

Jyrsinpäiden ennakkohuollon kehittäminen konepajalla

Vesa Väätäinen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma

Kunnossapito

Tekijä(t) Väätäinen, Vesa	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2018
	Sivumäärä 101	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Jyrsinpäiden ennakkohuollon kehittäminen konepajalla		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka, Insinööri (AMK)		
Työn ohjaaja(t) Tuukkanen, Harri, Kivistö, Hannu		
Toimeksiantaja(t) Valmet Technologies Oy, Rautpohja, Hämäläinen, Arto		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn toimeksiantajana oli Valmet Technologies Oy Rautpohjan konepaja ja työn aiheena oli kehittää ennakkohuoltoa suurten jyrsinkoneiden jyrsinpäille. Työn tavoitteena oli muuttaa jyrsinpäiden kunnossapidon strategiaa korjaavasta kunnossapidosta kohti ennakoivaa kunnossapitoa. Jyrsinpäille tehtiin ehdotelma uudesta kunnossapitosuunnitelmasta ja selvitetiin kunnossapitovarmuuden parantamisen kohteet.</p> <p>Tutkimus noudattaa laadullista tutkimusotetta, jossa tutkimusmenetelminä on tapaus- ja toimintatutkimus. Aineistoa kerättiin pääsääntöisesti haastattelemalla ja tulosten analysointiin käytettiin sisällönanalyysiä tutkimukselle relevantin tiedon kokoamiseksi. Tutkimuksessa oli jyrsinpäitä hieman yli 30 kappaletta. Tutkimuksen alussa suoritettiin kriittisyysanalyysi, jolla saatiin rajattua suunnittelu- ja kehitystoimia tärkeimmille kohteille.</p> <p>Työn yhtenä tuloksena saatiin kriittisyysanalyysit jyrsinpäistä, jota voidaan tulevaisuudessa käyttää hyväksi kunnossapidon kehitykseen ja uusien investointien suunnitteluun. Tuloksena laadittiin jyrsinpäiden kunnossapitosuunnitelma, josta selviää vastuunjaon vaihtoehdot ylläpitävän huollon suorittamiseen, toimintamallit varaosien kanssa toimimiseen sekä kehityskohteet viikkohuoltojen tekemiseen ja raportointiin. Tuloksena saatiin poikkileikkaus jyrsinpäiden huolto-osaamisesta Suomessa ja ajantasainen tieto laitevalmistajien varaosien toimitusajoista kyseisen ikäluokan jyrsinpäille.</p> <p>Työtä voidaan hyödyntää aloitteena jyrsinpäiden kunnossapidon strategiseen muutokseen ja ensi askeleena kohti jyrsinpäiden ennakoivaa kunnossapitoa. Työ tuotti uutta tutkimustietoa alalle jyrsinpäiden kunnossapidosta.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Kunnossapito, jyrsinpää, käyttövarmuus, strategia, kriittisyysanalyysi, varaosat		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Väättäinen, Vesa	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2018 Language of publication:
	Number of pages 101	Permission for web publication: x
Title of publication Improving the maintenance of the milling heads in a workshop		
Degree programme Degree Programme in Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Tuukkanen, Harri & Kivistö, Hannu		
Assigned by Valmet Technologies Oy, Rautpohja, Hämäläinen, Arto		
Abstract <p>The assignor of a thesis was Valmet Technologies Oy Rautpohja workshop and the aim of the thesis was to improve the preventive maintenance for the milling heads of the horizontal milling machines. The target of the thesis was to change the maintenance strategy for the milling heads from repairing breakdowns to preventive maintenance. A new maintenance plan was proposed for the milling heads and improvements of dependability were determined.</p> <p>The study follows the principles of qualitative research and research methods are a case study and an action research. Material for the study was collected by interviewing people. Content analysis was used to analyze the results and to compile the relevant information. The study included a bit over 30 milling heads. A criticality analysis was conducted at the beginning of the study focusing on the development of important targets.</p> <p>A Criticality analysis of all the milling heads was a result of the study. This can be used in the future for maintenance development or investment planning. Another result was a maintenance plan for the milling heads clarifying the responsibilities for the maintenance tasks, the operating models for the spare parts and the development guidelines for the weekly maintenance and reporting. The thesis gives a cross-section of the maintenance services for milling heads in Finland and up-to-date information on the delivery times for spare parts from the milling head manufacturers.</p> <p>The thesis can be utilized in strategic change in the maintenance of milling heads and as the first step towards preventive maintenance. The thesis produced new data on the maintenance of milling heads.</p>		
Keywords/tags (subjects) Maintenance, Milling head, Dependability, Strategy, Criticality analysis, Spare parts		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Yleistä tutkimuksesta ja sen tavoitteista	5
2	Tutkimusasetelma	6
2.1	Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset	7
2.2	Tutkimusmenetelmät	7
3	Valmet Technologies Oy	11
3.1	Tunnusluvut.....	11
3.2	Valmet Rautpohjan paperikonetehtas	12
4	Käyttövarmuus	13
4.1	Käyttövarmuuden määritelmä	13
4.2	Tuotannon kokonaistehokkuus	17
5	Kunnossapito.....	19
5.1	Kunnossapito teollisuudessa	19
5.2	Kunnossapidon luokittelu.....	20
5.3	Ehkäisevä kunnossapito	23
5.3.1	Yleistä ennakkohuollosta ja sen suunnittelusta	23
5.3.2	Yleistä kunnonvalvonnasta	27
5.3.3	Värähtelymittaukset	31
5.3.4	Lämpötilan mittaus.....	34
5.3.5	Aistiensavaraiset havainnot	35
5.3.6	Öljyanalyysit.....	36
5.3.7	Vikaantumisen analysointi.....	38
6	Jyrsinpäiden ennakkohuolto	40
6.1	Työn aloitus ja lähtötilanne	40
6.2	Perehtyminen jyrsinpäihin	41

	2
6.3	Huolto- ja vikahistorian tarkastelu 44
6.4	Kriittisyysanalyysin suunnittelu 47
6.5	Kunnonvalvonnan mittausraportit 49
6.6	Jyrsinpäiden varaosatilanne 50
6.7	Haastattelut 51
6.7.1	Henkilökuntaan kohdennettujen haastatteluiden suunnittelu 51
6.7.2	Haastatteluiden analysointi 53
7	Mitä tutkimuksessa selvisi? 54
7.1	Huollon nykytilanne ja kunnossapidon strategia 55
7.2	Kriittisyysanalyysin tuloksien avaaminen 57
7.2.1	Skoda W 200T pora- ja jyrsinkone (LP-18) 58
7.2.2	CNC-Porakone (DC-5) 59
7.2.3	FTP M-ARX horisontaalinen pora- ja jyrsinkone (LP-31) 60
7.2.4	Toshiba BSF-180A NC-työstökeskus (HMC-3) 63
7.2.5	Skoda HWC 2-180NC Aarpora (LP-30) 65
7.3	Jyrsinpäiden huoltopalveluiden toimittajat 68
8	Kunnossapidon strateginen muutos 70
8.1	Jyrsinpäiden kunnossapitosuunnitelma 71
8.1.1	Öljynvaihdon vastuunjako 71
8.1.2	Yleistä huoltostrategiasta 73
8.2	Tulosten luotettavuus ja jatkokäyttö 79
8.3	Kehitysideat 81
9	Pohdinta 83
	Lähteet 87
	Liitteet 91
Liite 1.	Konekohtainen kulmapäällista 91

Liite 2.	FPT M-Arx aarporan vuoden 2017 kulmapäiden vikahistoria.....	92
Liite 3.	Kriittisyysanalyysin kertoimen valintataulukko.....	93
Liite 4.	Haastattelurunko koneenkäyttäjälle	94
Liite 5.	Haastattelurunko kunnossapitohenkilökunnalle	95
Liite 6.	Kysely muille huoltoyhtiöille	96
Liite 7.	Kriittisyysanalyysin laskentataulukko 1/2	97
Liite 8.	Kriittisyysanalyysin laskentataulukko 2/2	98

Kuviot

Kuvio 1 Valmet tunnusluvut	12
Kuvio 2. Kylpyammekäyrä	14
Kuvio 3. Toimintolohkokaavio	15
Kuvio 4. Käyttövarmuuden aikamääreet	17
Kuvio 5. Kunnossapitolajit	21
Kuvio 6. P-F-käyrä.....	29
Kuvio 7. Ennakoivien toimenpiteiden valintaprosessi	31
Kuvio 8. Kulumisen vaiheet	37
Kuvio 9. F.P.T Industrie S.P.A TUPC jyrsinpää	42
Kuvio 10. Häiriöilmoitus LP-31	45
Kuvio 11. Huoltosuunnitelmat LP-31	46
Kuvio 12. Nelimatriisi haastattelun tuloksien jäsentelyyn LP-31.....	54
Kuvio 13. Valmet Rautpohjan kriittiset kulmapäät	57

Taulukot

Taulukko 1. Tuotannon kokonaistehokkuus KNL	18
Taulukko 2. Kriittisyysanalyysin pisteiden lasku LP-31:lle.....	48
Taulukko 3. LP-31 TU144 kulmapään värähtelymittaustulokset	49

1 Yleistä tutkimuksesta ja sen tavoitteista

Konepajateollisuudessa käytettyjen horisontaalisten suurten jyrsinkoneiden jyrsinpäiden korjaaminen ja säätäminen niiden ihanteellisen toimimisen löytämiseksi on erikoisosaamista vaativaa työtä. Jyrsinpäät ovat jyrsinkoneen toiminnalle tärkeitä laitteita, koska useat työtehtävät vaativat jyrsinpään käyttöä ja työstettävän kappaleen pinnanlaatu on suoraan yhteydessä jyrsinpään toimimiseen.

On huomioitava, että kyseisissä työstokoneissa on muitakin kriittisiä laitteita, mutta erityisesti jyrsinpäät ovat viimeaikoina nousseet esiin negatiivisesti Valmet Rautpohjan konepajalla niistä aiheutuneiden tuotannon katkosten ja korkeiksi nousseiden korjauskustannuksien johdosta.

Tutkimuksessa selvitettiin yrityksen jyrsinpäiden kunnossapidon nykytila, minkä pohjalta sitä alettiin kehittämään. Tutkittiin oman kunnossapitohenkilökunnan kykyä vastata jyrsinpäiden korjaukseen, kartoitettiin markkinoilla olevia huoltopalveluiden toimittajia ja saatavilla olevaa palvelua. Lisäksi selvitettiin huoltoon ja korjaukseen tarvittavat resurssit kunnossapitovarmuuden parantamiseksi.

Työ toimii aloitteena jyrsinpäiden kunnossapidon strategiseen muutokseen. Työn tavoitteena oli parantaa kulmapäiden käyttövarmuutta kehittämällä ennakkohuoltoa ja kunnonvalvontaa. Tavoitteena oli luoda kunnossapitosuunnitelma ja vertailla soveltuvia kunnonvalvontamenetelmiä, millä vikaantuminen saadaan hallintaan. Käytännössä kunnossapitosuunnitelman kehitys tapahtui luomalla toimintamallit, kuinka jyrsinpäiden käyttövarmuutta saadaan parannettua. Samalla selvitettiin jyrsinpäiden tärkeys tuotannolle kriittisyysanalyysillä, jonka pohjalta voidaan kohdentaa ennakkohuollon toimenpiteitä kriittisille jyrsinpäille.

Toisena tavoitteena oli parantaa kulmapäiden kunnossapitovarmuutta. Tähän liittyen oli tarkoitus selvittää, onko omalla kunnossapidolla resurssit suoriutua korjauksista. Lisäksi pohdittiin, että miten kunnossapitovarmuutta voidaan kehittää ja mitä voidaan jatkossa tehdä toisin. Alatavoitteena oli selvittää varaosatilanne ja laitevalmistajia haastatellen kartoittaa kriittisten varaosien toimitusajat.

Työ rajattiin koskemaan yrityksen perälaatikkoverstaan ja SymBelt-telaverstaan jyrsinpäitä. Työstökoneiden muut kriittiset osat rajattiin pois tästä tutkimuksesta ja tarkoituksena oli keskittyä vain itse jyrsinpäihin. Koneiden väärinkäytöstä johtuvat virheet rajattiin pois tutkimuksesta. Palvelu- ja varaosakustannukset eivät olleet tutkimuksessa selvitettäviä asioita.

Tutkimusta voidaan käyttää hyödyksi jyrsinpäiden käyttövarmuuden parantamiseen konepajateollisuudessa, missä käytetään suuria horisontaalisia jyrsinkoneita ja niissä käytettäviä jyrsinpäitä.

2 Tutkimusasetelma

Tutkimusasetelma toimii yleissuunnitelmana työn empiirisen aineiston keräämiseen ja analysointiin. Tutkimusasetelma määritetään tutkimusongelman ehdoilla ja siinä otetaan huomioon käytössä olevat resurssit. Tutkimusasetelman kannalta keskeisiä asioita on mittauksen kohteena olevat tutkimusyksiköt, käytettävä mittaamenetelmä, aineiston keräämiseen liittyvät järjestelyt ja aineiston analyysiin soveltuvat menetelmät (Tutkimusasetelma, n.d.)

Tutkimusyksiköitä voivat olla esimerkiksi ihmiset, yritykset tai tuotteet.

Tutkimusyksiköiden valinta tapahtuu tapauskohtaisesti siten, että aineiston kerääminen on käytännössä mahdollista ja tutkimuskysymyksiin saadaan luotettavia vastauksia. Mittaaminen voidaan suorittaa haastattelemalla, havainnoimalla tai esimerkiksi kyselylomakkeella. Mittaamismenetelmän valinnassa on huomioitava, että menetelmä on käytännössä mahdollista toteuttaa ja mittaaminen on luotettavaa (Tutkimusasetelma, n.d.)

2.1 Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön aihe nousi esiin vuoden 2017 elokuussa yhdessä toimeksiantajan kanssa käydyissä keskusteluissa. Työn aloituspalaverissa tammikuussa vuonna 2018 päätettiin, että työssä syvennyttään kehittämään kulmapäiden ennakkohuoltoa ja parantamaan kyseisten laitteiden käyttövarmuutta.

Opinnäytetyön tutkimusongelmana on, että kulmapäiden käyttö- ja kunnossapitovarmuuden tila on heikentynyt. Kulmapäiden korjauksiin on kulunut paljon resursseja ja osaan koneista joudutaan hankkimaan huoltajat laitevalmistajalta. Jotkin työstökoneet ovat seisonneet vuositasolla useita satoja tunteja kulmapäistä johtuneiden tuotantokatkosten takia. Valmetilla on otettu käyttöön noin 10 vuotta sitten käyttäjäkeskeisen kunnossapidon tarkastustoiminnan periaate ja nyt tarkastustoiminta kaipaa terävöitystä. Tarve ennakkohuollon uudelleensuunnittelulle ja kunnossapidon strategiselle muutokselle on ilmeinen.

Työn päätutkimuskysymykset ovat:

Miten kulmapäiden käyttövarmuus varmistetaan?

Miten kulmapäitä voidaan ennakkohuoltaa paremmin ja miten häiriöauriot estetään?

Mitä tulevaisuudessa voidaan tehdä toisin, jotta vastaavaa tilannetta ei synny?

2.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmillä tarkoitetaan tutkimuksen konkreettisia aineiston hankinta ja -analyysimetodeja, jotka voidaan puolestaan luokitella laadullisiin ja määrällisiin menetelmiin (Tutkimusasetelma – taso 1, n.d.)

Laadullisella tutkimuksella tarkoitetaan mitä vaan tutkimusta, jossa pyritään hankkia luotettavia ja perusteltuja tuloksia ilman määrällisiä- tai tilastollisia menetelmiä.

Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen erona on, että laadullinen tutkimus käyttää sanoja ja lauseita, kun taas määrällinen tutkimus perustuu lukuihin. Kvalitatiivinen tutkimus ei tähtää määrällisen tutkimuksen mukaisiin yleistyksiin, vaan tarkoituksena

on ilmiön ymmärtäminen, kuvaaminen ja mielekkään tulkinnan antaminen.

Tavoitteena on ilmiön syvällinen ymmärtäminen (Kananen 2012, 29-30.)

Case- eli tapaustutkimus on tutkimusstrategia, jossa monipuolisesti ja monin eri tavoin hankittua tietoa käytetään analysoimaan ilmiötä tai toimintaa toimintaympäristössään. Case-tutkimuksessa käsitellään yksityiskohtaista tietoa yksittäisestä tapauksesta tai pienestä joukosta toisiinsa suhteessa olevia tapauksia. Tapaustutkimukset ovat syvätkutimuksia, jotka antavat siitä täydellisen ja hyvin organisoidun kuvan (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007, 130.) Toimintatutkimus on tutkimusstrategia, jossa tutkitaan voimassa olevia toimintamalleja ja yritetään muuttaa vallitsevia käytänteitä (Kuula, 2006).

Työ noudattaa tapaustutkimuksen strategiaa, jossa tuotetaan kulmapäistä yksityiskohtaista tietoa luonnollisessa ympäristössä. Lisäksi työssä on toimintatutkimuksen piirteitä, koska tutkimuksessa kuvataan jyrsinpäiden kunnossapidon strategia ja yritetään saada aikaan muutosta vallitseviin käytänteisiin.

Tutkimusotteeksi valittiin laadullinen menetelmäsuuntaus, koska tutkimuksen avulla pyritään selvittämään kulmapäiden huollon nykytila ja halutaan saada ilmiöstä hyvä kuvaus. Näiden pohjalta tarkoituksena on selvittää kulmapäiden ennakkohuollon kehityskohteet ja tehdä parannusehdotukset. Tutkimuksessa kartoitetaan kirjallisuuden, dokumenttien ja haastatteluiden avulla uusia näkökulmia ennakkohuollon toteutukseen ja vikaantumisen hallintaan.

Aineistonkeruumenetelmät

Aineistonkeruumenetelmänä toimii käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan haastattelu. Haastatteluilla pyritään hankkimaan tutkimukselle tärkeä piilossa oleva tieto koneenkäyttäjiltä ja kunnossapitäjiltä kulmapäiden toimintaan ja kunnossapidon strategiaan liittyen. Haastattelut ovat luonteeltaan avoimia- ja teemahaastatteluja, joihin haastattelurungot, teemat ja osa kysymyksistä mietitään ennalta. Aineistoa kerätään laitteiden vikahistoriasta, huolto-ohjeista, eri koneiden mittauspöytäkirjoista ja laitevalmistajan dokumenteista. Aineistoa kerätään havainnoimalla, kirjaamalla muistiinpanoja ja äänittämällä haastattelut.

Tutkimukseen sisältyy käynti Tampereen konepajamessuilla, jossa haastatellaan muita jyrsinpäiden kunnossapitoon ja korjauksiin erikoistuneita palveluntoimittajia. Tarkoituksena on kartoittaa, millaista palvelua ja osaamista on tarjolla. Messuilla käymisen tarkoituksena on saada tarvittavat kontaktihenkilöt, joiden kanssa käydään sähköpostikeskustelua.

Rajaukset

Työ rajattiin koskemaan yrityksen 2 hallin eli perälaatikkoverstaan ja 5 hallin eli SymBelt-telaverstaan avainkoneiden kulmapäitä. Työstökoneiden muut kriittiset osat ja laitteet rajataan pois tästä työstä ja tarkoituksena on keskittyä vain itse kulmapäihin. Geometrian tuomat haasteet rajataan työn ulkopuolelle, samoin kulmapäiden ja koneiden väärinkäytöstä johtuvat virheet. Rajaus koskee myös tarkastustoiminnan laiminlyönnistä johtuvia virheitä. Kriittisten varaosien hintatiedot eivät kuulu selvitettäviin asioihin.

Aikaisemmat tutkimukset

Kriittisyysanalyysit, ennakkohuollon suunnittelu eri menetelmin ja värähtelymittausten hyödyntäminen kunnonvalvonnassa ovat paljon tutkittuja aiheita kunnossapidon alalla. Menetelmiä on sovellettu tutkimuksissa paljon erilaisille kohteille, mutta suoraan jyrsinpäistä tehtyjä julkaistuja tutkimuksia löytyi hyvin vähän. Jyrsinpäistä saatu tieto on laitevalmistajan dokumentaatiosta sekä esittelyvideoista peräisin ja tutkimuksessa hyödynnettiin empiiristä tietoa jyrsinpäistä.

Analyysimenetelmät

Laadullisen tutkimuksen menetelmät jaetaan analyysi- ja tiedonkeruumenetelmiin. Laadulliset analyysimenetelmät edellyttävät sitä, että kerätty aineisto noudattaa laadullisen tutkimuksen tiedonkeruumenetelmiä (Kanenen 2012, 92.)

Sisällönanalyysi on perusanalyysimenetelmä, joka soveltuu laadullisiin tutkimuksiin. Sisällönanalyysi käsitteellä tarkoitetaan kirjoitettujen nähtyjen ja kuultujen sisältöjen analysointia. Analyysi on yksittäinen metodi, mutta sitä voidaan pitää teoreettisena kehyksenä ja se on liitettävissä monenlaisiin analyysikokonaisuuksiin (Tuomi & Sarajärvi 2009, 91.)

Laadullisen tutkimuksen analyysin etenemisen runko:

1. Vahva päätös siitä, mikä kyseisessä kerätyssä aineistossa kiinnostaa
 2. Käy aineisto läpi ja merkitse kiinnostavat asiat ylös
 3. Jätä muu aineisto pois
 4. Tiivistä merkittävät asiat ja erottele ne muusta aineistosta
 5. Luokittele, tyyppitele tai teemoita aineisto
 6. Kirjoita yhteenveto
- (Tuomi & Sarajärvi 2009, 92.)

Kohdassa yksi tutkimusongelma ja tutkimustehtävä on oltava tarkkaan rajattu, jotta tiedetään tarkkaan juuri se, mistä tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita. Kohdat kaksineljä koskevat aineiston litterointia tai koodausta. Tämän tarkoituksena on jäsentää sitä, mitä aineistossa tutkijan mielestä käsitellään, sekä toimia tekstin kuvailun apuvälineenä. Kohdassa viisi valitaan soveltuvin analyysitekniikka. Teemoittelu on laadullisen aineiston pilkkomista ja ryhmittelyä erilaisten aihepiirien mukaan, jossa tarkoituksena vertailla erilaisten teemojen esiintymistä aineistossa. On tärkeä täsmentää, haetaanko analyysillä aineistosta samanlaisuutta vai erilaisuutta (Tuomi & Sarajärvi 2009, 92-93.)

Kerättyä aineistoa analysoidaan sisällönanalyysillä. Avoimet- ja teemahaastattelut litteroidaan, jotta kaikki tutkimukselle relevantti tieto saadaan talteen, jäsenneltyä ja tiivistettyä. Litteroinnin jälkeen tietoa jäsennellään nelimatriisilla. Muun kerätyn aineiston, kuten laitedokumenttien- ja vikaistorioiden tutkimisen, sekä avoimien haastatteluiden sisältöä analysoidaan tiivistämällä ja tyyppitelemällä kerättyjä muistiinpanoja.

