet yleisesitys. 2017. https://www.valmet.com/globalassets/about-us/valmet-in-brief/general-presentation_2017_10_fin_final.pdf , Viitattu 1.04.2018

Valmet yrityksenä. 2018. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena> , Viitattu 01.04.2018.

Valmet yritysidentiteetti. 2018. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/yritysidentiteetti> , Viitattu 2.04.2018

Watts, S. 2016. The internet of things (IoT) Applications, technology and privacy issues. UK: Nova.

Liitteet

Liite 1. Kriittisyysanalyysin pisteytys. Valmet

Factor	Weight	Points	Criteria
Production loss effect	40	0	Will be defined together with customer
		1	Will be defined together with customer
		2	Will be defined together with customer
		4	Will be defined together with customer
		8	Will be defined together with customer
Maintenance cost effect	30	0	Will be defined together with customer
		1	Will be defined together with customer
		2	Will be defined together with customer
		4	Will be defined together with customer
		8	Will be defined together with customer

Factor	Weight	Points	Criteria
Environmental effect	10	1	Will be defined together with customer
		2	Will be defined together with customer
		8	Will be defined together with customer
		0	Will be defined together with customer
Sense of failure	30	1	Will be defined together with customer
		2	Will be defined together with customer
		4	Will be defined together with customer
		8	Will be defined together with customer
		16	Will be defined together with customer
		32	Will be defined together with customer

Light version:

Production loss effect on Paper machine	30	0	Will be defined together with customer
		16	Will be defined together with customer

Detailed version:

Production loss effect on main production unit	30	0	Will be defined together with customer
		4	Will be defined together with customer
		8	Will be defined together with customer
		16	Will be defined together with customer

Liite 2. Ote tuotetusta datatietueesta, muokattu.

Equipment Lvl	C	D	E	F	G
MP LOADING, BOTTOM ROLL FRAMES					
OPTISIZER BOTTOM ROLL					
OPTISIZER BOTTOM ROLL DRIVE					
OPTISIZER TOP ROLL					
OPTISIZER TOP ROLL DRIVE					
HEAVY CABINET (HYDRAULIC, PNEUMATIC, ELECTRIC AND WATER)					
BEAM BOTTOM					
APPLICATION BEAM TURNING, BOTTOM					
BETURN PAN, BOTTOM					
EDGE DOCTORS & BOTTOM ROLL					
EDGE SHOWERS, BOTTOM ROLL					
MOISTENING SHOWER, BOTTOM ROLL					
APPLICATION BOOLOADING, BOTTOM ROLL					
APPLICATION BOOLOCKING, BOTTOM ROLL					
APPLICATION, BOTTOM ROLL					
APPLICATION SEALING BLADE, BOTTOM BEAM					
APPLICATION BOO ROTATION, BOTTOM BEAM					

Component Lvl	Notes	Notes 2
loading arms		
hydraulic loading cylinders		
Optisizer roll	+ pinnole	CA AND PM DATA EQUAL
Temperature control (water flow through)	Lämmittäsaus	MANUFACTURER INSTRUCTIONS
Motor		
Shaft		
Gear		
Coupling		
Optisizer roll	+ pinnole	NO PM DATA (equal to bottom roll) d
Temperature control (water flow through)	Lämmittäsaus	NO PM DATA (equal to bottom roll) d
Motor		
Shaft		
Gear		
Coupling		
Heavy cabinet		
Application beam adjustment		
Application beam turning cylinders		
BEAM DATA		
Return pan	Päälystävillä Yleensä ei.	CA AND PM DATA EQUAL
Water cooling		CA AND PM DATA EQUAL
Edge doctor		CA AND PM DATA EQUAL
Edge shower		CA AND PM DATA EQUAL
Moistening shower	Kiiniä palautuksissa	CA AND PM DATA EQUAL
Application rod/blade		NO PM DATA, OINGELMA USÄTTY KKOONTIIN
locking device		OINGELMA USÄTTY KKOONTIIN
Roller control device (adjustment spindles)		
Application rod		
Application rod bed		
Sealing blade	Kulutusosa	KKOONTISSA
Application rod motor		OINGELMA USÄTTY KKOONTIIN
Application rod gear		

Hierarchy

SAFETY EQUIPMENT

TEMPERATURE CONTROL, ROLLS

TEMPERATURE CONTROL, BEAMS

DRIP SAVE ... (+)

Liite 3. Kehityskohteiden koontitaulukko osa 1, muokattu.