Lähdekritiikki

Tiedonhankinta on tutkimuksen tärkeä prosessi ja antaa uusia näkökulmia tutkittavaan aiheeseen. Tiedonlähteitä ovat erilaiset kirjalliset, sähköiset, painetut ja

suulliset lähteet. Lähteitä käytetään monipuolisesti ja omaan tehtävään sopivalla tavalla. Tiedon haussa on huomioitava tiedon ajankohtaisuus. Ajankohtainen tieto yleensä löytyy tietoverkoista ja lehdistä. Alan asiantuntijoiden kirjoittamat julkaisut ja kirjalliset teokset ovat pääsääntöisesti luotettavia lähteitä. Kirjallisuudesta etsitään näkemyksellistä ja teemoittaista tietoa ja standardeista käsitteiden määritelmiä (Opinnäytetyön raportointi, n.d.)

Lähdekriitissä arvioidaan lähteen luotettavuutta, käyttökelpoisuutta ja ajantasaisuutta. Arvioidaan tekstin kirjoittajan suhdetta kirjoitettuun aiheeseen ja mihin tarkoitukseen teksti on tarkoitettu. Tietolähteen sopivuutta aiheeseen kommentoidaan yleensä kirjoitelman lopussa (Lähdekritiikki n.d.)

Viitekehys ja keskeiset käsitteet

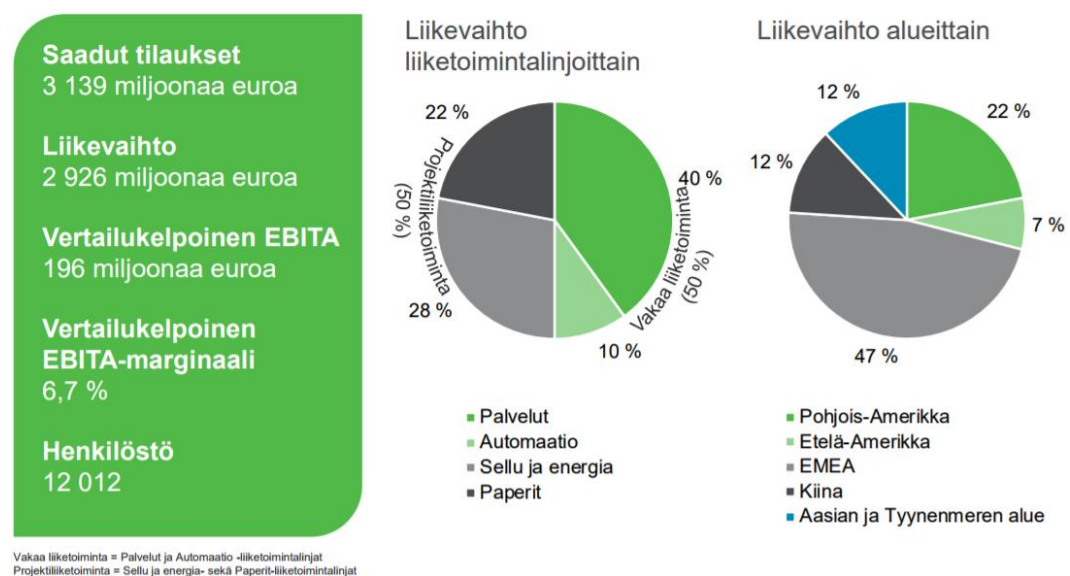
Mittarina kulmapäiden tekninen käytettävyys eli käyttövarmuus on toimeksiantajalle pääasia ja työtä lähestytään siitä näkökulmasta, että miten se saadaan varmistettua. Käyttövarmuuteen liittyy oleellisesti kunnossapitovarmuus, kunnossapidettävyys ja toimintavarmuus. Edellä mainittuja käsitteitä voidaan pitää työn keskeisinä käsitteinä ja ne ovat määritelty tarkemmin kappaleessa 4.1.

3 Valmet Technologies Oy

3.1 Tunnusluvut

Valmetilla on yli 220 vuoden teollinen historia ja yrityksen juuret ulottuvat 1700-luvun loppupuolelle. Valmet on nykyään merkittävä teknologian, automaation ja palveluiden toimittaja ja kehittäjä paperi-, sellu-, ja energiateollisuudelle. Kuviossa 1 näkyy Valmetin liikevaihto toimintalinjoittain ja henkilöstön määrä. Vuonna 2016 liikevaihto oli 2 926 miljoonaa euroa ja kyseisenä vuonna Valmetille työskenteli

12 012 ihmistä ympäri maailmaa. Valmetin liiketoimintalinjat koostuvat palvelut-, automaatio-, sellu ja energia- ja paperit liiketoimintalinjoista. Valmet on globaali yritys ja yritystoimintaa on 33 maassa. Päätoiminta-alueet ovat Eurooppa, Etelä-, ja Pohjois-Amerikka, Aasia ja Tyynenmeren alue ja Kiina. Palvelukeskuksia on yli 120 kappaletta ja yrityksellä on yhteensä 34 tuotantolaitosta ympäri maailman (Valmet yleisesitys, 2017.)



Kuvio 1 Valmetin tunnusluvut (Valmet yleisesitys, 2017.)

3.2 Valmet Rautpohjan paperikonetehtas

Rautpohjan paperikonetehtaalla tuotanto jaetaan kahteen pääryhmään, jotka ovat telatuotanto ja määränpään tuotanto. Tuotannon ympärillä on paljon toimintaa tukevia Valmetin yksiköitä, kuten esimerkiksi korjauspalveluita tuottava protopaja, tutkimukseen ja kehittämiseen suuntautunut teknologiakeskus sekä koelaitos. Henkilöstöä Valmet Rautpohjassa on hieman alle 1250 (Ranta, 2018.)

Telatuotanto kattaa telan ja vaipan koneistuksen. Telatyyppejä ovat muun muassa valurauta-, imu-, taipumasäädettävät- ja alipainetelat, sekä kuivatussyylinterit. Märänpään tuotanto pitää sisällään perälaatikkojen valmistuksen, viira- ja puristinosien esikoonpanon ja paperikoneiden erilaisten osien valmistuksen (Ranta, 2018.)

Valmet Rautpohjassa tuotannon tukena toimii tukioorganisaatio, joka koki organisaation muutoksen vuoden 2018 alussa. Vastuualueita ovat erilaisten tuotannon ja koneiden investointiprojektien vetäminen, kunnossapidon kehitys ja työkalusuunnittelu. Tuotannon tuen tavoitteina on nostaa tuottavuutta, vähentää konerikkoja, pienentää läpäisyajoja sekä laadukustannuksia (Schuvalow, 2018.)

Valmet on ulkoistanut tuotantokoneiden korjaus- ja kunnossapitoliiketoiminnan kiinteälle palvelutoimittajalle. Kunnossapidon johto on pidetty yrityksellä itsellään, jotta päätösvalta kunnossapitoon liittyvissä tapauksissa säilyy. Kunnossapidon työsuunnittelu ja kunnossapitotehtävien johtaminen on palvelutoimittajan vastuulla. Valmet Rautpohjassa koneenkäyttäjät ovat osana päivittäistä koneiden kunnossapitoa ja tarkastustoimintaa (Schuvalow, 2018.)

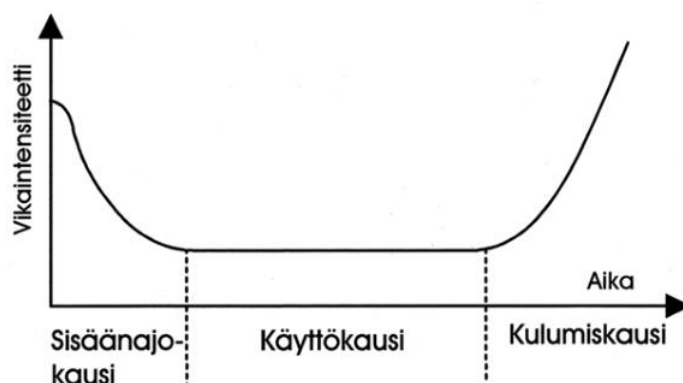
4 Käyttövarmuus

4.1 Käyttövarmuuden määritelmä

Käyttövarmuus määritellään kohteen kyvyksi olla tilassa, jossa se kykenee tarvittaessa suoriutumaan vaaditusta toiminnosta tietyissä olosuhteissa niin, että sitä edellyttävät ulkoiset resurssit ovat saatavilla. Käyttövarmuus koostuu kolmesta osatekijästä, joita ovat toimintavarmuus, kunnossapidettävyyys ja kunnossapitovarmuus. Tunnuslukutarkastelussa käytettävyyys on käyttövarmuuden merkittävin mittari, mutta se ei ota kantaa toiminta-asteen- tai laadun häviöistä (PSK 6201:2011, 5-7.)

Kohteen toimintavarmuus kuvaa sen kykyä suoriutua vaaditusta toiminnosta määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson ajan. Toimintavarmuus kuvaa kohteen luotettavuutta, ja sitä on, kun laite toimii keskeytyksettä tietyn ajan tai käynnistyy tarpeen vaatiessa ongelmitta. Kohteen toimintavarmuuteen voidaan vaikuttaa jo investointivaiheessa huomioimalla koneen käyttöolosuhteet ja mitoittamalla kohde käyttötarkoituksen, käytön määrän ja rasittavuuden mukaan oikein. Laitteen oikea asennus ja käyttöhenkilökunnan opastus parantaa kohteen luotettavuutta. Kunnossapito-opastuksella voidaan parantaa kohteen toimintavarmuutta erityistä huoltoa vaativissa kohteissa (Laitossuunnittelun vaikutukset kunnossapitokustannuksiin, n.d.)

Luotettavuustarkasteluissa kohteen käytettävyyttä määritellään todennäköisyydeksi, että se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon. Luotettavuutta voidaan todentaa laskemalla vikaantumisen todennäköisyyden jakauma. Jakaumaa voidaan mallintaa kuvion 2 mukaisella kylpyammekäyrällä, jossa tarkastellaan vikaantumista ajan funktiona. Tavanomaisia vikaantumisesta aiheutuvia epäluotettavuuden tilanteita voi olla käyttökauden aikana tapahtuva ajasta riippumaton satunnaisvikaantuminen, sisäänaikauden aikana tapahtuva vikaantuminen, sekä normaalista kulumisesta aiheutuva vikaantuminen (Johdanto luotettavuustekniikkaan, n.d.)



Kuvio 2. Kylpyammekäyrä (Johdanto luotettavuustekniikkaan, n.d.)

Kuvion 3 luotettavuuslohkokaavio on toinen luotettavuuden mallintamisen menetelmä. Luotettavuuslohkokaaviolla esitetään järjestelmän komponenttien yhteydet toiminnan onnistumisen kannalta. Luotettavuutta voidaan parantaa varmentamalla toiminto. Sarjavarmennuksessa toiminto varmistetaan fyysisesti sarjaan kytkettävällä yksilöllä. Luotettavuusteknisesti yhden komponentin vikaantuessa toiminto estyy. Rinnakkaisvarmennuksessa toiminto varmennetaan fyysisesti rinnakkain olevilla yksilöillä. K/n on järjestelmän rinnakkaisrakennemuoto, jossa järjestelmä toimii, kun edes yksi järjestelmän komponenteista toimii (Johdanto luotettavuustekniikkaan, n.d.)

- Sarjarakenne



- Rinnakkaisrakenne



- k/n-rakenne



Kuvio 3. Toimintolohkokaavio (Tuukkanen, 2016.)

Kunnossapidettävyys on kohteen kyky olla pidettävissä tilassa, jossa se pystyy suorittamaan siltä vaaditun toiminnon määritellyissä käyttöolosuhteissa, jos kunnossapito suoritetaan käyttäen vaadittuja menetelmiä ja resursseja. Keskeisiä kunnossapidettävyyden käsitteitä ovat kohteen luoksepäästävyys, joka kuvaa helppoutta lähestyä ja päästä kohteeseen kunnossapitotehtävien suorittamiseksi. Kohteen hyvä huollettavuus mittaa huoltotoimenpiteiden suorittamisen helppoutta, joita ovat esimerkiksi puhtaanapidettävyyden helppous, osien ja materiaalien

saatavuus, pysäytystarve ja huoltotoimenpiteiden turvallisuus. Vian paikannettavuus on kunnossapidon keskeinen käsite, sillä se mahdollistaa vian etsimisen ja paikantamisen laitteessa niin, että se voidaan korjata suunnitellusti.

Kunnossapitovarmuudella tarkoitetaan kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa vaadittu tehtävä tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaadittuna ajanjaksona tai ajanhetkellä (PSK 6201:2011, 7-8.)

Tärkeimmät seurattavat mittarit kohteen kunnossapidettävyyden ja kunnossapito-ominaisuuksien arviointiin ja mittaukseen ovat:

- **Käyntiaika:** ajanjakso, milloin kohde suorittaa vaadittua toimintoa
- **Käyttöaika:** eli tarvittava ajanjakso vaaditun tuotantomäärän tuottamiseen
- **Joutoaika:** on ajanjakso, kun kohdetta ei käytetä, mutta se on toimintakelpoinen
- **Valmiusaika:** on ajanjakso, jolloin kohde on toimintakelpoinen, mutta sitä ei käytetä.
- **Toimintakelpoisuustila:** kohde kykenee suorittamaan toiminnon edellyttäen, että ulkoiset resurssit ovat saatavilla
- **Ulkoisen toimintakyvyttömyysaika:** on tila, jossa kohde on toimintakelpoisuustilassa, mutta pakolliset ulkoiset resurssit puuttuvat
- **Toimintakelpoisuustila:** kohde on toimintakykyinen
- **Toimintakelvottomuusaika:** kohde ei ole toimintakykyinen
- **Seisokki:** kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa käytön tai kunnossapidon toimenpiteen johdosta
- **Käytön seisokki:** kohde ei kykene suorittamaan siltä vaadittua toimintoa käytön suunnitellun tai suunnittelemattoman toimenpiteen vuoksi
- **Kunnossapidon seisokki:** on tila, jossa kohde ei kykene suoriutumaan toiminnosta vian tai ehkäisevän kunnossapidon tehtävien johdosta
- **Häiriötoipumisaika:** tuotantoon palauttamiseen kuluva aika
- **Vikaantumisaika:** käyntiaika kohteen käyttöönotosta vikaantumiseen tai aika kunnostamisesta seuraavaan vikaantumiseen
- **Vikaväli:** kahden peräkkäisen vian välinen jakso
- **Kunnossapitoaika:** Suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin kuluva aika
- **Viive:** aika, jolloin korjausta ei voida tehdä osien toimitusajan tai muun esteen vuoksi
- **Elinjakso:** ajanjakso, joka alkaa kun tarve kohteelle määritellään ja päättyy, kun laite ajetaan alas
- **Elinkaari:** ajanjakso, joka alkaa kun valmistaja määrittelee uuden tuotteen, ja päättyy, kun valmistaja poistaa tuotteen lopullisesti tuoteohjelmastaan (PSK 6201:2011, 9-11.)

Toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuuden keskeiset mittarit ilmenevät kuviosta 4. Seurattavia tunnuslukuja ovat:

Toimintavarmuuden mittarit:

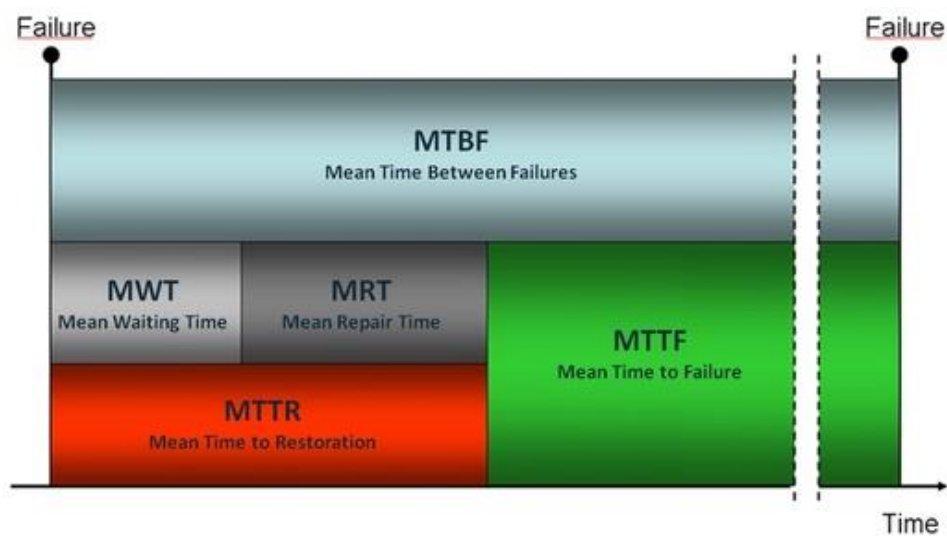
- Keskimääräinen vikaväli (Mean Time Between Failures, MTBF)
- Keskimääräinen vikaantumisaika (Mean Time to Failure, MTTF)

Kunnossapidettävyyden mittari:

- Keskimääräinen toipumisaika (Mean Time to Restoration, MTTR)

Kunnossapitovarmuuden mittarit:

- Keskimääräinen odotusaika (Mean Waiting Time, MWT)
 - Keskimääräinen seisokkiaika (Mean Down Time, MDT)
 - Keskimääräinen korjausaika (Mean Repair Time, MRT)
- (Marjakoski, 2005.)



Kuvio 4. Käyttövarmuuden aikamääreet (Käyttövarmuus, n.d.)

4.2 Tuotannon kokonaistehokkuus

Englanninkielellä tunnettu OEE (Overall Equipment Effectiveness) käännetään Suomen kielellä tuotannon kokonaistehokkuudeksi. Suomessa OEE käännetään kirjaimiksi KNL, joka perustuu kolmesta pääkertoimesta, jotka ovat käytettävyy-, nopeus- ja laatukerroin (Mikkonen, Miettinen, Leinonen, Jantunen, Kokko, Riutta, Sulo, Komonen, Lumme, Kautto, Heinonen, Lakka, & Mäkeläinen 2009, 81.)

Mittaamalla tuotantojärjestelmän kokonaistehokkuutta mitataan kunnossapidon onnistumista tehtävässään. Mitattaviin suureisiin vaikuttavat myös muut tekijät, mutta kunnossapidon merkitys on kuitenkin oleellinen. Tuotannon kokonaistehokkuuden mittari KNL ottaa huomioon käytettävyyden K, joka perustuu käyttöajan suhteesta suunniteltuun käyttöaikaan. Toiminta-aste N, joka johdetaan tuotannon suhteesta nimellistuotantokyvyn ja käyttöajan tuloon. Laatuero L, joka perustuu tuotannon ja nimellistuotannon erotus jaettuna tuotannolla. Tarkemmat laskentakaavat selviävät taulukosta 1 (PSK 7501:2010, 29-32.)

Jos tuotannon kokonaistehokkuuden mittauksen osatekijät ovat 80% tasoa, on kokonaistehokkuus tällöin 51%. Tämä tarkoittaa, että on laitteen kokonaistehokkuus hieman yli puolet siitä, mitä se teoreettisesti voisi olla (Kokonaistehokkuus / OEE, n.d.)

Tunnus	Nimi	Yksikkö	Laskentakaava tai määrittely
<i>Indicator</i>	<i>Name</i>	<i>Unit</i>	<i>Definition</i>
M512.1	Käyttöaste	%	<u>Käyttöaika</u> Kalenteriaika
	<i>Utilization rate</i>		<u>Utilization time</u> Calendar time
M512.2 (T1)	Käytettävyys (K)	%	<u>Käyntiaika</u> Käyntiaika + Seisokkiaika
	<i>Availability</i>		<u>Operating time</u> Operating time + Down time
M512.3	Toiminta-aste (N)	%	<u>Tuotanto</u> Nimellistuotantokky x Käyttöaika
	<i>Performance rate</i>		<u>Production volume</u> Nominal production capacity x Operating time
M512.4	Laatukerroin (L)	%	<u>Tuotanto- Hylätty tuotanto</u> Tuotanto
	<i>Quality rate</i>		<u>Production-Reject</u> Production
M512.5	Kokonaistehokkuus (KNL)	%	Käytettävyys x Toiminta-aste x Laatuero
	<i>Overall equipment effectiveness (OEE)</i>		<i>Availability x Performance rate x Quality rate</i>

Taulukko 1. Tuotannon kokonaistehokkuus KNL (PSK 7501:2010, 32.)

Tunnuslukujen käyttö

Standardin PSK 7501: (2010, 2-4) mukaan tunnuslukuja käytetään kunnossapidon ja liiketoiminnan johtamisen apuvälineinä, kuten toiminnan vertailuun yritysten tai yksiköiden välillä, tavoitteiden asettamiseen, suunnitteluun ja arviointiin.

Tunnusluvut ovat ryhmitelty avainalueittain sen mukaan, mitä toimintaa ne ensisijaisesti mittaavat. Toimintaa mittaamaan valitaan vain halutut tunnusluvut yrityksen tunnuslukujärjestelmään. Tunnusluvut muodostavat monipuolisen kuvan liiketoiminnasta. Tunnuslukuja voidaan käyttää arvioitaessa kunnossapitotoiminnan tehokkuutta, taloudellisuutta ja pohjana toiminnan kehittämiseksi (PSK 7501: 2010, 3.)

5 Kunnossapito

5.1 Kunnossapito teollisuudessa

Kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkien teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuutta, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa, tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana. Kunnossapidon tavoitteita on käytettävyyden ja kustannustehokkuuden parantaminen. Tärkeitä osatekijöitä kunnossapidon määrittelylle ovat terveen ja turvallisen toimintaympäristön varmistaminen (PSK 6201:2011, 3-13.)

Kunnossapidolla pyritään varmistamaan kohteen käyttövarmuus, parantamaan toimintavarmuutta, kehittämään kohteen kunnossapidettävyyttä ja kunnossapitovarmuutta. Kunnossapidon yksi päämäärä on kerryttää tietoa päätöksentekoon investoinneissa, laitteiston käyttöiässä, sekä strategisissa valinnoissa. Uudemmat kunnossapidon standardit tuovat kunnossapidon määrittelyyn muutamia uusia näkökulmia, kuten esimerkiksi työturvallisuuden

korostamisen laitteiden käytössä, sekä laitteen toiminnasta kerätyn tiedon analysoinnin ja johtopäätösten tekemisen (PSK 7501:2010, 3-7.)

Kunnossapidolla ja sen kehityksellä on suuri taloudellinen merkitys teollisuuden aloilla, koska kunnossapito on läsnä kaikenlaisessa teollisuudessa. Kunnossapito on alakohtaisesti pääoma ja raaka-aine kustannusten jälkeen yksi merkittävistä kustannustekijöistä. Hyvin johdetussa yrityksessä on investoitu siihen, että kunnossapito on suunnitelmallista ja kustannukset saadaan kontrolliin.

Kunnossapidolla ja yrityksen tuloksen muodostumisen välillä on epäsuora yhteys. Kunnossapidon vaikutusmekanismin ymmärtäminen on välttämätöntä, jotta voidaan selvittää kunnossapitoinvestointien synnyttämät voitot (Mikkonen ym. 2009, 40.)

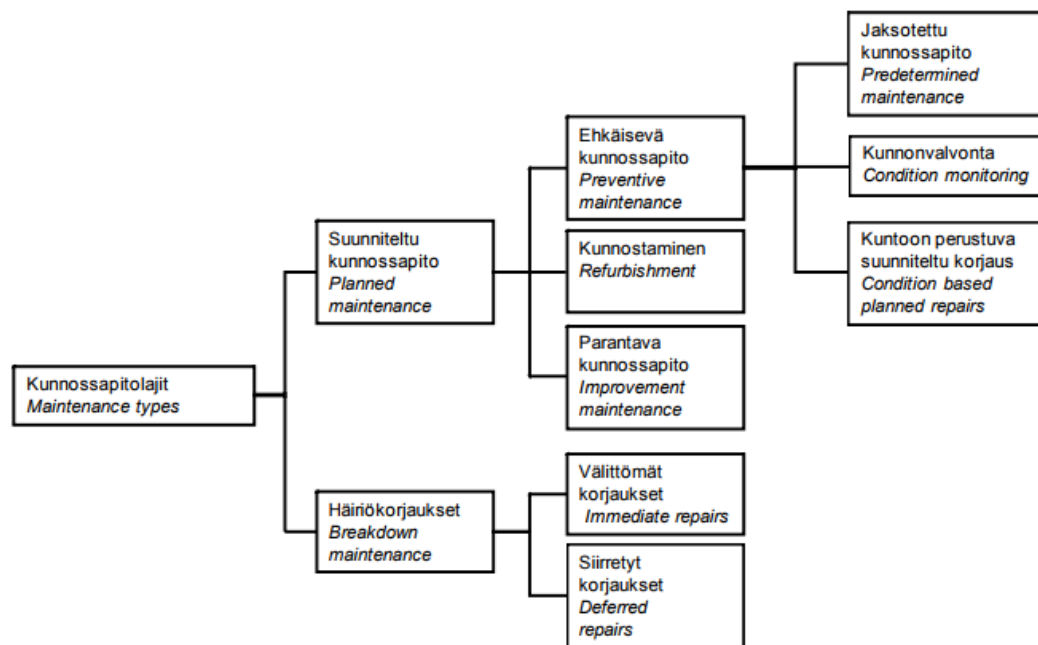
Kunnossapitotöiden teko on muuttunut pelkästä omasta tekemisestä verkottuneisiin toimintamalleihin erilaisten ulkoistusten avulla. Useilla yrityksillä ei ole resursseja, tai halua investoida omaan kunnossapitoon, vaan kunnossapidon palvelut hankitaan ulkoisilta omaksi ydinliiketoiminnakseen kunnossapidon valinneilta palvelutoimittajilta (Kunnossapito liiketoiminnan osana, 2016.)

Lähteen mukaan teollisuudessa vuonna 2007 kunnossapidon kustannuksien suurin tekijä on oma työ, joka on suuruudeltaan 37% kunnossapidon kokonaiskustannuksista. Oma työ sisältää kunnossapidon palkkakustannukset, tilat, koneet ja työkalut, pääoma- sekä yleiskustannukset. Ostettujen palveluiden osuus kokonaiskustannuksista on 35%, sisältäen alihankintatyön materiaaleineen. Kunnossapidon materiaalit, varaosat, aineet ja tarvikkeet muodostavat lopun kunnossapitokustannuksista, jonka osuus on 28% (Mikkonen ym. 2009, 40.)

5.2 Kunnossapidon luokittelu

Standardi PSK 6201 määrittelee kunnossapitolajit toimenpiteiksi, joilla todetaan kohteen toimintakunto, varmistetaan kohteen säilyminen halutussa toimintakunnossa tai saatetaan se haluttuun tilaan. Standardin mukaan kustannuksia voidaan kohdentaa työnumeroittain, kustannuspaikoittain tai kustannuslajeittain (PSK 6201:2011, 7-25.)

Tuotanto-omaisuuden hallinta ja jaottelu eri kunnossapitolajeiksi on tehokkaan johtamisen perusta. Kunnossapitolajien jaottelu selviää kuviosta 5 ja erityisesti ehkäisevää kunnossapitoa avataan tarkemmin alaluvussa 5.5. Kunnossapitolajien perusteella voidaan seurata kunnossapidon tehokkuutta vertailemalla eri työlajien kustannuksia ja tehtyjen työtuntien määriä (Järviö & Lehtiö 2012, 46-47.)



Kuvio 5. Kunnossapitolajit (PSK 7501:2010, 32.)

Kunnossapitotoimenpiteet luokitellaan vian havaitsemisen mukaan proaktiiviseen, eli ennakoivaan ja reagoivaan kunnossapitoon, mikä suoritetaan vasta vikaantumisen sattuessa. Vikaantumisella tarkoitetaan tapahtumaa, jolloin kohteen kyky suorittaa haluttu toiminto päättyy. Vika määritellään tilaksi, jossa kohde ei kykene toteuttamaan sille asetettua toimintoa (Järviö & Lehtiö 2012, 46.)

Reagoivasta kunnossapidon strategiasta käytetään termiä Run To Failure (RTF), joka soveltuu arvoltaan vähäisiin ja tuotannolle vähän häiriötä aiheuttaviin kohteisiin. Proaktiiviset toimet ovat vikaantumisen havaitsemista ja estämistä jaksotetuin

kunnostuksin, toimintakunnon tarkastuksin ja jaksotetuin uusimisoin. Ehkäisevän kunnossapito pitää sisällään kaikki ne toimenpiteet, joita suoritetaan ennen kuin vika pysäyttää tai estää laitteen toiminnan (Järviö & Lehtiö 2012, 47-48.)

Korjaava kunnossapito

Korjaavaa kunnossapitoa tehdään vian havaitsemisen jälkeen, jossa päämääränä on palauttaa vikaantunut kohde sille suunniteltuun toimintakuntoon ja käyttöturvallisuudeltaan alkuperäiseen tilaan. Korjaavaa kunnossapitoa on häiriökorjaukset, kunnostaminen ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus (PSK 6201:2011, 23.)

Edellä mainittujen korjaavan kunnossapidon toimenpitein vikaantuvaksi todettu osa tai komponentti palautetaan käyttökuntoon. Korjaavan kunnossapidon suoritusajkoja voidaan hyödyntää osan tai komponentin käyttöiän laskennassa. Luonteeltaan korjaava kunnossapito voi olla joko suunnittelematon häiriökorjaus tai suunniteltu korjaus. Korjaavan kunnossapidon kannalta keskeiset toimenpiteet ovat vian tunnistaminen, määrittäminen ja paikallistaminen. Lisäksi toimenpiteisiin kuuluu pysyvä- tai väliaikainen korjaus ja kohteen toimintakunnon palauttaminen. Aikaisempi kokemus ja hyvä käytössä olevien laitteiden ja koneiden tuntemus edesauttaa vian paikannettavuutta korjaavassa kunnossapidossa (Järviö & Lehtiö 2012, 51.)

Parantava kunnossapito

Parantavan kunnossapidon tavoitteena on parantaa kohteen luotettavuutta tai kunnossapidettävyyttä ilman, että kohteen päätoiminto muuttuu. Parantava kunnossapito on yksi suunnitellun kunnossapidon tyyppi (PSK 6201:2011, 23.)

Parantava kunnossapito voidaan eritellä kolmeen pääryhmään. Ensimmäinen on kohteen muuttaminen käyttämällä uudempia osia tai komponentteja kuin alkuperäiset, mutta kohteen suorituskyky ei varsinaisesti muutu. Toinen on erilaiset uudelleensuunnittelut ja korjaukset, joilla parannetaan laitteen epäluotettavuutta.

Tavoitteena on muuttaa laitteen toimintaa luotettavammaksi, ei niinkään muuttaa sen suorituskykyä (Järviö & Lehtiö 2012, 51-52.)

Kolmas pääryhmä koostuu modernisaatioista, joissa kohteen suorituskykyä pyritään muuttamaan. Jossain tapauksissa kohteen modernisoinnin yhteydessä uudistetaan tai modernisoidaan koko valmistusprosessi. Tästä hyvä esimerkki on, kun vanhanaikaisella paperikoneella ei voida enää kilpailukykyisesti valmistamaan uutta paperilajia, mutta koneen elinaikaa on vielä jäljellä. Näissä tapauksissa on usein järkevämpää uudistaa vanhanaikainen kone kuin ajaa se alas ja investoida uusi kone tilalle. Tämä epäsuotuisa tilanne esiintyy, kun koneen elinjakso on pidempi kuin sillä valmistettavien tuotteiden elinkaaret. Tämän takia useasti vanhanaikaisella paperikoneella ei pystytä kilpailukykyisesti valmistamaan tuotteita, jotka vastaisivat markkinoiden vaatimuksiin. Usein tällaiset modernisaatiot luokitellaan enemmän investoinneiksi kuin kunnossapidoksi (Järviö & Lehtiö 2012, 51-52.)

5.3 Ehkäisevä kunnossapito

5.3.1 Yleistä ennakkohuollosta ja sen suunnittelusta

Ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua huoltoa. Huolto määritellään kunnossapidon toimenpiteeksi pitäen sisällään kohteen tarkastamisen, säädön, rasvauksen, puhdistamisen, öljyn- ja suodattimen vaihdon ja muut vastaavat toimenpiteet.

Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään haitan syntyminen.

Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka tapahtuvat määriteltyjen jaksojen tai kriteerien mukaan, jonka tavoitteena on alentaa kohteen vikaantumisen tai toiminnan heikkenemisen todennäköisyyttä (PSK 6201:2011, 10-22.)

Ehkäisevän kunnossapidon menetelmin tutkitaan ja tarkastellaan kohteen suorituskykyä ja sen välittämiä tietoja. Tarkoituksena on päämäärätietoisesti vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä ja laitteen toimintakyvyn alentumista.

Ehkäisevä kunnossapito voi olla aikatauluun sidottua, jatkuvaa tai tarpeen vaatiessa

tehtävää. Ehkäisevän kunnossapidon etuna on, että kunnossapidon tehtävät voidaan ennakoita ja aikatauluttaa etukäteen. Ehkäisevän kunnossapidon merkittävimpiin tehtäviin kuuluu tarkastaminen, testaaminen, määräystenmukaisuuden toteaminen, kunnonvalvonta, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi (Järviö & Lehtiö 2012, 50.)

Kunnonvalvonta on ehkäisevää kunnossapitoa, joka perustuu kohteen huoltopäätöksien tekemiseen tilan seurannan kautta kerättyihin tietoihin. Maailmalla yleisimmin käytetty lyhenne kuntoon perustuvasta kunnossapidosta on CBM (Condition-based maintenance). Komponentin tai laitteen vikaantuminen on usein epälineaarista ja ilman kohteen tilan seuranta aiheuttaa se toiminnalle epävarmuutta (Qian & Tang, 2017.)

Kunnonvalvonta antaa tärkeää tietoa ehkäisevän kunnossapidon ja korjauksen suunnitteluun ja kunnon seuranta tiedostetaan huomattavaksi keinoksi vaikuttaa kannattavuuteen. Saavutettavia hyötyjä ovat tuottavuuden kasvu, kunnossapidon suunnitelmallisuus, seisokkiaikojen tehokas hyödyntäminen ja koneen pidempi elinkaari (Nohynek & Lumme 1996, 11.)

Kohteen seuranta voi olla jaksotettua, jatkuvaa tai valvontaa tehdään tarvittaessa. Kunnonvalvontaa käytetään apuna kohteen toimintakunnon nykytilan selvityksessä ja arvioidaan korjaustarvetta mahdollisen vikaantumis-, huolto- ja korjausajankohdan määrittelyssä (PSK 6201:2011, 23.)

Kunnonvalvonnan avulla saadaan tietoa olemassa olevista vioista ja kunnossapitoa voidaan lyhentää perustuen kunnossapitotöiden suunnitteluun vikojen ollessa jo tiedossa. Seisokin keskimääräinen odotusaika saadaan minimoitua, koska kunnossapitoon liittyvät käytännön järjestelyt tehdään etukäteen. Kunnonvalvontaa hyödyntäen voidaan korjaavasta kunnossapidosta siirtyä tehokkaasti mittaavaan kunnossapitoon, jossa lähteen mukaan voidaan päästä 50 %:n suuruisiin säästöihin kunnossapitokustannuksissa (Nohynek & Lumme 1996, 12-13.)

Kunnonvalvonta on kunnossapidon kehittämisen työkalu, mutta kunnonvalvonta voi kuitenkin kaatua pitkäjänteisyyden puutteen vuoksi. Lähteen mukaan tuloksia kunnonvalvonnasta aletaan saada vasta noin vuoden kuluttua aloituksesta. Oikean ja

suunnitelmallinen avaintiedon keruu luo vahvan pohjan kunnonvalvontatoiminnalle. Toimivien ohjelmien tai järjestelmien päivitys ja ylläpito helpottaa mittaustulosten merkintää ja tulkintaa. Organisaation tulee olla järjestelmällinen ja toimiva kokonaisuus, jossa vastuualueet ovat selvästi jaettu ja on organisaatiotasoinen arvostus kunnonvalvontaan. Muita kunnonvalvonnan onnistumisen edellytyksiä on, että vikoihin ja puutteisiin reagoidaan konkreettisesti ja on aikaa ja resursseja mittaustoiminnalle (Mikkonen ym. 2009, 175.)

Kunnonvalvontaa voidaan soveltaa myös laadun vaihtelun tarkastelussa, jossa tilastollisesti mitataan kohteen jotain ominaisuutta, kuten mittaa tai täyttötasoa, jossa mittausten avulla mitataan prosessin vakautta. Primäärisiä vaikutuksia seuraamalla saadaan tietoa kohteen kunnosta. Näitä ovat nopeus, virtausnopeus, paine, lämpötila, virtaus ja teho. Nämä edellyttävät mittareiden ja prosessinvalvontalaitteiden älykästä käyttöä (Moubray 1997, 151-152.)

Ennakkohuollon suunnittelu

Kunnossapidon onnistuminen vaatii suunnitelmallisuutta. Kunnossapidon suunnittelussa huomioidaan tehtaan käytön- ja kunnossapidon toiminnalle asetetut tavoitteet. Liikkeenjohto määrittää kunnossapitotoiminnon strategiset tavoitteet ja nämä kuvataan yleisimmin joukkona tunnuslukuja, joihin kunnossapidossa tulee päästä. Seurantaan asetetut tunnusluvut ovat toimialakohtaisia, mutta yleisesti tärkeimmät lähteessä mainitut tavoitteet koskevat laitoksen suorituskykyä ja kunnossapidon kustannuksia (Mikkonen ym. 2009, 142.)

Ongelmana on, että tavoitteita ei voida koskaan asettaa niin, että kaikilla osa-alueilla oltaisiin niihin tyytyväisiä. Toiminnassa joudutaan ottamaan riskejä ja tekemään kompromisseja. Tässä on ehkäisevän kunnossapidon tavoitteiden asetuksen haasteita:

- Pitkän ja lyhyen aikavälin tavoitteet ovat ristiriidassa keskenään. Lyhyellä aikavälillä tavoitellaan nopeita konkreettisia tuloksia. Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa tuloksien saavuttaminen on pitkäjänteistä ja systemaattisen toiminnan tulosta
- Tuotannon ja kunnossapidon tavoitteet ja näkemykset poikkeavat toisistaan. Tuotannon näkökulmasta tuotantotoimintaa ei haluta pysäyttää missään tilanteessa, tai minkään syyn takia. Kunnossapitotoimenpiteiden laiminlyönnillä voidaan saavuttaa merkittäviä voittoja, mutta tällaisen toiminnan riskit ovat tiedostettava

- Kunnossapidon palvelutoimittajia käyttäessä yrityksen omat- ja kumppanin tavoitteet eriyvät toisistaan. Hyvänä esimerkkinä on, kun kunnossapidon kustannuksia leikataan huomattavasti, että tuotannon asettamat tavoitteet vaarantuvat. Toinen aiheeseen liittyvä haaste on, että palvelutoimittajia käytettäessä kunnossapidon kehitystoiminta jää huomiotta (Mikkonen, 142-143.)

Ehkäisevän kunnossapidon (EH) suunnittelu on yksi kunnossapidon haastavimpia osa-alueita. Huolellisen suunnittelun johdosta pienennetään työn tekemisen yhteydessä syntyviä viiveitä ja tarkan aikatauluttamisen johdosta saadaan töiden väliin jääviä viiveitä minimoitua. Huolellisen EH-suunnittelun lopputuloksena resurssien käyttö saadaan optimoitua ja laitteiden vikaantuminen saadaan kontrolliin. EH-töiden suunnittelussa huomioon otettavia asioita ovat henkilökunnan aikaisempi kokemus vikaantumisesta, varaosien saatavuus, koneen ja laitteiston tuntemus, sekä laitevalmistajan suositukset. Suunnitteluun on luotu työkaluja, kuten EH-ohjelman suunnittelu kriittisyysanalyysin avulla tai RCM-strategiaa hyödyntäen (Järviö & Lehtiö 2012, 100.)

RCM lyhyesti

RCM analyysiprosessilla tarkoitetaan sellaisen ehkäisevän kunnossapito-ohjelman luomista, joka tehokkaasti ja perustellusti mahdollistaa laitteistolta ja rakenteilta vaadittujen turvallisuus- ja käytettävyytensä saavuttamisen. RCM prosessi johtaa käyttötoiminnassa parantuneeseen turvallisuuteen, käytettävyyteen ja kustannustehokkuuteen (Moubray 1997, 6-7.)

RCM koostuu perusaskelista ja niiden suorittamisesta alla esitettyssä järjestyksessä. Lopputuloksena saadaan kattava ennakkohuolto-ohjelma ja paljon tietoa analysoitavasta kohteesta. Perusaskleet ovat:

1. Valitse kohdejärjestelmä ja määrittele järjestelmän rajat
2. Määrittele kohdejärjestelmän toiminnot, eli tee toiminnallinen mallinnus
3. Priorisoi toiminnallisesti merkittävät kohteet
4. Tunnista kaikkien kohteiden osalta toiminnallisen vikaantumisen syyt
5. Arvioi vikaantumisen vaikutus ja todennäköisyys
6. Luokittele päätöslogiikan avulla toiminnallisesti merkittävien kohteiden vikaantumisen vaikutukset
7. Määritä tehokkaat ja soveltuvat ennakkohuoltotoimenpiteet (Smith, Glenn & Hinchcliffe 2003, 71, Moubray 1997, 7.)

Askeleissa 1-5 tehdään selvittävää työtä ja askeleissa 6 ja 7 määritellään varsinainen kunnossapitosuunnitelma (Mikkonen ym. 2009, 77). RCM-prosessia ei ole yleensä järkevää toteuttaa koko laitekannalle, koska on RCM paljon resursseja syövä prosessi. Valinnassa voidaan hyödyntää kriittisyysanalyysiä, josta selviää tuotantotoiminnalle kriittiset laitteet. Lähteen mukaan RCM kunnossapitosuunnitelma toteutetaan 10%:lle tuotantolaitteista. Kohteiden valintamenettelyn nopeutuksesta käytetään termiä kevennetty RCM. Vähemmän kriittisille laitteille voidaan käyttää kevennettyä toimintamallia SRCM, jossa RCM-askeleiden läpikäynti tapahtuu paljon suurpiirteisemmin (Järviö & Lehtiö 2012, 112.)

5.3.2 Yleistä kunnonvalvonnasta

Tuotantotoiminnalle turvallisuuden, luotettavuuden tai saatavuuden kannalta kriittisten kohteiden kuntoa on seurattava, jotta niille asetetut suorituskyvyn-, laadun- ja luotettavuuden vaatimukset saadaan täytettyä. Yleisesti ottaen vikaantumista edeltää ajanjakso, jolloin vikaantumisen oireet ovat aistein tai mittalaittein havaittavissa ja ennen kohteen vaurioitumista on jakso, jolloin oireet ovat selvästi havaittavissa, sekä vikaantumista voidaan seurata ja ennustaa (Hecht 2004, 157-158.)

Yksi keino seurannan toteuttamiseksi on käyttää erikoislaitteita kohteiden kunnon valvonnassa. Kunnonvalvonnassa seurataan vian oireita, joka voi ilmetä kohteen dynaamisena kuormituksena, hiukkasten lisääntymisenä öljyssä, kemiallisena vaikutuksena, fyysisenä muutoksena, lämpötilan nousuna tai sähköisenä vaikutuksena, joka on aistein tai mittalaittein havaittavissa. Mittaukset ovat teknisesti toteutettavissa, jos kohteelle voidaan määrittää selkeä vikaantumisen raja ja vikaantuminen (P-F-jakso) on kohtuullisen johdonmukaista (Moubray 1997, 149-150.)

Kunnonvalvontaa voidaan toteuttaa erilaisilla online järjestelmillä, sekä määräaikaikaisilla tai satunnaisilla mittauskiertoilla. Kun on valittu valvottavat kohteet ja käytettävät menetelmät, on määritettävä vertailukelpoiset raja-arvot mitattaville suureille. Raja-arvot määritetään varoitusta, hälytystä ja vauriorajaa varten. Mittaustuloksia verrataan hälytysrajoihin ja aikaisempiin tuloksiin ja mikäli tuloksissa havaitaan suuri poikkeama, tehdään hälytys tai voidaan hälyttää ennakoivasti

nopeasti kasvavan trendin perusteella. Mittaustulosten ollessa hyväksyttävällä tasolla, ei tilanne vaadi jatkotoimenpiteitä. Tulosten ollessa raja-arvojen ulkopuolella tehdään tarkempi vikadiagnoosi, jossa selvitetään vian aiheuttaja ja vaurion kehittymisen nopeus. Vikadiagnoosin perusteella tehdään johtopäätökset vian vakavuudesta ja määritetään tehokkaat toimenpiteet (Mikkonen ym. 2009, 162-164.)