KRIITTISYYSANALYYSITIEDOT						
Functional location	Description	MTBF (a)	Failure type	Production loss effect	Criticality index	Huoltokohteiden huolto- ja korjausalue
SIZER						
VAL-PM-COAT-010-L26602	APPLICATION ROD LOADING, BOTTOM ROLL		load hose leakage	16 Direct eff	530	Holder / Loading hoses
VAL-PM-COAT-010-L26604	APPLICATION ROD LOCKING, BOTTOM ROLL		dirty, jamming	Direct effect on PM		
VAL-PM-COAT-010-L26606	APPLICATION SEALING BLADE, BOTTOM BEAM		worn-out	Direct effect on PM		
VAL-PM-COAT-010-M28610	APPLICATOR ROD ROTATION, BOTTOM ROLL		Gearmotor failure	Direct effect on PM		SEV gear (K:457)
VAL-PM-COAT-010-L266408	APPLICATION, BOTTOM ROLL		rod/rod bed failure			
Huom: KAIKKI BOTTOM ROLL KOHTEET						
REEL						
VAL-PM-REEL-010-K26654	PRIMARY CENTER DRIVE		cogged belt failure	Direct effect on PM		Primary center drive / Timing belts
VAL-PM-REEL-010-L26655	PRIMARY REELING DEVICES		load cells failure	Direct effect on PM		
VAL-PM-REEL-010-K26659	SECONDARY CENTER DRIVE		cogged belt failure	Direct effect on PM		
VAL-PM-REEL-010-L26659	TAIL PULL DOWN BLOW		Dirty, damaged or misaligned plirect effect on PM			
VAL-PM-REEL-010-L26658	REEL DRUM DRIVE		Gearbox failure	Direct effect on PM		
VAL-PM-REEL-020-M2679	MOTORS	10	Motor failure			
VAL-PM-REEL-020-P2676d	PUMPS	10	Pump failure			

Liite 4. Kehityskohteiden koontitaulukko osa 2, muokattu.

LISÄTIEDOT EHTOIMENPITEISTÄ						KOMMENTTI / TOIMENPITE
Huoltoajan light kuvaus	Huoltoajan pitkävaikutusryhmä miten työ suoritetaan:	Huoltoajan (käytetään vain yhdessä sovitulla huoltoajalla) (MÄKÄLLI TTY TEHDÄÄN SEISOKKI AIKANA)	SEK Lisäosan Kertoo mikä yhtiönä Yhtiönä listalla.	Käynnin aikana Seisokki		
Place	Replace the loading hoses of application rod loading. Sauvan vaihdon yhteydessä tehtävä operaatiotomi.	104	Mechanical	Shutdown	Leikkien vaihtovälin yllentäminen.	
	Usein vaihdettava kulutusosa, operaatiotomi.				Ehtoimenpitiä.	
Oil and check	Check oil and oil level. Check running noise for possible bearing damage. Inspect the seals visually for leakage. For gear units with a torque arm: check and replace the rubber buffers, if necessary. Applikaatiot kulumusosia, lehdon vikantunnin seurauksena väärästä vaihtoavasta / huonosta puhdistuksesta.	26	Mechanical	Shutdown	Tarkastuksen intervallin pienentäminen. Mikä on paras vaihtovälitapa vaihtomootorin vikaantumissa kunnossapidettävyyttä? Ehtoimenpitiä.	
Huom. KAIKKI BOTTON ROLL KOHTEET PEILATEN TOP ROLL KOHTEIKSI						
Place	Replace the primary center drive timing belts .	104	Mechanical	Shutdown	Replace EHT toimen intervallin yllentäminen, nkt MTEF-vaihtovälit	
	Antureita on kolmessa paikassa, ensi- ja toistovälin liikunussylinterissä ja toisinaan myös rullausylinterissä. Mitäa sylinterinoma				CM tehtävää löytyy primary- ja secondary carriages EHT tiedoista	
	Kaikkissa toimituksissa ei PhotoCell katkoa. EHT tiedot yhtenä, voisi lisätä mikäli jossain toimituksessa katkova on.				EHT toimen lisäys, check alignment / position / pulley and visually condition of belt, check tightness. EHT toimen lisäys, check alignment / cleaning. Mahdollisesti operaattori tehtävä jos kunnossapidettävyyttä ok. (Vaikka ei kaikissa linjoissa ole.)	
	EHT toimet riittävät, kohveilla CM.				REEL DRUM CM, RVT-105. Kunnossapito tiedon lisäys EHT dataan. Myös vaihtovälitkolla voi olla CM, valmistettava.	