Mittaavaa kunnonvalvontaa käytetään yleisesti kohteissa, joissa tuotantolinja on rakennettu ilman varakoneita ja näin ollen yksittäisen koneen toiminta tulee kriittiseksi koko tehtaan kannalta. Mittaavaa kunnonvalvontaa sovelletaan myös kohteissa, joissa tuotannon pysäytys aiheuttaa korkeat seisokkikustannukset. Mittaukset ovat edukseen kohteissa, joissa aistein havaittuja huomioita ei saada kirjattua riittävän laadukkaasti, jotta koneen kunnon kehittymistä voitaisiin valvoa. Mittaava kunnonvalvonta soveltuu kohteisiin, jossa aistienvärisen kunnonvalvonnan suoritus on epämiellyttävää tai sisältää työturvallisuusriskin (Johdanto kunnonvalvontaan n.d.)

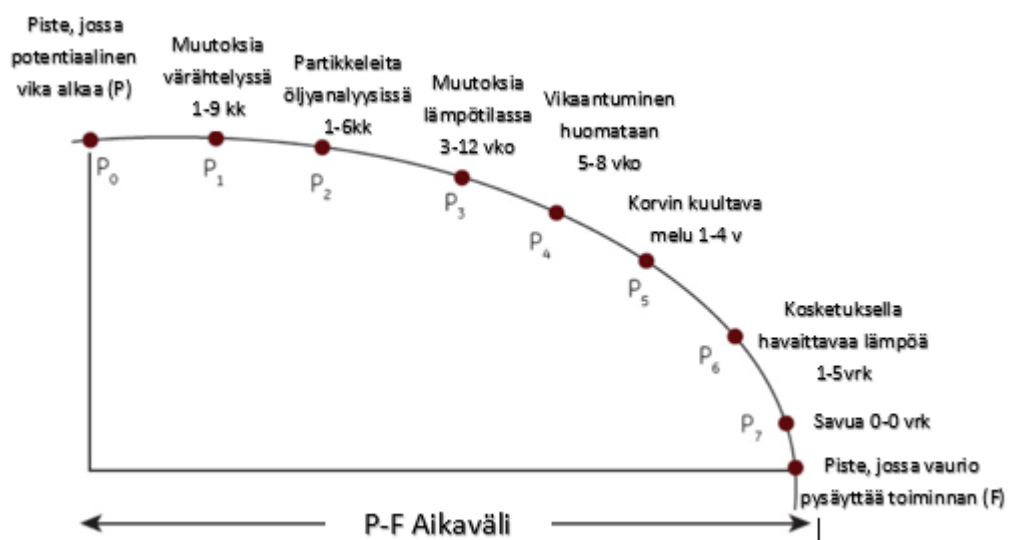
Jos mittaustuloksissa havaitaan poikkeama, on siihen syytä reagoida. Prosessina toimenpiteet seuraavanlaiset:

- Poikkeaman perusteella määritetään oireet ja tehdään vikadiagnoosi.
- Diagnoosin perusteella tehdään johtopäätös viasta ja sen vakavuudesta.
- Etsitään vian aiheuttaja ja arvioidaan vian kehittymisnopeus.
- Tehdään ennuste mahdollisesta korjausajankohdasta.
- Diagnoosin pohjalta suoritetaan suunniteltu korjaus ja tehdään vertailukelpoinen tarkistusmittaus.
- Mikäli kyseessä on usein toistunut vika, selvitetään vian aiheuttaja ja pyritään poistamaan se.
- Korjauksen jälkeen raportoidaan havainnot ja korjatut vauriot sekä tallennetaan ne historiatietoihin. Tämän jälkeen kohteen tilaa jäädään seuraamaan kunnonvalvonnan mittauksin ja kehitetään tarvittaessa.
- Tehdään tarvittavat korjaukset ja muutokset kestävän kehityksen takaamiseksi (Mikkonen ym. 2009, 176.)

Kuvion 6 P-F käyrä näyttää, mitä tapahtuu vikaantumisen aikana. Käyrää kutsutaan P-F käyräksi, koska se osoittaa vikaantumisen alkamisen ja etenemisen pisteeseen, jossa se voidaan havaita. Käyrän laskiessa alaspäin vian oireet lisääntyvät. Jos alkavaa vikaa ei havaita ja korjata, saavuttaa se toiminnallisen häiriön nopeasti. P-F käyrällä kuvataan kohteen kunnon heikkenemistä. Käyrää voidaan käyttää apuna ennakoivien ja korjaavien toimenpiteiden suoritusvälin määrittämisessä. Jos oirehtiva vika havaitaan

pisteiden P ja F välillä, on tietyillä toimenpiteillä mahdollisuus estää toiminnallisen vian kehittyminen häiriötilaksi ja estää vikaantumisen seuraukset. Piste P₀ kuvaa vikaantumisen alkamista, eli tapahtuu jotain, joka alkaa heikentää kohteen kuntoa. P₁ pisteessä huomataan oirehtiva vikaantuminen ensimmäisen kerran jollain kunnonvalvontamenetelmällä. Pisteessä F kohde menettää toimintakykynsä ja vikaantuu. Käyrän laskiessa hitaasti on enemmän aikaa havainnoida ja reagoida ennen kuin joudutaan pisteeseen F (Moubray 1997, 144-146.)

Käsitteellä netto P-F jakso tarkoitetaan minimiaikaa vian havaitsemisesta kohteen vikaantumiseen. P-F jakson tulee olla riittävän pitkä, jotta kohteen valvominen olisi järkevää. Oirehtivan vian havaitsemiseksi, tulee tarkastusjakson olla lyhyempi, kuin netto P-F jakson. Hyvin lyhyen P-F jakson valvontaan tarvitaan realiaikaista kunnonvalvontamenetelmää (Moubray 1997, 146-147.)



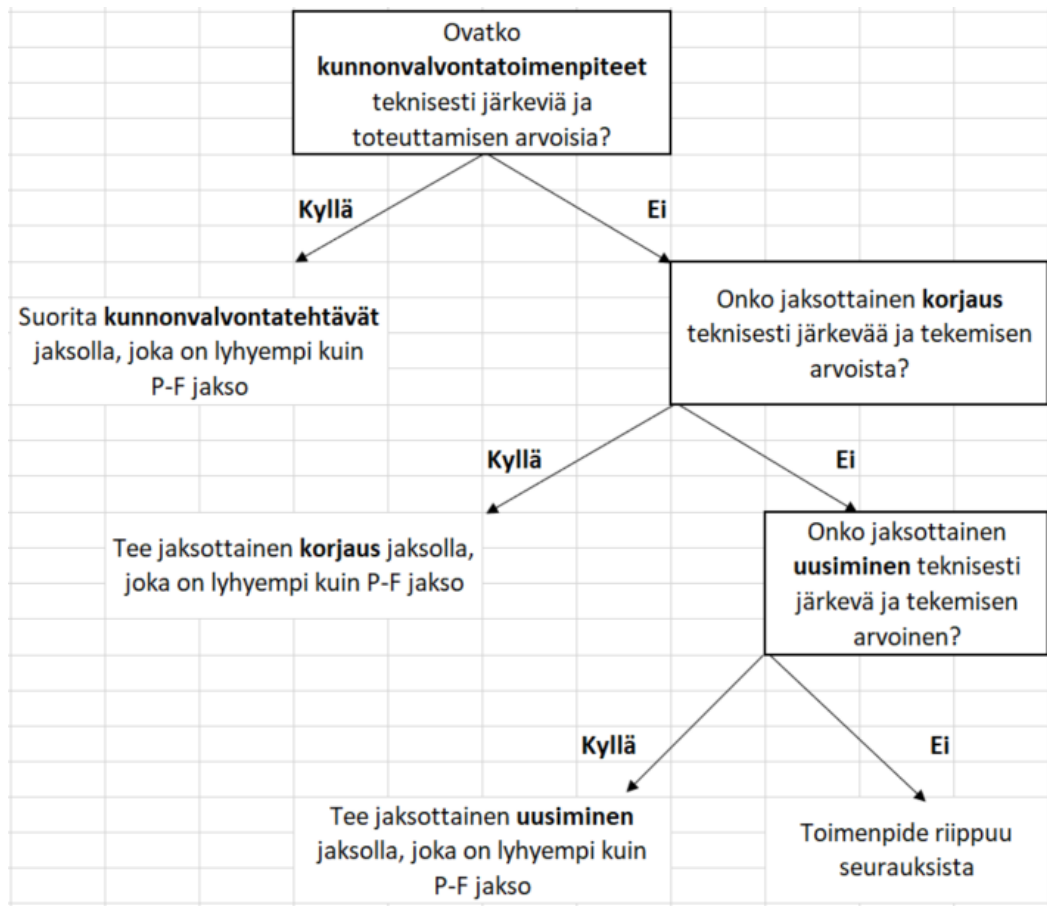
Kuvio 6. P-F-käyrä (Best Practices Awards: Reliability Decision-support system lets tules dictate maintenance, 2010, muokattu.)

Netto P-F ohjaa käytettävissä olevaa aikaa, jotta voidaan suorittaa tarvittavat toimenpiteet vikaantumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi. Riippuen

toimintaympäristöstä, käyttäjät voivat vikaantumisen ilmetessä vähentää tai välttää vikaantumisen seurauksia seuraavilla tavoilla:

- Hyödynnetään koneen normaalista toiminnasta aiheutuvia seisokkeja suunnittelemalla pienet korjaustyöt ajalle, joka ei häiritse toimintoa. Vastuu suunnittelusta merkitsee myös sitä, että työstä suoriudutaan myös nopeammin
- Käyttäjät toimivat aktiivisesti korjauskustannusten pienentämiseksi esimerkiksi poistamalla toissijaisen vahingon, joka todennäköisesti aiheuttaa odottamattoman vikaantumisen. Tätä vähentää seisokkeja ja korjauskustannuksia
- Ilmoittaa välittömästi vaarasta/viasta antaa aikaa ennakoida tilanteeseen ennen sen eskaloitumista vaarallisemmaksi vahingoksi (Moubray 1997, 147.)

Kunnonvalvonnan toimenpiteiden valinnassa valinnassa voidaan käyttää kuvion 7 RCM-mallin logiikkaa. Toimenpiteen suorittaminen on kannattavaa tehdä, jos sillä kyetään alentamaan häiriön seurauksia enemmän, kuin itse kunnonvalvonnan toimenpiteeseen kuluu kustannuksia. Jos kohteen kuntoon perustuvalla ennakoivalla toimenpiteellä ei kyetä fyysisesti alentamaan häiriön seurauksia hyväksyttävälle tasolle, mennään logiikassa seuraavaan vaiheeseen, eli jaksottaiseen korjaukseen jne. Jos jaksottainen korjaus tai uusiminen ei ole teknisesti järkevää, voidaan kohde joutua suunnittelemaan uudelleen osittain tai kokonaan (Mikkonen ym. 2009, 159-161.)



Kuvio 7. Ennakoivien toimenpiteiden valintaprosessi (Mikkonen ym. 2009, 160, muokattu.)

Laitteelle määriteltävä selvä raja, milloin vaihdetaan, otetaan huoltoon tai korjataan. Laitteen suorituskyvyn haluttu taso määrittää ennakoivan kunnossapidon tarpeen vikaantumisen välttämiseksi. Suorituskyvyn tasot tulee todentaa ennen vikaantumista, jotta voidaan saavuttaa laskennallisia säästöjä ajan ja kustannusten suhteen. Laitteen vikaantumisen ja suorituskyvyn määrittämisessä tulee olla mukana sekä käyttö- että kunnossapitohenkilöstöä sekä tuotannon suunnittelija, jolla on tuoda todellista lisäarvoa laitteen toimintaan ja käyttöön (Smith, Glenn & Hinchcliffe 2003, 48.)

5.3.3 Värähtelymittaukset

Jokainen pyörivä laite synnyttää värähtelyä pyöriessään ja laite pyöriessään muodostaa oman ominaistaajuuden. Voi syntyä resonanssi, jos laitteen

ominaistaajuus on lähellä laitteeseen vaikuttavaa herätetaajuutta. Herätteellä tarkoitetaan niitä dynaamisia voimia, joiden takia rakenteet alkavat värähdellä. Laitteen normaalista toiminnasta aiheutuu jonkin verran herätteitä, mutta valmistuksen ja asennuksen epätarkkuudet, sekä vikaantumiset aiheuttavat suurempia herätevoimia. Vioista ja epätarkkuuksista johtuvat herätteen aiheuttajat ovat tyypillisesti epätasapaino, linjausvirheet, asennuksesta tai valmistuksesta aiheutuneet epätarkkuudet ja virheet, sekä kulumisesta aiheutuva heräte (Mikkonen ym. 2009, 224, 302.)

Värähtelymittauksia käytetään hyödyksi pyörivissä teollisuuden laitteissa ja mittauksia sovelletaan kunnon- ja käytönvalvonnassa sekä vikaselvityksessä. Oikein sovellettuna menetelmä on tehokas ennakoivan kunnossapidon mittausmenetelmä. Värähtelymittausmenetelmät jakautuu yksinkertaisiin koneiden yleistärinän- ja vierintälaakereiden kunnonvalvontamenetelmiin ja monipuolisempiin koneen ja laakerien yksityiskohtaisiin värähtelymittauksiin ja analysointiin (Nohynek & Lumme 1996, 17-18.)

Värähtelyvalvontaa suoritetaan, jotta mittauskohteesta saadaan yhtenäistä ja luotettavaa mittausdataa. Saatuja tuloksia voidaan verrata aikaisempiin mittaustuloksiin, joiden perusteella huomataan kohteen kunnossa tapahtuneet muutokset. Värähtelysignaalista muodostetaan seurattavat tunnusluvut, joista käytetyimpiä ovat muun muassa värähtelyn kokonaistaso-, tärinärasitus- ja taajuuskaistavalvonta, sekä aikataso-, profiili-, korkeataajuiset valvontamenetelmät, spektri- ja verhokäyrävalvonta (PSK 5706:2015, 2-6.)

Värähtelymittaus tapahtuu kiinteillä antureilla, jotka ovat yhteydessä suurempaan järjestelmään tai mittaus voidaan toteuttaa kannettavalla mittalaitteella. Värähtelymittauksessa yleisimmin käytetyt anturityypit ovat kiihtyvyy-, nopeus-, siirtymä- ja iskusysäysanturit (PSK 5703:2006, 1.)

Siirtymäanturia käytetään tyypillisesti suhteellisen värähtelyn ja aseman mittauksessa. Siirtymäanturi toimii siten, että se mittaa kohteen etäisyyttä suhteessa anturin sijaintiin. Siirtymäanturia käytetään yleisesti akselin aksiaalisen ja radiaalisen aseman tai värähtelyn ilmaisuun. Anturin toiminta perustuu anturin päässä olevien kelojen luoman magneettikentän muuttumiseen etäisyyden muuttuessa, joka

ilmaisee mitattavan kohteen sijainnin. Yleisin siirtymäanturi on pyörrevirta-anturi. Pyörrevirta-anturit soveltuvat erityisesti liukulaakeroitujen koneiden kunnonvalvontaan (Mikkonen ym. 2009, 234-235.)

Kunnonvalvonnassa yleisin anturityyppi on kiihtyvyyssanturi, joka soveltuu absoluuttisen värähtelyn mittaukseen laajalla taajuusalueella. Yleisesti ottaen kiihtyvyyssanturin antama mittaussuure muunnetaan nopeudeksi. Kiihtyvyyssanturin valinnassa on huomioitava vallitsevat ympäristöolosuhteet, amplitudialue ja valvottava taajuusalue (PSK 5703:2006, 2.)

Seismistä nopeusanturia käytetään absoluuttisen värähtelyn mittauksessa, jossa tyypillisiä käyttökohteita ovat turbiinien valvontajärjestelmät. Iskusysäysanturi soveltuu korkeataajuisen värähtelyn mittauksiin, jossa tyypillisiä käyttökohteita ovat vierintälaakereiden kunnonvalvonta (PSK 5703:2006, 2.)

Yleisesti yhtä suuretta mittaavat yksinkertaiset värähtelymitta-anturit sopivat kohteisiin, joissa pyörivien akselien lukumäärä on alhainen ja ne pyörivät pääsääntöisesti samalla nopeudella. Koneen kokonaistärinää mitataan tyypillisesti 10-1000 Hz tärinätaajuudella, josta voidaan todeta akselin pyörimiseen liittyvien vikojen olemassaolo, kuten epätasapaino tai linjausvirheet. Vierintälaakereiden värähtelymittaus tapahtuu mittaamalla korkeataajuisia värähtelyä yli 2000 Hz taajuudelta. Korkeataajuuksinen värähtely kasvaa, jos vierintälaakeri vikaantuu tai voitelukalvo katoaa. Monimutkaisten rakenteiden ja erinopeuksisia akseleita sisältävien kohteiden värähtelymittaukseen käytetään yksi- tai monikanavaisia spektrianalysointilaitteita. Tämä mahdollistaa tärinän eri osataajuuksien erottelun toisistaan. Tämän avulla voidaan seurata yksittäisen koneenosan aiheuttamaa värähtelyä ja kunnon kehitystä. Kehittyneitä kunnonvalvonnan diagnostiikkamenetelmiä ovat spektrianalyysi ja spektrivalvonta, verhoikäyrä- ja PeakVue-valvonta (Nohynek & Lumme 1996, 18-19, Mikkonen ym. 2009, 285-286.)

Anturin kiinnitystavalla vaikutetaan merkittävästi mittaustulosten toistettavuuteen. Kiinnitystavan valinnassa on huomioitava, ettei anturin kiinnitys rajoita amplitudi- ja taajuusaluetta. Anturin massa ei vaikuta kuormittavasti mitattavaan kohteeseen ja siten vaikuta kohteen värähtelyominaisuuksiin. Mittauspiste on valittu niin, että värähtelymittaus on toistettavissa luotettavasti. Anturi voidaan kiinnittää

mitattavaan kohteeseen vaarnaruuvilla, liimalla, magneetilla, kiinnitysripalla jne. (Mikkonen ym. 2009, 245-246.)

5.3.4 Lämpötilan mittaus

Lämpötilan nousu kappaleessa aiheuttaa materiaalin laajenemisen, joka puolestaan voi aiheuttaa kappaleessa lämpöjännityksiä. Lämpöjännitykset voivat aiheuttaa kappaleeseen muodonmuutoksia, kuten akselin taipumaa tai koneen rungon vääntymistä. Lämpötilan seuranta on paljon käytetty mittaussuure teollisuuden aloilla. Mittalaitteet jaetaan kosketuksellisiin antureihin ja koskemattomiin kappaleen lämpösäteilyn mittaukseen perustuviin laitteisiin. Lämpötilamittauksia käytetään kohteiden kunnonvalvonnassa usein täydentävänä menetelmänä, koska ne eivät ole herkkiä havaitsemaan vikoja niiden varhaisessa vaiheessa. Lämpötilan mittauksissa hyödynnetään SI-järjestelmän lämpötila-asteikoita kuten Kelvin-, Celsius- ja Farenheit-asteikkoa (Mikkonen ym. 2009, 439-440.)

Käytetyimmät koskettavat lämpötilan mitta-anturit ovat metallivastusantureita ja termopariantureita. Metallivastusantureiden käyttöalue ulottuu -250°C - 850°C ja toiminta perustuu metallivastusanturin resistanssin muutokseen lämpötilan muuttuessa. Termoparianturin käyttöalue ulottuu jopa 2200°C asteeseen. Koskettavat anturit voidaan asentaa kohteeseen kiinteästi tai mittalaitteita voidaan kantaa mukana tarpeen vaatiessa. Kosketuksellisten antureiden käytön haittana on, että niiden sovellutus on ongelmallista kohteissa, joissa kosketuksellinen mittaus ei ole mahdollista (Mikkonen ym. 2009, 440-443, Nohynek & Lumme 1996, 20.)

Koskemattomilla mittausmenetelmillä mitataan lämpösäteilyä eli infrapunasäteilyä, joka perustuu sähkömagneettisen säteilyn aallonpituuden mittaukseen. Mitattavan kohteen lämpötila riippuu sen lähettämistä aallonpituuksista. Säteilyn voimakkuus kasvaa kappaleen pintalämpötilan kasvaessa. Eri materiaaleilla on eri emissiviteetti kertoimet, jotka pitää huomioida mittaustuloksien oikeellisuuden varmentamiseksi. Emissiviteetti kerroin kuvastaa kappaleen ympäristön energian heijastuskykyä. Pieni pinnan emissiivisyys tarkoittaa, että materiaali heijastaa paljon ympäristön energiaa ja sen takia säteilee vähemmän lämpöä. Esimerkkinä alumiini, jonka emissiivisyys luku on 0,67. Täysin mustan kappaleen emissiviteetti kerroin on 1. Koskemattomat

mittalaitteet ovat lämpösäteilyn vastaanottimia, joita ovat infrapunalämpötilamittarit ja lämpökamerat (Mikkonen ym. 2009, 443.)

Erityisesti lämpökamerat sopivat erittäin nopeiden ilmiöiden kuvaamiseen ja suovat mahdollisuuden myös jatkuvaan valvontaan. Teollisuuden aloilla käytetään paljon erilaisia kannettavia koskemattoman lämpömittaustekniikan laitteita, joilla lämpötilatietoa saadaan nopeasti hyvin suuriltakin alueilta. Yleisimmät käyttökohteet ovat sähkökäyttöjen kaappien lämpötilamittaukset, lämpövuotojen paikallistaminen ja lämpöjakautumisen määrittely eri koneenosien kesken. Jatkuvaa koskematonta lämpötilavalvontaa vaativissa kohteissa voidaan mittalaite asentaa mittaamaan kohdetta kiinteästi. Mittaustuloksia analysoitaessa on otettava huomioon emissiviteettikertoimet ja erilaiset pintojen laadut. Käytettävien laitteiden ominaisuudet ja oikein valitut emissiviteettikertoimet vaikuttavat mittaustuloksiin. Tarkan mittaustuloksen takaamiseksi on mittalaite kalibroitava kosketettavalla tarkkuuslämpömittarilla ja emissiviteetti kerrointa säädettäessä käytetään apuna koskettavaa ja koskettamatonta mittaria saman mittaustuloksen takaamiseksi (Mikkonen ym. 2009, 444-446.)

5.3.5 Aistiensvaraiset havainnot

Yleisesti käytetty kunnonvalvontatekniikka on ihmisten aisteihin perustuvat tarkastustekniikat, kuten näkö-, kuulo-, tunto- ja hajuaisti. Käyttäessä pelkästään ihmisen aisteja kunnonvalvonnassa, on haittapuolena se, että vikaantumisen havaitessa kohde on jo yleensä vikaantunut (Moubray 1997, 153.)

Ihmisen aisteja voidaan käyttää monipuolisesti ja tehokkaasti apuna kunnonvalvonnassa. Näköaistin avulla havaitaan tavanomaisesti erilaiset öljy- ja vesivuodot, kohteen geometriset muutokset ja poikkeamat normaalissa toiminnassa. Kunnonvalvonnassa näköaistin avulla voidaan käyttää erilaisia apuvälineitä, kuten erilaisia peilejä, valkoista paperia voiteluöljyn tarkkailuun, stroboskooppia, jauhetta värähtelyn havaitsemiseen jne. Kuuloaistin avulla voidaan havaita esimerkiksi koneen käyntiäänessä eroavaisuuksia. Uuden äänen kuullessaan ihminen tiedostamatta vertailee sitä aikaisemmin kuultuun ääneen, joten hyödynnettäessä kuuloaistia kunnonvalvonnassa on tarkastajan tunnettava ja tiedettävä havainnoitavan kohteen normaali käyntiääni. Kuuntelun apuvälineenä voidaan käyttää stetoskooppia tai

nauhuria. Teollisuusympäristön korkea melutaso ja vallitsevat olosuhteet voivat haitata kuulohavaintojen tekoa (Mikkonen ym. 2009, 422-424.)

Tuntoaisti soveltuu kunnonvalvonnassa lämpötilan-, kaasuvuotojen- ja värinän valvontaan. Kosketuslämpötilan noustessa yli +50 °C voidaan lämpötilan seurannan apuna käyttää lämpöliitua tai lämpötarraa. Kosketuksen tulee olla hetkellinen, koska ihmisen tuntoaisti ihon pinnassa toimii vain lyhyen ajan. Kylmä vaikuttaa tuntoaistitoimintaan heikentävästi. Pienten kaasuvuotojen havaitsemiseen voidaan käyttää käden kämmenpuoli, joka on herkkä tuntemaan ilmapirtauksia. Ennen tarkistustoimenpiteitä on varmistettava, ettei vuodot ole ihmiselle vaarallisia. Hajuaistin perusteella voidaan päätellä mitä vuotava aine on (Mikkonen ym. 2009, 425-426.)

Ihmisten aistikkeudessa on henkilökohtaisia eroja, jotka tulee kunnonvalvontaa suorittaessa ottaa huomioon. Ihmisen fyysinen kunto, sairaudet ja ikä vaikuttaa havaintojen tekoon. Lisäksi valvonnan suorittajan vireystila ja ympäristön aiheuttamat häiriötekijät vaikeuttavat aistienvaraista havainnointia.

Kunnonvalvonnassa on vaikea määrittää tarkkoja tarkastuskriteerejä ja havainnot ovat tulkinnanvaraisia. Havainnot riippuvat tarkastajan kokemuksesta ja jopa mielentila tarkastushetkellä vaikuttaa tulkintaan. Kaikille aistienvaraiselle havainnoinnille on yhteistä, että eri havaintokertojen tarkistukset tulisi suorittaa samanlaisessa valaistuksessa, ympäristössä ja menetelmillä niiden vertailukelpoisuuden säilyttämiseksi (Moubray 1997, 153, Mikkonen ym. 2009, 421-427.)

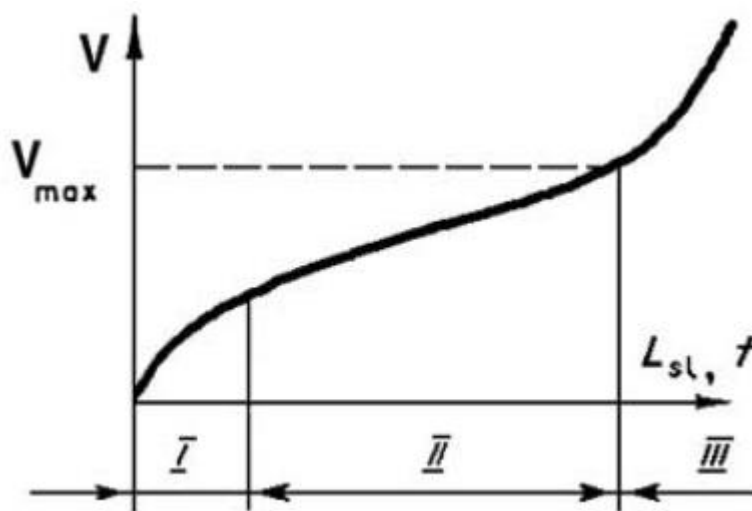
5.3.6 Öljyanalyysit

Öljyn tehtävä vaihteissa, järjestelmissä ja moottoreissa on ensisijaisesti voidella ja jäähdyttää järjestelmää. Nesteen tehtävä on myös suojata järjestelmää korroosiolta ja ruosteelta. Öljyn mukana kulkeutuu järjestelmästä irronneita epäpuhtauksia ja irronneet epäpuhtaudet, kuten metalli- ja tiivistehiukkaset lisäävät järjestelmän kulumista. Epäpuhtaudet voivat tukkia erilaiset virtauskanavat ja estää järjestelmän tehokkaan käytön (Kauranne, Kajaste & Vilenius 2008, 112-113.)

Öljy muodostaa pyörivien koneiden komponenttien pinnalle voitelukalvon, jonka puuttuminen nopeuttaa kohteen kulumista. Voitelukalvon puuttumisella on suorat vaikutukset koneen kuntoon ja vikaantumiseen. Öljyn analysoinnilla voidaan ehkäistä vikoja ja se on merkittävä osa kunnonvalvontaa. Öljyn kunnonvalvonnassa tarkkaillaan voiteluaineen ulkonäköä, viskositeettia, happolukua ja kiintoainepitoisuutta (Mikkonen ym. 2009, 430.)

Öljyanalyysit voidaan jakaa tyypeittäin voiteluaineen kunnan ja puhtauden analyyseihin, voiteluaineessa olevien kulumishiukkasten kokojakauman analyyseihin eli ferrografiaan, voiteluaineen metallipitoisuuksien kulumametallianalyyseihin ja öljyn sekaan päässeän vesipitoisuuden analysointiin (Mikkonen ym. 2009, 429.)

Kuviossa 8 esitetään kulumisen vaiheet, jotka ovat sisäänajo-, tasainen- ja voimakas kuluminen. Normaalisissa kulumistilanteissa toisiaan vasten liikkuvista pinnoista irtoaa kulumishiukkasia. Siirryttäessä tasaisen kulumisen vaiheesta voimakkaaseen kulumiseen, on öljyssä olevien kulumishiukkasten määrä moninkertaistunut ja fyysinen koko kasvanut 10-100-kertaiseksi. Kulumishiukkasia analysoimalla saadaan tietoa kohteen kunnosta, kuluvista komponenteista ja kulumismekanismista. Kulumishiukkasanalyysi otetaan yleensä öljynäytteestä (Nohynek & Lumme 1996, 26-27.)



Kuvio 8. Kulumisen vaiheet (Kulumishiukkasanalyysi, n.d.)

Tyypillisiä öljyanalyyseissä havaittavia poikkeamia ovat öljyn viskositeetin nousu tai lasku. Viskositeetin nousun taustalla on yleensä öljyn hapettuminen tai runsas epäpuhtauksien määrä öljyssä. Viskositeetti laskee lämpötilan kasvaessa, mutta lasku voi johtua myös lisäaineiden polymeerien leikkautumisesta tai öljyyn päässeiden liuottimien johdosta (Mikkonen ym. 2009, 430-431.)

Öljyn kiintoainepitoisuuksia voidaan selvittää punnitsemalla suodatetut epäpuhtaudet tai laboratorio-olosuhteissa mikroskooppisin tarkasteluin. Kiintoainenäytteistä tarkastellaan hiukkasten kokojakaumaa, laatua, muotoa ja puhtausluokkaa. Analyysijä voidaan käyttää toisiaan täydentävinä menetelminä, kuten esimerkiksi kulumametallianalyysejä ja värähtelyn kokonaistason mittauksen yhdistelmällä voidaan saada tieto vikaantumisen aikaisessa vaiheessa ja vertailla tuloksia. Öljyn vaahtoaminen kertoo yleensä ilman tai vieraan aineen sekoittumisesta öljyn joukkoon. Vaahton testaukseen soveltuu ASTM D892-testi (Mikkonen ym. 2009, 431-437.)

5.3.7 Vikaantumisen analysointi

Kunnossapidon ja teknologian kehityksen myötä vikahistorioiden tutkiminen ja riskianalyysejä käyttö on kasvanut merkittäväksi työkaluksi ehkäisevässä kunnossapidossa. Vikaantumista voidaan selvittää ja analysoida monella tavalla, jossa tarkoituksena on löytää vian perussy. Analyysien perusteella voidaan suorittaa toimenpiteet, joilla estetään vastaavien vahinkojen uusiutuminen. Analyysien teko vaatii korkeaa osaamista, joten kaikkia vikaantumisia ei ole kustannustehokasta analysoida. Käytettyjä vikaantumisen ja käyttövarmuuden analyysimenetelmiä ovat: (Järviö & Lehtiö 2012, 52.)

- Vika-analyysi (FA)
 - Vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA)
 - Vikapuuanalyysi (FTA)
 - Juurisyyanalyysi (RCA)
 - Kalanruotokaavio (RCA Fishbone Diagram)
 - Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi (FMECA)
 - Vikaantumisen selvittäminen simuloimalla
 - Materiaalien- ja suunnittelun analyysit
 - Vikaantumispotentiaalinen kartoitus ja riskinhallinta
- (Järviö & Lehtiö 2012, 52, Tuukkanen, 2014.)

Kriittisyys kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyy henkilöiden loukkaantumisen riski, merkittävä aineellisen vahingon riski, tuotannon menetykseen liittyvä riski, tai joku muu ei hyväksyttäviin seurauksiin liittyvä riski. Kriittisyysluokittelua käytetään järjestelmän toimintojen kriittisyyden arvioinnissa. Kriittisyysluokittelussa määritellään, mikä kohteen ominaisuus on tärkein ja priorisoidaan kohteet niiden ominaisuuksien mukaan. Kriittisyysluokittelun tietoa hyödyntää kunnossapidon priorisoinnissa ja suunnittelussa (PSK 6800:2008, 2-7.)

Kohde tai laite voidaan todeta kriittiseksi, jos johonkin alla olevaan kysymykseen vastaus on kyllä, tarvitaan kohteelle yksityiskohtaisempaa analysointia.

- Voisiko käyttöhenkilöstö havaita vikaantumisen normaalin käytön aikana?
 - Voisiko vika aiheuttaa turvallisuusriskin?
 - Voisiko vika vaikuttaa merkittävästi laitteen toimintakykyyn?
 - Voisiko vikaantuminen aiheuttaa merkittävän ympäristöriskin?
- (Reliability Basics, 2007.)

PSK 6800: (2008, 7) standardissa on mallipohja, jonka mukaan tarkempi kriittisyysanalyysi voidaan toteuttaa. Kriittisyysanalyysissä pisteytetään kriittisyystekijät niiden vaikutuksien mukaan ja ennetaan niille painoarvot. Pisteytettäviä asioita ovat turvallisuus- ja ympäristövaikutukset, tuotannon menetys- ja laatukustannukset, sekä korjaus- ja seurantakustannukset. Lisäksi vikaantumisvälille määritetään kerroin. Lopullinen kriittisyyspisteytys saadaan, kun saadut arvosanat kerrotaan niiden painoarvolla ja vikaantumisvälin kertoimella.

Turvallisuuden ja ympäristön painoarvokertoimet ovat arvioitava alakohtaisesti, koska esimerkiksi vakava kemianteollisuuden turvallisuus- ja ympäristöriski voi aiheuttaa suuremman vaaran, kuin jollain toisella teollisuuden alalla. Turvallisuusriski tarkoittaa ihmisen terveyteen kohdistuvan vaaran mahdollisuutta. Ympäristöriski puolestaan tarkoittaa laitosalueen tai sen läheisyyden saastumisen mahdollisuutta. Kertoimet asetetaan nousemaan eksponentiaalisesti (PSK 6800: 2008, 9.)

Tuotannon menetys on menetettyä tuotantoaikaa, joka johtuu suunnittelelmattomasta seisokista. Laatukustannuksiin luetaan kaikki ne ylimääräiset toimenpiteet, joilla päästään alkuperäisesti suunniteltuun tasoon. Lisäksi laatuvirheestä johtuva myyntihinnan tippuminen luetaan laatukustannuksiin.

Korjauskustannuksia syntyy laitteen vikaantuessa ja seurantakustannuksia silloin, kun laitteen vikaantumisesta seuraa vaurioituminen tai aiheutuu vikojen ketjureaktio. Kertoimet asetetaan kasvamaan suhteessa menetettyyn tuotantoaikaan (PSK 6800: 2008, 11.)

6 Jyrsinpäiden ennakkohuolto

6.1 Työn aloitus ja lähtötilanne

Perehtyminen aiheeseen alkoi kesällä 2017, kun suoritettiin viikko- ja vuosihuolto-ohjeiden päivitys ja tehtiin kuntokartoitukset suureen osaan Valmet Rautpohjan tuotantokoneista. Tehdas ja itse henkilökunta olivat tuttuja, joten tutkimuksen alkuvaiheessa ei kulunut ylimääräistä aikaa ympäristöön tutustumiseen. Samana vuonna kärsittiin ongelmista jyrsinpäiden korjauksiin liittyen erityisesti F.P.T Industrien valmistamalla jyrsinkoneella. Jyrsinpäitä jouduttiin lähettämään laitevalmistajalle korjaukseen sekä korjauksia käytiin tekemässä Valmet Rautpohjassa F.P.T:n toimesta. Korjauksilla saatiin tilanne rauhoittumaan ja jyrsinpäät takaisin tuotannon käyttöön.

Jyrsinpäistä yleisesti käytetty nimitys Valmetilla on kulmapäät. Osassa tuotantokoneista kulmapäät kuuluvat ennakkohuollon piiriin ja niille suoritetaan vuosihuoltoja kunnossapitäjän puolesta. Koneenkäyttäjän vastuulla ovat viikkotarkistukset.

Työtä varten perustettiin työryhmä, jota voidaan hyödyntää työn edetessä. Työryhmään valittiin ilmiön kanssa vaikutuksessa olevat henkilöt, kuten perälaatikko verstaan ja SymBelt-telaverstaan päälliköt sekä työnjohtajat, kunnossapitoinsinööri sekä tuotannon tukiorganisaation päällikkö. Kunnossapitoinsinööri Arto Hämäläinen toimii Valmet edustajana opinnäytetyön ohjauksessa. Verstaspäälliköiden ja työnjohtajien avulla sovitaan haastattelukäytänteet ja aikataulut. Osa

tuotantokoneista toimii ympäri vuorokauden, joten sopivan haastatteluajankohdan löytäminen vaatii suunnittelua.

Työskentely Valmetilla opinnäytetyön parissa alkoi listaamalla kulmapäät liitteen 1 mukaiseen konekohtaiseen järjestykseen perustietoineen. Tässä vaiheessa työssä oli tarkasteltavia kulmapäitä yhteensä 31 kappaletta. Tarvittavat lähtötiedot kulmapäätyypeistä ja käyttötarkoituksesta saatiin laitevalmistajan dokumentteja tutkimalla. Listauksen lisäksi kartoitettiin olemassa oleva konedokumentit ja koneenpiirustukset kulmapäistä sekä tutkittiin kunnossapitäjän- ja koneekäyttäjän huolto-ohjeita.

Alkupalaverissa yhdessä työryhmän kanssa tehtiin karkea rajausta tarkempaa selvitystä vaativille kohteille. Rajauksen perusteella koneille suunniteltiin ja tehtiin tarkempi selvitys jyrsinpäistä. Tarkempaan selvitykseen perälaatikkoverstaalta rajattiin HMC-3, LP-18 ja LP-31. SymBelt-telaverstaalta rajattiin LP-30. Edellä mainitut kirjainyhdistelmät ovat yrityksen sisäisesti käyttämiä laitetunnuksia.

6.2 Perehtyminen jyrsinpäihin

Jyrsinpää välittää työstökoneen karan vaakasuuntaisen pyörimisliikkeen pystysuuntaiseksi- tai haluttuun kulmaan säädetyksi pyörimisliikkeeksi. Uudemmat tuotantokoneet ovat automatisoituja, joissa jyrsinpään haku karalle käy automaation avulla. Työkalunvaihto jyrsinpäälle tapahtuu lähteen videon mukaan täysin automaattisesti. Työkalunvaihdin hakee työkalun työkalurevolverilta, tuo sen jyrsinpäälle, jonka jälkeen tapahtuu työkalun lukitseminen jyrsinpäähän. Nykyaikaisissa jyrsinkoneissa on Extracal-mittausjärjestelmä, joka mittaa itsenäisesti työskentelyakseleiden sijainnin huomioiden rakenteellisen kuormituksen ja taivutusjännityksen. Tuloksena saadaan 3D mittatarkkoja kappaleita (FPT Industrie SpA RONIN – Automatic Operations, 2014.)

Yleisesti jyrsinpäitä on 1-taittosia, 2-taittosia ja viisiakselisia NC-jyrsinpäitä. 1-taittoisen ja 2-taittoisen jyrsinpään erona on, että 2-taittonen sisältää kaksi liikkuvaa niveltä. Usein 2-taittoinen jyrsinpää on fyysisesti kookkaampi kuin 1-taittoinen. Kulmakäännön niveliä liikutetaan uudemmissa koneissa automaattisesti, mutta

vanhemmissa kulmaa joudutaan säätämään manuaalisesti laippapinnassa olevan astetaulukon mukaan (Peltonen, 2018.)

Kuviossa 9 on F.P.T Industrien TUPC 2-taittoinen jyrsinpää. Valmet Rautpohjassa on jatkuvassa käytössä lähes vastaava kulmapää. Mekaanisia pääkomponentteja ovat ulkoinen kuori, pääakselit, tarkkuuslaakerit, kartiomaiset hammaspyörät, tiivisteet ja stefat. Jyrsinpäät ovat öljy- tai rasvavoideltuja ja laitteiden valmistaja määrittelee laitteille tietyn elinkaaren, öljynvaihto- ja jaksotettujen kuntotarkastuksien välit. Jyrsinpäät voivat olla kiertovoideltuja, joka edesauttaa kulmapään jäähdyttämistä ja mahdollistaa suurempien kierrosnopeuksien pitkäaikaisemmän käytön. Numeerisesti ohjatut NC-päät ovat viisiakselisia ja soveltuvat kääntyvyytensä ansiosta monimutkaisten rakenteiden koneistamiseen (Ronin Evo Horizontal Milling Machine Catalogue, 2005.)



Kuvio 9. F.P.T Industrie S.P.A TUPC jyrsinpää (Ronin Evo Horizontal Milling Machine Catalogue, 2005.)

Kulmapäiden vaihteistoöljyn tai rasvan täyttöön on laitevalmistajan ohjeet, josta ilmenee vanhan öljyn poisto, täytettävä öljymäärä ja laatu. Öljyvoideltujen 2-taittoisten kulmapäiden öljymäärä tarkistetaan F.P.T:n ohjeiden mukaan 100

käyttöön kulutetun tunnin välein. Öljymäärä tarkistetaan kulmapään kyljessä sijaitsevasta öljysilmästä. Öljytiloja voi olla useampi kulmapään rakenteesta ja hampaiden voitelusta riippuen. Öljynvaihtoväli on laitevalmistajan määrittämä suositus, joka vaihtelee kulmapään tyypistä riippuen 1000-2000 käyttöön kulutetun tunnin välein (FPT M-ARX universaalipään yleiskuvaus, 2008.)

Skoda Machine Tool:n huolto-ohjeet määrittelevät 2-taittoisille rasvavoidelluille IFVW 207 kulmapäille rasvanvaihtovälin olevan 100 käyttöön kulutettua tuntia ja jaksotetun kuntotarkastuksen väli on 5000 tuntia, jolloin suoritetaan kulmapään purkaminen ja laakereiden kunnon tarkastus (IFVW 207 E kulmajyrsinpään käyttö- ja huolto-ohjeet, 2008.)

Kulmapäiden on oltava lähes välyksettömiä ja niiden huolto sekä korjaus vaatii erikoisosaamista kulmapäiden ideaalin toimimisen ja säätöjen löytämiseksi. Välyksistä aiheutuu kappaleen pinnanlaadun heikkenemistä, muutoksia mittatarkkuudessa, ylimääräistä lämpenemistä ja kuormituksen kasvua kulmapäessä. Kulmapäiden välyksetön toiminta on yhteydessä jyrsinpään laaduntuottokykyyn. NC-kulmapäiden huolto ja säätö vaatii erikoisosaamista niiden sisältämien ohjaus ja sähkökomponenttien takia (Peltonen, 2018.)

Käyttötarkoitus

Kulmapäitä käytetään Valmetin perälaatikkoverstaalla tasomaisten perälaatikon osien kuten kartonkilaatikoiden, kansien, levyjen ja viiran osien jyrsintään ja poraukseen. Kulmapäät soveltuvat erilaisiin urituksiin, tasomaiseen jyrsintään ja poraukseen. Koneistus on karkeampaa rouhintaa tai hienompaa koneistusta työstettävästä kappaleesta, sen työvaiheesta ja konetyypistä riippuen (Wacker, 2018.)

SymBelt-verstaalla kulmapäitä käytetään SymBelt-akselin ulkoiseen rouhintaan, erilaisten öljykanavien ja päätyreikien poraukseen, kiinnitystasojen jyrsintään ja telan uuman sisäpinnan jyrsintään ja poraukseen (Hytönen, 2018.)

6.3 Huolto- ja vikahistorian tarkastelu

Valmet Rautpohjassa on käytössä Arrow Maint-järjestelmä, joka on yrityksen kunnossapitotöiden hallintaan suunniteltu työkalu. Järjestelmällä voidaan suunnitella ja aikatauluttaa kunnossapitotyöt ja se mahdollistaa ennakoivan kunnossapidon kehityksen. Arrow Maint koostuu työaikataulusta, huoltosuunnitelmista, laite- ja varaosarekisteristä jne (Hämäläinen, 2018.)

Arrow Maint kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmästä voidaan hakea huolto- ja vikahistoriatietoa eri hakuehdoilla. Hakuehtojen rajaaminen laitehierarkiasta löytyvillä laitetunnuksella on nopea tapa saada konekohtaista tietoa. Tietoa voidaan hakea osaston, kustannuskohdisteen, työn tilan tai tehdyn työlajin perusteella. Haun rajoja yhdistelemällä saadaan kapeammin haluttuja hakutuloksia. Edellä mainittujen rajojien lisäksi voidaan käyttää hakuehtojen lisätiedot kenttää. Lisäehdoilla tietoa voidaan rajata tarkasti ja hakea esimerkiksi vian kuvauksella tai komponentti kohtaisesti (Valmet Arrow Maint, 2018.)

Osa koneen kulmapäiden häiriöilmoituksista löytyi asettamalla hakuehtoihin komponentiksi kulmapää tai kulmavaihde. Lisäksi vikoja löytyi asettamalla vian kuvaukseen hakuehdoksi esimerkiksi kulmapää, pystypää tai pää. Haun tulokset siirrettiin exceliin, jossa ne muotoiltiin helposti luettavaan muotoon ja poistettiin kahteen kertaan tulleet hakutulokset. Kuviossa 10 on aukaistu yksi työtilauskortti. Kyseessä on LP-31 tuotantokoneelle tehty häiriöilmoitus, joka koskee jyrsinpään öljynvaihtoa (Valmet Arrow Maint, 2018.)

Työtilauskortti

Tiedosto Muokkaa Toiminto Siirry Ulkoasu

Ilmoitus

Koodi 1047117

Laite/Laite lk LP-31 B

Nimi AARPORA

Osasto RAU TUOTANTO

Kust.paikka B38010

Tilauspvm 21.4.2017 Tilaaja moilanen

Työn tila Valmis-Valmet Kesto 0 pv

Vian kuvaus TU-144 pystypää vesi ja öljyt sekaisin.

Huolto / osanro 0

Seisokki(1,2,3) 0 0

Kiireellisyys 1 Kone seisoo E

Vika alk. 21.4.2017 10:56

Työ voi alk. 21.4.2017 10:56

Suunn.valm.

Tekijä 23,22,23

Työlaji B1 VÄLITÖN HÄIRIÖKORJA

Vaihe	Toimenpide	Tekijä	Pvm	Kuittaus	Tunnit
1755		23	21.4.2017 14:52	0	0
1910		12	21.4.2017	0	0
2062		22	21.4.2017 12:56	0	0

Raportointi

Työ alkoi 21.4.2017 11:15 Koneen osa Karalaatikko

Työ päättyi 21.4.2017 14:50 Vian paikka Voitelujärjestelmä

Työtunnit 2 Lisäys Komponentti Kulmavaihde

Arvio 0 Muut kust. EUR Vikamuoto Kulunut

Seisonta-aika 0 0 Kustannuskohdiste B60186

Huoltaja Maintpartner Oy Toimitusvarmuus

Toimenpiteet Öljyt vaihdettu ja öljyt huuhdeltu.

Kuvio 10. Häiriöilmoitus LP-31 (Valmet Arrow Maint, 2018.)

Arrow Maintista löytyy kuvion 11 mukaan konekohtaiset huoltosuunnitelmat. Valmetilla Arrow Maint on pääsääntöisesti kunnossapitäjän työympäristö, josta löytyy töiden ohjeistukset, käytettävät materiaalit ja varaosat. Käytännössä ohjeet syötetään järjestelmään manuaalisesti toimenpiteiden listana ja niitä voidaan muokata jälkeen päin esimerkiksi varaosan tai huoltotoimenpiteen muuttuessa. Koneenkäyttäjillä on Web-pohjainen Arrow järjestelmä, johon he tekevät työpyynnöt ja häiriöilmoitukset tarpeen mukaan. Lisäksi Web Arrowista löytyy koneenkäyttäjälle kuvalliset huoltosuunnitelmat (Valmet Arrow Maint, 2018.)

HUOLLOT

Tiedosto Muokkaa Toiminto Ulkoasu

Huolto	Nimi	Laite
▶ 240	AARPORA	LP-31
*		

Osa	Selite	Työlaji	Huoltov	Aikayks.
240.10	Koneenkäyttäjä huolto	A11 JAKSOTETTU KUNNO	1	Viikko
▶ V-LP-31	VUOSIHUOLTO	A11 JAKSOTETTU KUNNO	1	Vuosi
*				

Numero	Toimenpide	Tekijä
▶		
010	MATERIAALILISTA ÖLJYT	
020	MATERIAALILISTA SUODATTIMET	
030	MATERIAALILISTA MUUT	
040	HÄTÄSEIS PAINIKKEIDEN TESTAUS/ KONEEN ÄÄRIRAJOJEN	
050	VAIHDA EMULSION SYÖTTÖPUMPUN ÖLJYT	
060	VAIHDA HYDROSTAATTISEN PUMPUN PAINESUODATIN	
070	VAIHDA HYDROSTAT. JÄÄHDYTYSYKSIKÖN SUODATIN	

Kuvio 11. Huoltosuunnitelmat LP-31 (Valmet Arrow Maint, 2018.)

Arrow Maintista saatiin ajettua vikahistoriat tuotantokoneille, jota tutkimalla saatiin käsitys kulmapäiden huoltokäytänteistä, raportoinnista ja vikaantumisista tutkimalla vikavälejä. Liitteessä 2 on F.P.T M-ARX LP-31 jyrsinkoneen kulmapäiden vuoden 2017 vikahistoria, josta tosin puuttuu laitevalmistajan tekemät korjaukset kuluvalta vuodelta. Kyseisestä vikahistoriasta huomaa, että useat häiriöilmoitukset koskevat öljynvaihtoa (Valmet Arrow Maint, 2018.)

6.4 Kriittisyysanalyysin suunnittelu

Kriittisyysanalyysi suoritetaan kaikille työssä mukana oleville jyrsinpäille. Analyysin tuloksien pohjalta voidaan kohdistaa ja priorisoida ennakkohuollon suunnittelua ja kehitystoimia tärkeille kohteille.

Kriittisyysanalyysi koostuu laskentataulukosta ja kertoimen valintataulukosta. Työssä päätettiin hyödyntää vanhaa Valmetin kriittisyysanalyysipohjaa, mutta valintakriteerit, kertoimet ja painoarvot ovat suunniteltu uudelleen. Valintakriteerien ja painoarvojen uudelleensuunnittelussa hyödynnettiin työnjohtajien kokemusta ja omaa päättelyä siitä, mitkä ovat kulmapäille tärkeitä ja pisteytettäviä ominaisuuksia.

Yhdessä työnjohtajien kanssa pääteltiin, että kulmapäiden ympäristövaikutukset eivät ole huomioon otettava asia kulmapäiden kriittisyysanalyysissä, koska ympäristövaikutukset ovat käsitelty laajemmassa konekohtaisessa kriittisyysanalyysissä.

Kriittisyysanalyysin kertoimen valintataulukko (liite 3) koostuu seitsemästä pisteytettävästä pääkohdasta. Painoarvoltaan korkeimmaksi tekijäksi koettiin kulmapään käytön arvio, jonka painoarvoksi asetettiin kerroin 25. Kulmapään jatkuva käyttö tulee näkyämään kriittisyyspisteissä nostavasti. Tällä estetään se, että harvoin käytössä olevan kulmapään pisteet eivät helposti nouse kriittisiksi. Painoarvoltaan suureksi koettiin myös vaikutus vikatilanteessa muuhun tuotantoon ja huollettavuus. Vikatilanteen vaikutus muuhun tuotantoon kuvastaa sitä, millainen vaikutus kyseisen kulmapään vikaantumisella on tuotantoon. Hyvä huollettavuus kuvaa varaosien ja korjauksiin vaadittavien dokumenttien löytymistä Rautpohjasta ja puolestaan huono huollettavuus tarkoittaa, että varaosia ei ole hankittu, varaosatuki on loppunut ja dokumentaatio on heikkoa.

Keskisuurella painoarvolla on korvaava kapasiteetti, häiriöherkkyys ja vuorojärjestelmä. Korvaava kapasiteetti on painoarvoltaan pienehkö, mutta korvaavan kapasiteetin puute nostaa kriittisyyspisteet korkeiksi valintakriteerin kertoimen ansiosta. Vaikutus vikatilanteessa muuhun tuotantoon ja korvaava kapasiteetti muodostavat kriittisyyden tuotannolle. Vuorojärjestelmä ja käytön arvio

muodostavat ajallisen käyttömäärän. Turvallisuusvaikutus pidettiin mukana analyysissä, mutta vain pienellä painoarvolla.

Vanha kriittisyysanalyysin pohjaa käyttäessä huomattiin, että vanha pohja vaati hienosäätöä. Vanha pohjan laskentakaavat olivat sekavat, eikä se toiminut jouhevasti. Hienosäädön jälkeen kriittisyysanalyysin valintakriteerien ja kertoimen muuttaminen on helpompaa ja laskentakaavat ovat yksinkertaisemmat. Vanhan pohjan turvallisuusvaikutus oli epäselvä ja olisi vaatinut kriittisyysanalyysin täyttäjälle vähintään selityksen, että miten kerroin määritetään. Turvallisuusvaikutuksen kertoimen valintataulukosta tehtiin visuaalisempi käytön helpoittamiseksi. Päivitettyä kriittisyysanalyysi pohjaa voidaan käyttää tulevaisuudessa talon sisäisiin kehityshankkeisiin.

Taulukossa 2 on malli, kuinka pisteet määräytyvät kriittisyysanalyysissä.

Laskentataulukon valintakriteerien valintaan luotiin alavetovalikot, johon tiedot haettiin kertoimenvalintataulukko-välilehdeltä. Alavetovalikon valintakriteereillä on omat kertoimet ja taulukko laskee valintakriteerin kertoimen sekä sille määritetyn painoarvon tulon. Laskentataulukon kunkin rivin sarakkeissa (harmaat kentät) olevien ominaisuuksien tulot summataan yhteen ja tästä muodostuu kriittisyyspisteet kullekin riville kokonaiskriittisyys sarakkeeseen. Kertoimien ja painoarvojen muuttaminen jälkikäteen onnistuu suoraan kertoimenvalintataulukko-välilehdellä.

LP-31/KUL-216	TUH-144C/2-taittoinen	B38010	Kulmapää jatkuvassa käytössä	Voidea ▼ piti
LP-31/KUL-217	TAM/monitaittoinen	B38010	Käyttö puolivuositain Käyttö kuukausittain Käyttö viikottain Kulmapää jatkuvassa käytössä	Voidea naik nal piti
LP-31/KUL-218	SELS-4-Karan jatke	B38010	Käyttö kuukausittain	Voidea suoriti

Taulukko 2. Kriittisyysanalyysin pisteiden lasku LP-31:lle

6.5 Kunnonvalvonnan mittausraportit

Värähtelymittaukset

Perälaatikkoverstaan LP-31, HMC-3, DC-5 ja LP-20 tuotantokoneille löytyy värähtelymittauksen raportit. Samoin löytyy Symbelt-telaverstaan LP-27 pienelle kulmapäälle sekä LP-30:lle on värähtelymittaustulokset. Värähtelymittausraportteja voidaan hyödyntää vertailevana tietona mittaavassa kunnonvalvonnassa. Alla on tarkasteltu LP-31:n raporttia.

LP-31:lle suoritti värähtelymittaukset Maintpartnerin mittaaja vuonna 2008 ja värähtelymittaukset koskivat itse tuotantokonetta sekä kulmapäitä TU144, TAM-1 ja SELS-4. Mittausasetukset olivat värähtelyn nopeus 0-1000 Hz, värähtelyn kiihtyvyys 0-5000 Hz ja envelope 0,5-10KHz. Mittauksissa käytettiin eri karanopeuksia 1000-4000 rpm (Värähtelymittausraportti LP-31, 2008.)

LP-31 TU144 kulmapäätä mitattiin karanopeuksilla 1000, 2000, 3000 ja 4000 rpm ja mittauspisteitä oli seitsemän. Taulukossa 3 on esitetty mitatut värähtelyn kokonaistasot. Mittauksien hälytysrajaksi oli asetettu 1mm/s kokonaistaso. TAM-1 kulmapään mittauksissa mittaukset tapahtuivat karan kierrosalueella 1000-2500 rpm ja 1mm/s kokonaistasot ylittyivät. Hyvän mittauspisteen löytäminen oli ongelma kyseisen pään kohdalla. SELS-4 karan jatkeen värähtelytasot pysyivät asetettujen rajojen sisällä (Värähtelymittausraportti LP-31, 2008.)

Nopeus rpm	KP etureuna	KP vaaka	KP aksiaali	HP etureuna	HP vaaka	1 akseli alapää	1 akseli vaaka
1000	0,615	0,677	0,578	0,602	0,546	0,328	0,221
2000	0,609	0,696	0,383	0,632	0,589	0,226	0,324
3000	0,607	0,771	0,434	0,754	2,908	0,273	0,222
4000	1,003	1,069	0,744	0,633	2,877	0,438	0,357

Taulukko 3. LP-31 TU144 kulmapään värähtelymittaustulokset (Värähtelymittausraportti LP-31, 2008.)

6.6 Jyrsinpäiden varaosatilanne

Jyrsinpäiden varaosatilanne on heikko ja työnjohtajat ovat huolestuneita, koska varaosien saatavuutta ei ole selvitetty useimpiin kulmapäihin ja toimitusajat eivät ole tiedossa. Tutkimuksen yksi tavoite oli selvittää varaosien saatavuus. Selvitettävien kohteiden rajauksessa käytettiin aloituspalaverin rajausta.

Vanhoihin jyrsinpäihin päälinja on, että varaosia ei enää saa ja ne joudutaan teettämään. Ennen vuotta 2008 valmistetut jyrsinpäät luokitellaan vanhoiksi tässä asiayhteydessä. Valmet Rautpohjassa on protopaja, jossa kyetään valmistamaan joitain varaosia. Lisäksi Ata Gears Oy on toiminut alihankkijana vanhempien jyrsinpäiden varaosien teossa. Tiettyjä yleisiä osia saadaan vielä, kuten esimerkiksi joitain laakereita ja tiivisteitä, mutta hammaspyörien saatavuus on lähes poikkeuksetta vanhempien jyrsinpäiden kohdalla loppunut. Jyrsinpäiden varaosia ei ole hyllyssä Valmet Rautpohjassa (Peltonen, 2018.)

F.P.T:n mukaan TU- ja TAM-päiden kaikkien varaosien saatavuus löytyy laitevalmistajalta, koska kyseisten kulmapäiden useimmat varaosat soveltuvat myös laitevalmistajan uudempiin kulmapäihin. Laitevalmistaja ilmoitti, että muiden yleisten varaosien strategia toimii varastorajojen avulla. Jos jonkun tietyn varaosan varastoraja alittuu, hankinta saa impulssin ja varaosien määrä palautetaan automaattisesti (Saltarel, 2018.)

Skoda HWC 2 -180 (LP-30) IFVW 207 jyrsinpäille on pyydetty tarjous varaosista, josta ilmenee kulmapäiden kriittiset varaosat. Listauksesta ei selvinnyt varaosien toimitusaikoja, joten ne piti selvittää erikseen. Kyselyissä selvisi, että pisimmät toimitusajat ovat kartiohammaspyörillä. Näiden toimitusaika on 4-5 kuukautta, koska ne ovat valmistettava erikseen. Kaikkia varaosia ei löydy valmiina hyllystä kyseisiin jyrsinpäihin. Kaikki kyseisen tarjouksen muut varaosat voidaan toimittaa nopeammalla aikataululla (Jaroslav, 2018.)

Skoda W 200T (LP-18) jyrsinkoneen uusin 2-taittoinen IFVW 3B-M/50 jyrsinpää on vuosimallia 2006. Kyselyissä ei selvinnyt varaosien, kuten hammaspyörien ja laakereiden toimitusaikoja. Tilanne kyseisen jyrsinpään kohdalla on se, että varaosat ovat valmistettava erikseen (Jaroslav, 2018.)

Toshiban (HMC-3) jyrsinpäihin pyydettiin tarjous varaosista sekä niiden toimitusajoista. Tarjous pyydettiin lyhyelle- ja pitkälle pystypäälle, 2-taittoiselle kulmapäälle ja NC-päälle. Tarjous koskee tärkeimpiä varaosia kuten päähammaspyöriä ja päälaakereita. Selvitys varaosista ei ehtinyt saapua työn määräaikaan mennessä (Tomomi, 2018.)

Toshiba suosii käytettävän omaa huoltopalvelua jyrsinpäiden kunnostukseen, koska komponenttien vaihdon ja asennuksen yhteydessä joudutaan usein tekemään säätöjä ja viimeistelemään osa pinnoista koneistamalla. Tarvittaessa jyrsinpäät voidaan myös lähettää laitevalmistajalle Japaniin kunnostukseen (Tomomi, 2018.)

6.7 Haastattelut

6.7.1 Henkilökuntaan kohdennettujen haastatteluiden suunnittelu

Teemahaastattelu on kohdennettua haastattelua, jossa haastattelu kohdennetaan tiettyihin teemoihin, joista keskustellaan. Teemahaastattelussa keskustelu etenee ennalta mietittyjen teemojen varassa. Tämä vapauttaa haastattelun tutkijan näkökulmasta ja tuo haastateltavan näkökulman esiin. Teemahaastattelu huomioi sen, että ihmisten tulkinnat asioista ja asioille annetut merkitykset ovat keskeisiä. Teemahaastattelussa lähtökohtana on, että haastateltava henkilö on kokenut tietyn tilanteen (Hirsjärvi & Hurme 2001, 48.)

Tutkimuskohteiksi valitaan ne henkilöt, joilla on tietoa ilmiöstä ja joita se koskee. Ilmiön kanssa tekemisissä olevien henkilöiden valinnalla osaksi kehittämistutkimusta on sitouttava vaikutus, koska tutkimus tarjoaa kohdehenkilöille mahdollisuuden esittää parannusehdotuksia ja mahdollisuuden vaikuttaa asioihin. Kehitystyön omaksuminen helpottuu ja kynnys toteuttaa kehitystyötä madaltuu (Kananen 2012, 62)

Haastattelua suunniteltaessa on otettava huomioon eettisten periaatteiden noudattaminen. Näitä ovat informointiin perustuva suostumus, luottamuksellisuus, seuraukset ja yksityisyys. Informointiin liittyen on mietittävä, kuinka paljon haastateltavalle kerrotaan työn tavoitteista ja tutkimuksen menettelytavoista.

Tutkimuksen tavoitteiden liika avaaminen haastateltavalle voi muuttaa haastateltavan käyttäytymistä ja vinouttaa tuloksia. Tutkimuksesta tulee kuitenkin kertoa olennaiset tiedot, jotta haastateltava kykenee hyväksymään tutkimukseen ja sitoutumaan siihen (Hirsjärvi & Hurme 2001, 20.)

Suunnittelussa on huomioitava, että haastattelutilanne on kaksisuuntainen vuorovaikutustapahtuma, jossa haastattelijan pyrkimys on saada esiin tutkimuksen kannalta merkityksellisin tieto. Haastattelijan tehtävä on helpottaa informaation kulkua ja sen jäsentämistä, sekä motivoida haastateltavaa. Haastattelijan tulee olla puolueeton (Hirsjärvi & Hurme 2001, 52-53.)

Haastattelun suunnittelu vaatii kielellistä suunnittelua niin kysymysten asettelussa, kuin haastattelijan roolissaan. Tilannetiedon lukeminen ja joustavuus kielellisten ja ei-kielellisten keinojen käytössä ovat huomioon otettava asia haastattelutilanteessa. Haastattelu aloitetaan laajahkolla ja helpolla kysymyksellä. Tarkoituksena siirtyä yleisistä kysymyksistä yksityiskohtaisempiin kysymyksiin. Haastattelurungon on tarkoitus avata keskustelua ja johdattaa haastattelua oikeeseen suuntaan (Hirsjärvi & Hurme 2001, 98-107.)

Haastattelukäytänteet sovittiin yhteistyössä verstaspäälliköiden kanssa ja haastattelut koneenkäyttäjille suunniteltiin alkamaan mahdollisimman pian työn aloituksesta, jotta tarvittaessa lisähaastatteluille jäisi aikaa. Haastatteluajankohtaa suunnitellessa huomioitiin, että haastatteluhetkellä paikalla on kokenut koneenkäyttäjä. Kyseiset koneenkäyttäjät tuntevat kaluston ja osaavat antaa täsmällistä ja kokemusperäistä informaatiota kulmapäiden toimintaan liittyen. Mahdollisimman hyvän kokonaiskuvan saamiseksi tulee haastatella myös kunnossapitäjät ja työnjohtajat. Päällekkäiset aikataulut johtivat siihen, että päätös kunnossapitäjien omaan erilliseen haastatteluun oli tehtävä. Kunnossapitäjien kohdalla haastattelut kohdistetaan kulmapäiden huollon parissa työskennelleille asentajille, jotta kaikki huoltoihin liittyvä tieto ja osaaminen saadaan hyödynnettyä tutkimuksessa.

Tutkimuksen haastattelu koostuu kolmesta vaiheesta, jotka ovat haastattelun suunnitteluvaihe, haastatteluvihe ja analyysivaihe. Suunnitteluvaiheessa kirjattiin tutkimusongelmat ja ilmiöiden pääluokat, joiden pohjalta mietittiin haastattelun

teema-alueet ja puolistrukturoidut kysymykset. Haastattelurunkoa suunniteltaessa hyödynnettiin Hirsjärvi & Hurme (2001, 67) teemahaastattelurungon pohjaa. Luotiin kaksi haastattelurunkoa eri tilanteisiin. Liitteessä 4 on koneenkäyttäjän haastattelun runko ja liitteessä 5 on kunnossapitäjän haastattelun runko. Analyysivaiheessa tieto litteroidaan ja tiivistetään haastattelun pääkohdat (Hirsjärvi & Hurme 2001, 67.)

Huoltopalveluiden kartoitus

Huoltoyhtiöille suunnattu haastattelupohja suunniteltiin lyhyehköksi, jotta kynnyks vastaukseen on pieni. Liitteessä 6 on kyselypohja huoltoyhtiöille. Kartoituksen tulokset ovat luvussa 7.3.

6.7.2 Haastatteluiden analysointi

Koneenkäyttäjiin ja kunnossapitohenkilökuntaan kohdennettujen haastatteluiden päätyttyä aineisto litteroitiin kirjoittamalla nauhalta kuullun perusteella keskustelut puhtaaksi. Haastattelut tehtiin konekohtaisesti, joten analysoitavaa dataa syntyi paljon. Datan pohjalta luotiin kuvion 12 mukaiset konekohtaiset nelimatriisit, joiden avulla haastatteluaineistoa saatiin jäsenneltyä. Nelimatriiseja tehdessä heräsi lisäkysymyksiä, joiden pohjalta tehtiin avoimia jatko-haastatteluja. Haastatteluiden jälkeen tiedot koottiin yhteen ja kirjoitettiin konekohtaiset tiivistelmät.

Vahvuudet	Kehitettävät ominaisuudet
Luotettava kone oikein huollettuna Suuret työstönopeudet Kulmapäakohtainen käytön seuranta	Päivittäishuollon terävöitys ja toteutumisen seurannan kehitys Huolto-ohjeiden päivitys -Päivittäishuoltomateriaalien tsekkaus -Paikkojen selkeä merkkkaus Kriittisten varaosien listaus Koneenpiirustukset
Käytön seurannan hyödyntäminen ennakkohuollossa	Osataanko huoltaa ja tarkastaa oikein Ajautuminen samaan häiriötilaan kuin aikaisemmin -koneen seisokkitunneilla saadaan uusi pää ostettua Varaosapuoli ja niiden varastointi heikolla mallilla Investoidessa uuteen tekniikkaan, miten hanskataan huolto. Kuka huoltaa?
Mahdollisuudet	Uhkakuvat

Kuvio 12. Nelimatriisi haastattelun tuloksien jäsentelyyn LP-31

7 Mitä tutkimuksessa selvisi?

Tutkimuksessa haastateltiin Valmet Rautpohjan tuotannon- ja kunnossapidon henkilökuntaa kulmapäiden toiminnan ja huollon nykytilanteen selvittämiseksi. Tuotannon haastattelut painoittuivat koneenkäyttäjiin, jolla on paras tuntemus laitteiden toiminnasta. Kunnossapitohenkilökuntaan suunnatut haastattelut tehtiin asentajille ja kunnossapidon esimiehille. Haastatteluiden pohjalta luotiin kriittisyysanalyysit kulmapäille. Tutkimuksessa kartoitettiin huolto-osaamista ja kartoitettiin markkinoilla olevaa huolto-osaamista ja palvelua.

7.1 Huollon nykytilanne ja kunnossapidon strategia

Kulmapäiden kunnossapito koostuu korjaavasta- ja jaksotetusta kunnossapidosta. Tutkimuksessa selvisi, että kulmapäitä korjataan vasta, kun vian oireet havaitaan. Kulmapäiden osalta kunnossapidon strategia on Run To Failure (RTF). Kulmapäille tehdään jaksotettua perushuoltoa, joka käytännössä tarkoittaa öljyn- ja rasvan vaihtoa sekä muutamia muita pieniä huoltotöitä jyrsinkoneen suuremman vuosihuollon yhteydessä. Kunnossapitohenkilökunta ei koe tätä edellä mainittua perushuoltoa ongelmaksi, vaan erikoisosaamista vaativien korjausten ja säätöjen tekeminen ilman räjäytyskuvia ja varaosia koetaan haastavaksi.

Käyttöaikaseurantaa ei ole suurimmalla osalla koneista, tai jos on, niin sitä ei hyödynnetä huoltovälien seurannassa. Kulmapäiden jatkuva raskas kuormitus lisää huollon tarvetta. Osalla koneista käyttötuntien täytyessä kesken jakson konemiehet tekevät häiriöilmoituksia öljynvaihdosta.

Suurin osa tässä työssä mukana olevista koneista on suunniteltu ilman korvaavaa kapasiteettia pois lukien uusi Skoda (LP-30), jossa kulmapäät ovat varmennettu kahdentamalla. Jatkuvässä käytössä olevien kulmapäiden vikaantuessa työtä pystytään jatkamaan samalla koneella lähes kaikissa tapauksissa edellyttäen sen, että muut kulmapäät ovat toimintakuntoisia, mutta tämä aiheuttaa useimmiten suorituskyvyn romahtamisen.

Kulmapäiden käyttövarmuuden tila on huolestuttava, koska kulmapäillä ei ole kunnollista kunnossapitosuunnitelmaa, varaosatilanne on heikolla mallilla ja kunnossapitäjällä ole korjauksia varten kunnollisia teknisiä koneenpiirustuksia. Varaosat joudutaan hankkimaan laitevalmistajalta ja kriittisten varaosien toimitusajat ovat pääsääntöisesti pitkiä. Uudemmat kulmapäät ovat jo 10 vuotta vanhoja ja laitevalmistajat kehittävät tuotteitaan jatkuvasti. Varaosien saatavuus on tapauskohtaisesti aina selvitettävä erikseen. Vanhempiin kulmapäihin varaosat joudutaan järjestään aina mitoittamaan ja teettämään itse, kun taas uudempiin saadaan vielä varaosia laitevalmistajalta. Valmet Rautpohjalla ei ole kulmapäiden laitevalmistajien kanssa huoltosopimuksia voimassa. Huoltosopimus on sopimus, jossa laitevalmistaja järjestää asiakkaalle kulmapään korjauksen ajaksi korvaavan tuotteen, joka palautetaan korjauksen jälkeen laitevalmistajalle.

Kulmapäille ei tehdä systemaattista kunnonseurantaa, vaan kunnonseuranta on konemiesten aistiensaavasta havainnointia. Kun Valmet Rautpohjassa otettiin käyttäjäkeskeinen huolto käyttöön, tehtiin konemiehille kuvalliset viikkotarkastusohjeet, mutta näiden ohjeiden lukeminen on jäänyt pois ja tarkastukset ja pienet huoltotoimenpiteet tehdään nykyään rutiinilla normaalin työn ohessa.

Koneiden historiatiedoista huomaa viikkotarkastuksien merkkauksen loppuneen, eikä seuranta tarkastuksien tekoon nykyään ole. Kulmapäiden kirjallinen seuranta tapahtuu vain häiriö- ja vikailmoituksia tehdessä sekä joidenkin jaksotettujen huoltojen yhteydessä.

Konemiesten vastuulla on huolto-ohjeen mukaan tarkistaa kulmapään öljyn- tai rasvan määrä ja ohjeistuksen mukaan lisätä sitä tarvittaessa. Verratessa konemiesten huolto-ohjeita laitevalmistajan määrittämiin huolto-ohjeisiin, on havaittavissa puutteita öljynvaihdon osalta esimerkiksi LP-31:llä. Vanhan öljyn pois ottaminen on yhtä tärkeää, kuin uuden öljyn lisääminen. Ohjeistus ja öljymäärä on oltava hyvin tiedossa, koska öljyä lisätessä on ylitäytön vaara, joka johtaa kulmapään ylikuumentumiseen.

Valmet Rautpohjassa kulmapäitä ei ole koodattu laitehierarkiaan omilla laitetunnuksilla, vaan ne ovat koneeseen kuuluvia komponentteja. Kaikki häiriöilmoitukset ja huollot raportoidaan koneen alle. Vikahistoriaa tutkiessa ilmeni, että häiriöilmoituksia tehdessä kulmapäille on käytetty eri nimityksiä.

Kunnossapitäjän vastuulla on korjaus- tai huoltotyötä raportoidessa tehdä juurisyyanalyysi, joka käytännössä tarkoittaa koneen osan, vian paikan, komponentin ja vikamuodon raportoimista. Kohdistamalla hakuehtoja komponentti kohtaisesti, löytyi tehtyjä töitä vain muutamia. Raportointien välillä on huomattavia eroja. Lopputuloksena huomattiin, että raportointi ei ole yhtenäistä, joka aiheuttaa tiedon luotettavuuden puutteen. Tämän seurauksena tietoa joudutaan etsimään nykyään suuresta datan määrästä.

7.2 Kriittisyysanalyysin tuloksien avaaminen

Kulmapäiden kriittisyysanalyysit tehtiin haastatteluiden pohjalta ja analyysin laskentataulukot löytyvät liitteistä 7 ja 8. Kuviossa 13 on Valmet Rautpohjan kahdeksan kriittisintä kulmapäätä. Seuraavissa alaluvuissa on esitetty perusteluita, miksi kulmapäät ovat kriittisiä. Alaluvut ovat koneittain kuvion mukaisessa kriittisyysjärjestyksessä.

	Laite	Selitys	Kriittisyyspisteet
1	LP-18/KUL-208	IFVW3B-M/50	600
2	DC-5/KUL-220	1-taittonen	595
3	LP-31/KUL216	TUH-144C	565
4	LP-31/KUL217	TAM	525
5	HMC-3/KUL-203	800L	520
6	HMC-3/KUL-204	Universal 2-tait	510
7	LP-30/KUL228	2-tait. Nro. 9	460
8	LP-30/KUL229	2-tait. Nro. 19	460

Kuvio 13. Valmet Rautpohjan kriittiset kulmapäät

Kriittisyysanalyysissä toiset pisteytettävät asiat vaativat enemmän selitystä kuin toiset. Alaluvuissa on selitetty kulmapään käyttötarkoitus sekä kriittiset työvaiheet ja sitä kautta kulmapään vaikutus tuotantoon. Lisäksi on selitetty korvaavan kapasiteetin löytyminen ja on kerrottu huoltoon liittyvistä asioista. Alalukujen yleistä kohtiin on tehty pieni esittely ja avaus tuotantokoneesta.

Vuorojärjestelmiä ja turvallisuusvaikutuksia ei ole erikseen selitetty auki alaluvuissa. Kaikki kuvion 13 koneet toimivat kolmessa vuorossa. Pääsääntöisesti koneet, joissa kulmapään kiinnitys tai kulman kääntö tehdään manuaalisesti, on niissä huomioitu turvallisuusvaikutukset nostavana ominaisuutena. Yleisesti ottaen varaosia ei ole hankittu varastoon ja osassa varaosien saatavuus on heikentynyt.

Kulmapäiden vikaväli on pääsääntöisesti yli kaksi kuukautta, mutta tarkemmat tulokset löytyvät kriittisyysanalyysistä. Häiriöherkkyyden määrittämisessä oli haasteena sen pohjautuminen haastatteluun. Haastateltavilla on yksilökohtaisia eroja häiriöherkkyyden tulkinnassa. Oli vaikeaa saada hajontaa tuloksiin raportoinnin huonon laadun ja henkilöiden omakohtaisen tulkinnan johdosta.

7.2.1 Skoda W 200T pora- ja jyrsinkone (LP-18)

Yleistä

Koneella on kaksi vanhaa 2-taittoista kulmapäätä, yksi uudempi 2-taittoinen ja yksi 1-taittoinen kulmapää. Perälaatikon ylähuulen koneistus on yksi koneella tehtävistä nimikkotuotteista, jossa työt koostuvat pääsääntöisesti jyrinnästä, porauksesta ja tasopintojen koneistuksesta. Ylähuulen koneistukseen kuluu aikaa noin 100 tuntia, joka tarkoittaa käytännössä noin viikon töitä kolmessa vuorossa. Ylähuulen koneistus tapahtuu 2-taittoisella kulmapäällä ja konemiehien arvioiden mukaan koneella yli 90%:a kulmapääajasta tehdään 2-taittoisilla kulmapäillä. 1-taittoisella kulmapäällä porataan emolaatikoiden pääty reiät ja kulmapää soveltuu ahtaisiin paikkoihin tehtäviin koneistuksiin. Emolaatikoita valmistetaan kysynnästä riippuen keskimäärin 5-6 kappaletta vuodessa. 1-taittoiselle kulmapäälle löytyy korvaava kapasiteetti vieressä olevalta vastaavalta Skoda aarporalta, joissa kulmapäät ovat keskenään yhteensopivia. Vastaavia vuoden 1971 Skodia on Valmet Rautpohjassa kolme kappaletta, joista LP-18 on modernisoitu numeerisen ohjauksen koneeksi.

Vanha 2-taittoinen kulmapää pitää lämmittää ennen koneistuksen aloitusta käytön aikaisesta lämpenemisestä johtuen. Käytännössä tämä tarkoittaa kulmapään pyörittämistä ilman kuormaa, jotta kulmapään öljyt ja rakenteet lämpenevät. Lämpäläajenemisestä johtuen mittatarkkuus muuttuu kulmapään lämmitessä. Vanhan 2-taittoisen kulmapään lämmitykseen kuluva aika on koneistajan mukaan muutama tunti per lämmitys. Ylähuulen tasomaisuuden toleranssi on kaksi millin kymmenesosaa.

Korvaava kapasiteetti ja vaikutus tuotantoon

Uusi 2-taittoinen kulmapää on rasvavoideltu ja se on koneella eniten käytetty kulmapää. Siinä ei ole vastaavaa lämpenemisongelmaa kuin koneen öljyvoidelluilla kulmapäillä. Rasvaus tehdään kahden viikon välein, joka kuuluu konemiesten vastuulle. Uudella 2-taittoisella kulmapäällä voidaan työskentely aloittaa heti, mikä lyhentää kappaleen läpimenoaikaa. Vanha 2-taittoinen öljyvoideltu kulmapää korvaa uuden 2-taittoisen kulmapään vikatilanteessa, mutta vanha ei ole niin tarkka ja huollon tarve siinä on suurempi. Vanhassa kulmapäessä on paljon välyksiä, joka aiheuttaa teräpalojen kulumista. Tästä johtuen teräpaloja joudutaan vaihtamaan tiheämmin kuin uudella, joka puolestaan johtaa pidentyneeseen kappaleen läpimenoaikaan. Lisäksi vanha 2-taittoinen kulmapää tiputtaa öljyä pöydälle käytön aikana ja haastatteluissa selvisi, että öljyn lisäyksen ajankohta määräytyy öljyn pöydälle tippumisen lakattua. Vanha 2-taittoinen kulmapää seisoo remontin jäljiltä, jossa siihen vaihdettiin hammaspyörät ja laakerit. Kyseinen kulmapää vaatii geometrian tarkastuksen ennen koneistuksen aloitusta.

Uudesta 2-taittoisesta IFVW3B-M/50 kulmapäestä tekee kriittisen sen jatkuva käyttö ja hyvä suorituskyky verrattuna koneen muihin päihin. Lisäksi varaosatuon loppuminen tekee kulmapäestä kriittisen.

7.2.2 CNC-Porakone (DC-5)

Yleistä

Kone on vuodelta 1987 ja sen on valmistanut Valmet Oy Linnavuoren tehdas. Koneen nimikkotuote on kulmahyllyn laimennuselementtien koneistus. Työt koostuvat laimennuselementtien pinnan rouhinnasta ja päätyreikien porauksista.

Laimennuselementtejä tehdään muutamalla eri variaatiolla. Laimennuselementeistä on pienempi toinen koneistusajaltaan 190 tuntia ja toinen 1-levyinen koneistusajaltaan yli 300 tunnin mittainen. Työstöön käytetään samaa 1-taittoista kulmapäätä suhteessa saman verran. Kulmapää soveltuu konemiehen mukaan parin millimetrin lastun ajoon. Rouhiessa liikaa, antaa kulmapää periksi.

Korvaava kapasiteetti ja vaikutus tuotantoon

Konemies kommentoi, että koneella ajetaan karalta turvan kautta huomattavasti enemmän kuin kulmapäillä, mutta nimikkotuotteen valmistus ei onnistu ilman kulmapäätä. Koneella tehtävän 1-levyisen laimennuselementin koneistusaika on 300 tuntia, josta konemies arvioi kulmapää ajoa olevan noin 10%. 1-taittoista kulmapäätä käytetään eniten, ja koneella ei ole korvaavaa kapasiteettia 1-taittoiselle kulmapäälle. 1-taittoisen kulmapään vikaantuessa voidaan osa töistä tehdä LP-31:n SELS-4 karan jatkeella.

DC-5:n kulmapäät ovat kiertovoideltuja. Jäähdytysneste on öljypohjaista, ja se tuodaan työkaluun ulkoisesti pois lukien muutama uudempi työkalu, johon saadaan pyörivän liittimen ansiosta jäähdytysneste ajettua terän sisäpuolelta.

Konemies arvioi, että rouhinnat olisi järkevintä tehdä vieressä olevalla lähes tyhjillään olevalla LP-20 Skoda aarporalla. Konemiehen mukaan kyseinen kone soveltuu tähän paremmin kuin itse DC-5 kone, koska kyseessä ei ole rouhintakone vaan CNC-porakone.

1-taittoisesta kulmapäystä tekee kriittisen varaosien saatavuuden loppuminen ja kulmapään käytön tarve nimikkotuotteen valmistukseen. Samalla koneella ei ole korvaavaa kapasiteettia, mutta osastolta sitä löytyy. Kulmapää yllätti kriittisyydellään. Kulmapää on koneen alkuperäistä tuotantoa ja siihen ei voida etukäteen valmistaa varaosia vähäisestä dokumentaatiosta johtuen. Ratkaisuja kyseisen kulmapään kohdalla on tehtävä.

7.2.3 FTP M-ARX horisontaalinen pora- ja jyrskone (LP-31)

Yleistä

Kone edustaa Valmet Rautpohjan tuotantokoneiden uusinta sukupolvea ja kone on vuodelta 2008. Koneessa on kulmapäiden kiertovoitelu ja emulsionesteen syöttö karan läpi mahdollistaa suuremmat kierrosnopeudet ja työkalun tehokkaan jäähdytyksen. Koneella voidaan seurata kulmapäiden käyttötunteja

kulmapääkohtaisesti. Kyseinen F.P.T M-Arx on ainut kone Valmet Rautpohjassa etuja takalevyjen sekä turborunkojen koneistukseen vastaavalla kierrosnopeudella. Konemiesten arvion mukaan koneella ajo on pääsääntöisesti vertikaalista porausta, joka on perälaatikko verstaalla kriittinen työvaihe.

Koneella olevasta TUH-144C/2-taittonen jyrsinpäästä käytetään nimitystä TU-pää, joka on koneella eniten käytetty kulmapää. Konemiesten arvion mukaan TU-päätä käytetään 70-80% kaikista kulmapäiden ajosta. Tarkkojen tuntimäärien selvitys oli ongelma, koska konemiehet eivät niihin päässeet käsiksi. Kulmapää kohtainen käyttötuntiseurannan selvitys vaatii salasanan, joka löytyy kunnossapitäjältä. TU-pää mahdollistaa jatkuvan koneistuksen 3000-4000 rpm kierrosalueella käytettäessä kovametalliteriä. Kulmapäät ovat rajoitettuja kuormitukselle. Käytännössä tämä tarkoittaa, että kulmapäässä on lämpöanturi, joka mittaa kulmapään vaihteistoöljyn lämpötilaa. Öljyn lämpötilan noustessa 47 celsiusasteeseen, pysähtyy kone automaattisesti seuraavassa ohjelmassa. Kiertovoitelulla on TU- ja TAM-päiden kohdalla jäähdyttävä vaikutus.

Korvaava kapasiteetti ja vaikutus tuotantoon

TAM/monitaittonen kulmapää on toiseksi käytetyin kulmapää kyseisellä koneella. TAM-pään työt ovat korvattavissa TU-päällä. TU-pään mennessä tilaan, jolloin sillä työskentely estyy, voidaan TAM-päällä tehdä alentuneella suorituskyvyllä TU-pään työt. TAM-pään maksimi kierrosalue on 1700 rpm ja käytännössä maksimi kuormituksella voidaan koneistaa tunnin verran, jonka jälkeen lämpörele katkaisee tuotannon. Tämä myös tarkoittaa, että kulmapäätä on kuormitettu sen suunniteltuun maksimisietokykyyn. Jatkuva kulmapään täysi kuormittaminen lisää huollon tarvetta. TU-pään töitä korvatta TAM-päällä ei voida nykyisissä toimintaolosuhteissa työskennellä jatkuvasti ja kappaleen läpimenoaika pidentyy.

Kyseisen koneen työjohtaja kommentoi, että jos joudutaan kallistumaan alihankinnan puolelle, on se ohuen narun varassa. Käytännössä TU-pään töille on yksi alihankkija. LP-31 pyörii vuoden 2018 loppuun neljässä vuorossa myös viikonloppuisin.

Haastatteluissa kävi ilmi, että turborungon koneistukseen joudutaan käyttämään TU-päätä jatkuvalla kuormalla muutaman tunnin ajan kierrosten ollessa 3500 rpm. Laitteen valmistaja on määrittänyt TU-päälle jatkuvan käytön kierrosten ollessa 3000rpm. Kierrosten ollessa 4000rpm voidaan koneistaa kuusi minuuttia täydellä kuormalla, jonka jälkeen pidetään neljän minuutin kuormaton tauko. Erityisesti TAM-pään kohdalla on tullut kulmapään lämpenemisen hälytyksiä. Hälytysrajalle jatkuva ajo tarkoittaa, että kulmapään kuormitus on maksimissaan.

Turborungon lamelliuraa ajaessa ajetaan useita työvuoroja putkeen katkotta, joka vaatii kulmapään katkottoman toiminnan. Kyseiseen työtehtävään samalla suorituskyvyllä ei ole Valmet Rautpohjassa muuta kapasiteettia, kuin kyseinen tuotantokone ja TU-pää.

Koneella oleva TTWM-kulmapää, josta käytetään nimitystä NC-pää, on 5-akselinen jyrsinpää. Nykyisissä olosuhteissa 5-akselista työstöä ei juuri koneella tarvita. Sitä ei ole suunniteltu raskaaseen koneistukseen. Konemiehen haastattelun mukaan NC-pää on huteran peli, joka ei ole tähän käyttötarkoitukseen suunniteltu. NC-pään kierrosnopeus riittää, mutta se särkee pora- ja kierretapit. NC-pää on tullut taloon myöhemmin ja on sille käyttötunteja kertynyt noin 100 tuntia konemiehen arvion mukaan. Haastattelussa nousi esiin, että NC-pään fyysinen suuri koko on työtä rajoittava tekijä.

SELS-4 karan jatke soveltuu kulmahyllyn laimennuselementtien poteroideen ajoon ja poraukseen. Nykyään kyseisiä töitä tehdään harvoin. Vastaavia töitä tehdään DC-5 tuotantokoneella. Käytännössä, jos DC-5:n ainut 1-taittoinen kulmapää vikaantuu, voidaan SELS-4 karan jatketta pitää korvaavana kapasiteettina.

TU-pää on kyseisen jyrsinkoneen kriittisin kulmapää, eikä korvaavaa kapasiteettia vastaavalla suorituskyvyllä löydy Valmet Rautpohjasta. Lisäksi kyseinen pää on koko tuotantoprosessille tärkeä, joten ratkaisuja TU-pään kohdalla täytyy tehdä.

Huolto

Maintpartnerilla on kokemusta F.P.T:n kulmapäiden koordinaatiston parametroinnista ja pienten mekaanisten kääntöjen tekemisestä. F.P.T:n tapauksessa

muut päät parametroidaan ykköspään mukaan, joka on tässä tapauksessa TU-pää. TU-päälle annetaan koordinaatit, jonka mukaan muut kulmapäät säädetään saman koordinaatiston löytämiseksi. Tällöinen parametointi joudutaan tekemään kaikille päille aina TU-pään suuremman huollon yhteydessä. F.T.P:n kulmapäille on tehty joitain mekaanisia kääntöjä oman kunnossapitohenkilökunnan toimesta. Koneen laitevalmistajan kanssa voidaan avata etäyhteys, jossa laitevalmistaja voi valvoa koneen toimintaa etänä verkkoyhteyden avulla.

Kulmapäässä saa olla mekaanisesti kaksi tai kolme sadasosamillia vinoutta. Valmet Rautpohjassa on yksi geometrian mittauksiin erikoistunut henkilö, joka tekee näitä mittauksia. Yhden sadasosamillin tarkkuuksiset ja maksimissaan 60mm syvät reiät ovat tarkimpia koneella tehtäviä porauksia. Konemiehen mukaan kulmapään mekaaninen vinous ei ole ollut kyseisellä koneella suuri ongelma.

TAM ja SELS-4 kulmapäille on tehty ohjelma ja työkalu kinematiikan tarkastusta varten. Ohjelman avulla voidaan määrittää 0-piste. Tarkistus olisi konemiehen mukaan hyvä tehdä vähintään pari kertaa vuodessa, sekä jokaisen remontin jälkeen. Laitevalmistaja ei saanut kinematiikan säätöjä kohdalleen, vaan jouduttiin palkkaamaan kotimainen kulmapäihin erikoistunut yritys ajamaan asia. TU päälle pitäisi luoda vastaavanlainen työkalu. Suunnitteilla on poranterän rikkoontumisen ennakoinnin ohjelma, joka perustuu porauksen kuormituksen testaukseen.

7.2.4 Toshiba BSF-180A NC-työstökeskus (HMC-3)

Yleistä

Toshiba on vuodelta 1987, mutta on kokenut modernisaation vuonna 2015 Konecranesin toimesta. HMC-3:lla on jatkuvassa käytössä pitkä pystypää, 2-taittoinen kulmapää ja karan turpalevy. Jälkimmäinen ei ole tutkimuksessa tarkasteltava kohde, koska kyseessä ei ole kulmapää, vaan suoraan karalta ajettaessa karan päähän kiinnitettävä levy.

HMC-3:n nimikotuote on alarunko, jota valmistetaan kartonki- ja hienopaperikoneisiin vuosittain yli 20 kappaletta kysynnästä riippuen. Alarungon yläpintojen koneistus tapahtuu pitkällä pystypäällä. NC-päällä koneistetaan alarungon vinopinnat ja kärjen alapuoli sekä porataan vinoreiät. 2-taittoisella kulmapäällä voidaan tehdä vastaavat hommat kuin NC-päällä, mutta töiden teko 2-taittoisella on työläämpää sen manuaalisesta kääntämisestä johtuen.

Vuoden 1987 molemmat pystypäät sekä 2-taittoinen kulmapää soveltuvat otsapintojen ja urien työstöön sekä poraukseen. Laittevalmistajan mukaan jatkuvaan käyttöön kulmapäät soveltuvat kierrosalueella 0-300 rpm. 301-500 rpm kulmapäät soveltuvat 30 minuutin mittaiseen koneistukseen. Kierrosalueella 800 rpm kulmapäät soveltuvat 10 minuutin ajan ja 1000 rpm yhden minuutin ajan.

Korvaava kapasiteetti ja vaikutus tuotantoon

Lyhyen ja pitkän pystypään ainut ero on fyysinen koko, jossa lyhyt pystypää ei ulotu niin pitkälle kuin pitkä pystypää. Pystypäällä tehdään porauksia, kappaleiden jyrshintää ja koneistetaan tasopintoja. HMC-3:lla suhteessa toisiinsa nähden käytetään eniten pitkää pystypäätä. Perälaatikon alarunkoja jyrshintää pitkällä pystypäällä sen hyvän ulottuvuuden takia. Tällöin keskimääräinen koneistusaika pitkällä pystypäällä alarungon tekemiseen on noin 100 tuntia valmistettavasta kappaleesta riippuen. Pitkän pystypään vikaantuessa kriittisesti, joudutaan sen työt korvaamaan lyhyellä pystypäällä, joka aiheuttaa kappaleen siirron ohjelman aikana ja joudutaan tekemään ylimääräinen asetus lyhyelle pystypäälle. Tällöin perälaatikon valmistukseen kuluva aika kasvaa konemiehen mukaan noin 10%:lla. Jossain tilanteissa koneistettava kappale on niin iso, että joudutaan koneistamaan niin läheltä karaa, että pitkän pystypään ulottuvuus ei siihen riitä. Näissä tilanteissa käytetään lyhyttä pystypäätä.

Hieman erikoisempien hienopaperikoneen Off-perien alahuulten pinnan hienokoneistukseen käytetään 2-taittoista kulmapäätä, koska se tuottaa vaadittua pinnanlaatua, on tukeva ja pitää sille asetetun kulman säädön paikallaan. Kyseiseen työtehtävään ei ole samalla koneella korvaavaa kapasiteettia. Off-periä valmistetaan yhdestä kahteen kappaletta vuodessa.

NC-päällä koneistetaan kartonkikoneen suurien vesikalusteiden listan tiloja. Vesikalusteiden menekki on yhdestä kahteen kappaletta vuodessa. Viiraan menevien vesikalusteiden yhtäjaksoinen koneistusaika on 150 tunnin luokkaa. NC-pää soveltuu kyseiseen tehtävään sen kulman käännön ominaisuuden takia. Vesikalusteita tehdään myös LP-18:sta ja LP-31:llä voimassa olevan kuormitustilanteen puitteissa.

NC-päässä on kulumaa hammaspyörissä eli välystä ja se soveltuu nykyisellään vain pienen lastun ajoon ja poraukseen. Kyseinen kulmapää pitäisi huoltaa välyksettömäksi, jotta se palautuisi alkuperäiseen kuntoonsa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että NC-päähän jouduttaisiin uusimaan vetorattaat. Vaakakupissa tässä on, että kuinka tarpeelliseksi NC-pää koetaan tuotannolle. Konemies arvioi, että nykyisellään NC-päällä tehtävät työt ovat sen luontoisia, että ne voidaan korvata 2-taittoisella kulmapäällä. 2-taittoisen kulmapään vikaantuessa voidaan työt korvata osittain NC-päällä. On huomioitava, että NC- ja 2-taittoisessa päässä on ulottuvuus ero. NC-pää on fyysisesti 200mm lyhyempi kuin 2-taittoinen kulmapää, sekä 2-taittoinen soveltuu paremmin pintojen viimeistelyyn. Lisäksi NC-päällä voidaan koneistaa viiden akselin suunnassa.

Erityisesti pystypäissä on lämpenemisen kanssa ongelmia. Kulmapäissä ei ole kiertovoitelua, joten kulmapäätä kuormittaessa öljy pääsee lämpenemään. Tämä aiheuttaa muutoksia mittatarkkuudessa lämpölaajenemisesta johtuen. Pystypäätä käyttöönottaessa joudutaan suorittamaan esilämmitys, eli käytännössä voi kulua yksi vuoro pelkkään kulmapään lämpimäksi ajoon. Usein pää jätetään pyörimään taukojen ja ruokailun ajaksi, jotta ongelmilta vältyttäisiin. Konemiehen mukaan nämä ovat vanhan koneen ominaisuuksia. Konemiehet tarkastavat öljymäärän kulmapään tarkastus silmästä kulmapään käyttöönoton yhteydessä, sekä öljyä lisätään tarvittaessa.

Varaosaselvitys laitevalmistajalta ei saapunut tutkimuksen määräaikaan mennessä, joten varaosien suhteen jouduttiin tekemään oletus laitevalmistajan edustajan kanssa käytyjen sähköpostikeskusteluiden perusteella.

7.2.5 Skoda HWC 2-180NC Aarpora (LP-30)

Yleistä

Kone on vuodelta 2008 ja kyseessä on yksi talon uusimmista horisontaalisista poraus ja jyrsinkoneista. 2-taittoisella IFVW 207 kulmapäälle numero 9 on kertynyt käyttötunteja kymmenessä vuodessa enemmän kuin toiselle vastaavalle 2-taittoiselle kulmapäälle numero 19. Alkuperäinen suunnitelma oli käyttää kulmapäätä numero 9 rouhinpäänä ja kulmapäätä numero 19 tarkkuutta vaativissa töissä. Numeroinnit tulevat koneen ohjelman käyttämisestä numeroinneista.

Konemies on sitä mieltä, että suurempaa turvallisuusriskiä ei kulmapäiden kanssa ole, mutta vikaantumisesta voi aiheutua ennemmin materiaalitappioita. IFVW 207 kulmapäälle on pyydetty varaosalista, josta ilmenee kulmapään kriittiset varaosat. Varaosahankintoja ei ole tehty.

Käytön arvio

Kone seuraa kokonaistuntimäärää, mutta kulmapäakohtaista käyttötuntiseurantaa ei koneella ole. Seuraava käyttötuntimäärä perustuu täysin arvioon. Ohjelmoijien kanssa arvioitiin, että 15000:sta koneen kokonaiskäyttötunnista olisi kulmapäälajoa noin 25%:a, joka tekee noin 3750 tuntia yhteensä kaikille koneen kulmapäille. Laskennassa käytettiin apuna NC-ajon parametrejä, johon vain ohjelmoija pääsee käsiksi. Ohjelmoija kommentoi, että ei ole täyttä varmuutta etteikö laskurit olisivat nollaantuneet joskus koneen elinkaaren aikana. Koneella 1-taittoiset kulmapäät ovat huomattavasti vähemmällä käytöllä ja soveltuvat pienemmän lastun ajoon ja ulottuvuutta vaativiin kohteisiin.

Konemiesten haastattelun perusteella 2-taittoiset kulmapäät ovat jatkuvassa käytössä ja niitä käytetään nykyään vuorotellen samassa käyttötarkoituksessa. Kulmapäähän voi tulla välystä esimerkiksi kulumisen ansioista tai kolaroidessa ja joudutaan sitä oikomaan ja kiristämään. Korjauksen jälkeen kulmapään laippojen liitospinnat sokitetaan, eli lukitaan paikoilleen. Sokituksen ansiosta kulmapäältä tulee tukevampi, eikä se anna periksi laippojen liitoskohdista.

Kulmapää numero 9 on toiminut kevyemmässä koneistuksessa ja kulmapää numero 19 on toiminut rouhinpäänä. Rouhinpäättä on kokonaisajallisesti ajettu vähemmän,

mutta sitä on jouduttu säätämään ja korjaamaan enemmän suhteessa toiseen päähän. Vanhan Skodan (LP-18) alkuperäiset kulmapäät ovat rakenteeltaan mutteri kiristeisiä ja uuden Skodan (LP-30) kulmapäät ovat priikka kiristeisiä.

Huolto

Nykyään 2-taittoisten kulmapäiden kanssa on vällys ongelmia. Koneistaja arvioi ongelmien johtuvan paljosta käytöstä ja kulumisesta. Kulmapäissä on hammasvälyksiä.

Koneen 2-taittoiset kulmapäät ovat sähköisesti säädettäviä, jotka ovat Valmet Rautpohjassa ainoita laatuaan. Kulmapäät kohdistetaan sähköisellä säädöllä, jotta karalta tuleva liike ja kulmapään hampaat saadaan kohdilleen. Konemies kertoi, että taannoin oli tilanne, jossa kulmapään numero 9 hampaat eivät osuneet kohdalleen ja kesken rouhinnan hammastus putosi paikaltaan. Tästä johtuen teräpalat haukkasivat työstettävästä kappaleesta yhtäkkiä 3-4 mm:n suuruisen lastun. Edellä mainittu ongelmatilanne johtui nimenomaan kasvaneesta mekaanisesta välyksestä. Kunnossapidon palvelun toimittaja on tehnyt kyseiset säädöt muutamaan otteeseen, joten oppimisprosessi on edistynyt.

Kunnossapidon palvelun toimittaja on tehnyt kulmapäihin sokitukset itse. Kulmapäät ovat hankittu Valmet Rautpohjaan raskasta koneistusta varten ja kunnossapitajat ihmettelivät miksi sokituksia ei ollut tehty jo tehtaalla. Oma kunnossapito kommentoi, että sokituksen tekoon tarkoitetut työkalut voitaisiin käydä läpi ja tarvittaessa korjata puutteet. Asentajia haastatellessa nousi esiin, että kymmenen vuotta sitten investoidessa uusiin koneisiin oli kulmapäiden korjaukset suunniteltu tehtäväksi laitevalmistajilla kahden uusimman tuotantokoneen osalta. Korjauksiin tarvittavia räjäytyskuvia ei saatu omalle kunnossapidolle ja tilanne nykyään on sama. Nykyään oma kunnossapito korjaa kulmapäitä ilman kunnollisia räjäytyskuvia.

7.3 Jyrsinpäiden huoltopalveluiden toimittajat

Tutkimuksessa selvitettiin, millaista osaamista jyrsinpäiden huoltoon on saatavilla kotimaasta. Vuosittain järjestettävät Tampereen konepajamesut toimivat tutkimuksen tiedonhankinnan lähteenä ja messuilta saatiin tarvittavat kontaktit. Lisäksi haastateltiin Valmetin kunnossapitohenkilökuntaa.

Maintpartner Oy

Kulmapäitä huoltaa ja korjaa Valmet Rautpohjassa pääsääntöisesti oma kunnossapitohenkilökunta. Haastatteluissa kommentoitiin, että kulmapäiden korjauksien tekemiseen kyetään vastaamaan voimassa oleva tilanne huomioiden ja nykyisten resurssien valossa ihan hyvin. Kulmapäitä ollaa korjattu nyt Valmet Rautpohjassa vuodesta 2014 lähtien, mutta osa nykyisestä huoltohenkilökunnasta on ollut talossa jo kauan tätä ennen kulmapäiden korjauksia tekemässä.

Haastatteluissa selvisi, että oppimisprosessi on lähtenyt liikkeelle. Kulmapäiden korjaustöitä tehdään pareittain, jossa mekaanisen puolen avainhenkilö jakaa tietoa tuoreemmalle sukupolvelle. Selvisi, että jos osaa tehdä parametrointia sekä ohjaus- ja sähkötöitä työstökoneelle, onnistuu se myös kulmapäälle, koska työt ovat luonteeltaan vastaavanlaisia.

Mekaaninen osaaminen on hyvällä tasolla ja spesifien ohjaus- ja sähköpuolen töihin on muutama osaava tekijä. Yksi huomioon otettava asia on osaavan huoltohenkilökunnan ikääntyminen ja saadaanko tieto mekaanisesta osaamisesta jalkautettua uudelle sukupolvelle. Merkittävä etu on, että Maintpartner suorittaa korjaus ja huoltotyöt fyysisesti lähellä tuotantokoneita, joten laitteiden testaus ja säätö onnistuu paikan päällä.

Voimassa olevan varaosatilanteen ja teknisten piirustuksien puutos hankaloittaa kunnossapitohenkilökunnan työskentelyä ja tämän johdosta työssä kestää pidempään. Haastateltava arvioi, että kyetään tekemään töitä siinä missä muutkin tutkimuksessa mukana olevat kotimaiset yritykset. Lisäksi vanhoja tuotantokoneita modernisoidessa niihin jää vanhoja komponentteja, joiden tekninen tuki ja

varaosasaatavuus voi tyrehtyä. Järkevää olisi pysyä laitevalmistajien mukana tekniikan kehittyessä ja pitää palvelusopimukset voimassa.

Edufix Oy

Edufix Oy on teollisuuden tuotantokoneiden kunnossapitoon erikoistunut yritys ja yrityksellä on paljon kokemusta jyrsinpäiden huolto- ja korjaustöistä. Haastattelussa selvisi, että jyrsinpäiden huoltoon ei tunnu löytyvän täysin luotettavaa osaamista ja resursseja muuta kuin laitevalmistajalta. Haastateltava ilmaisi kantansa erittäin selvästi ja suositteli laitevalmistajaa korjauksien ja säätöjen tekemiseen (Honkonen, 2018.)

Kyseisen yhtiön erikoisosaamista on Heidenhainin mitta-, ohjaus- ja servojärjestelmät. Kyseinen yritys on tehnyt ja suunnitellut Valmet Rautpohjan LP-31 FPT M-ARX jyrsinkoneen TAM- ja SELS-4 kulmapäille kinematiikan tarkastuksen ohjelman ja siihen tarvittavan työkalun (Honkonen, 2018.)

Honkonen jatkaa, että laitevalmistaja tuntee parhaiten omat laitteet, osaa tehdä tarvittavat säädöt ja testata toimivuuden koeajopenkissä mittauksineen. Korjausten ajaksi tehtaalta usein lähetetään korvaava jyrsinpää korjaustoimenpiteiden ajaksi. Edellä mainittu toiminta edellyttää voimassa olevia palvelusopimuksia (Honkonen, 2018.)

Machinery Oy

Machinery on kotimainen työstökoneiden toimittaja, jonka palveluihin kuuluu myös koneiden asennus-, ylläpito- ja huoltopalvelut. Machinery toimittaa muun muassa Juaristin, Laguunin ja Zeyerin tuotantokoneita ja on ennen toimittanut Skoda Machine Tool ja TOS tuotantokoneita (Machinery, n.d.)

Yrityksellä on pitkä historia jyrsinpäiden huollossa ja Machinery:llä on oma yksikkö Tampereella jyrsinpäiden korjaukseen ja löytyy laitteet jyrsinpäiden toiminnan testaukseen. Yritys markkinoi itseään joustavana ja tarvittaessa hyvinkin nopeasti asiakasta palvelevana yrityksenä. Oma jyrsinpäähuolto on yrityksen valttikortti.

Machineryltä laitteita hankkiessa asiakas saa osaavan palvelun, varaosat ja korjausten ajaksi voidaan vuokrata varapää korjausten ajaksi (Mika Koivisto tuntee jyrsinpäät, n.d.)

Machinery on tehnyt korjauksia SkodaMT:n ja F.P.T Industrien jyrsinpäille ennakoivasti ja komponentin vaihtoja on tehty suurempien korjauksien yhteydessä. Yritys on kiinnostunut Valmet Rautpohjan jyrsinpäiden huollosta ja Machinerylle voidaan lähettää tiedot halutuista jyrsinpäistä teknisten dokumenttien muodossa palvelun tarpeen kartoittamista ja suunnittelua varten. Varaosalistojen ja teknisten dokumenttien puutos voi olla epäedullinen tekijä kartoituksessa (Silvala, 2018.)

Jyrsinpäiden ennakkohuoltoa ei ole järkevää toteuttaa niin kuin esimerkiksi autoa huolletaan 10 000 kilometrin välein. Jyrsinpään huoltoväliin vaikuttaa oleellisesti käyttötuntien lisäksi myös kuormitus. Yrityksen edustaja arvioi jyrsinpäiden korjauksen olevan jyrsinpästä riippumatta samanlaista työtä, jossa hammaskosketuksen säätö on yksi tärkeimmistä vaiheista. Yritys suorittaa korjauksia uudempiin ja korkeanopeuksiin jyrsinpäihin, jossa säätöjen tekeminen on tarkempaa. Vanhempien jyrsinpäiden hammaskosketuksen säätö on hieman yksinkertaisempaa (Silvala, 2018.)

Vastaamatta jättäneet yritykset

MTC Flextek Oy ja Konecranes Oyj yrityksiltä ei saatu vastausta uusintakyselyistä huolimatta, joka viestii haluttomuudesta toimia jyrsinpäiden huoltajana Valmet Rautpohjassa.

8 Kunnossapidon strateginen muutos

8.1 Jyrsinpäiden kunnossapitosuunnitelma

Nykyinen jyrsinpäiden kunnossapidon strategia ei tue käyttövarmuuden parantamista sen suunnitelmallisuuden puutteen johdosta. Tutkimuksessa ilmi tulleiden asioiden johdosta päätettiin luoda uusi kunnossapidon strategia sekä kehittää kunnossapitosuunnitelmaa, jotta vikaantumisen saataisiin hallintaan. Uuden kunnossapitosuunnitelman tarkoituksena on siirtyä nykyisestä korjaavasta kunnossapidosta kohti ennakoivaa kunnossapitoa. Kriittisyysanalyysin avulla voidaan kohdentaa suunnittelutoimet tärkeisiin kohteisiin.

8.1.1 Öljynvaihdon vastuunjako

Oikean huoltovälin löytäminen

Nykyään tilanne on, että ei tiedetä oikeaa öljynvaihtoväliä. Oikean huoltovälin löytämiseksi on syytä suorittaa kuuden kuukauden tarkastelujakso, jossa seurataan, että miten usein öljyä tai rasvaa joudutaan vaihtamaan. Tarkastelujaksolla kulmapäiden tulisi olla jatkuvassa käytössä, jotta saadaan käsitys siitä, mihin kuntoon öljyt oikeasti menevät. Systemaattisesti öljyanalyysejä ottamalla voidaan määrittää öljyn kunto ja tehdä päätelmiä huollon oikeasta ajankohdasta. Tarkastelujakso vaatii kunnossapitohenkilökunnan ja koneenkäyttäjien yhteistyötä toiminnan läpinäkyvyyden takaamiseksi.

Edellä mainittu kuuden kuukauden tarkastelujakso tulee suorittaa vähintäänkin tuotantokoneiden LP-31, HMC-3 ja LP-18 kriittisyysanalyysin mukaan jatkuvassa- sekä viikottain käytössä oleville kulmapäille. Järkevää olisi suorittaa kyseinen tarkastelujakso kuitenkin kyseisten koneiden kaikille kulmapäille, jotta myös harvemmin käytössä olevien kulmapäiden huoltovälit saadaan selville. Nykyään ei ole minkäänlaista seuranta harvemmin käytössä olevien kulmapäiden tarkistuksille tai öljynvaihdolle. Kulmapäitä ei ole konekohtaisesti niin paljoa, etteikö tarkastelujakso olisi mahdollista toteuttaa.

Tutkimuksessa selvisi, että osa toimeksiantajan kulmapäistä on käytössä kuuden kuukauden välein tai harvemmin. Kyseisten tapausten kohdalla sovelletaan

tarkastusta käyttöönoton yhteydessä, jotta varmistutaan riittävästä voitelun määrästä. Lisäksi määräajoin suoritettavalla toiminnan testauksella varmennetaan harvoin käytössä olevan jyrsinpään oikea toimiminen.

Tutkimuksessa selvisi, että osa koneenkäyttäjistä tekee kulmapään öljynvaihdon itse ja osa tekee häiriöilmoituksen asiasta. Toiminnan yhtenäistämiseksi on rajattava selkeästi koneenkäyttäjien ja kunnossapitäjän vastualueet. On kaksi toimintamallia:

Kunnossapitohenkilökuntavetoinen öljynvaihto

Kunnossapitäjän suorittaessa öljynvaihdot, on kulmapäille tehtävä oma huoltokierto. Edellä mainittu toiminta edellyttää liitteessä 1 olevien kulmapäiden tunnuksien avaamista kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmään ja kulmapäiden merkkausta laitekyltein. Tunnuksien avaamisen yhteydessä voidaan kulmapäälle luoda huolto-ohjeet ja määrittää tapauskohtaisesti huoltovälit. Edellä mainittu toiminta koskee vain jyrsinpäitä. Viikkohuollot ovat edelleen koneenkäyttäjien vastuulla.

Koneenkäyttäjä on toiminnassa keskeisessä roolissa, koska huollon impulssi tässä toimintamallissa lähtee koneenkäyttäjistä. Koneenkäyttäjän on kyettävä seuraamaan käyttötunteja, jotta voidaan tilata huolto oikea-aikaisesti. Seurannassa voidaan soveltaa tarkastelujakson avulla määritettyä kalenteriaikaan sidottua väliä, jossa kuormituksen on pysyttävä suhteellisen vakiona. Toinen seurannan vaihtoehto on hyödyntää kulmapäakohtaista käyttötuntiseurantaa. Kyseinen seuranta löytyy jo F.P.T M-ARX (LP-31) jyrsinkoneelta.

On selvittävää, voidaanko kulmapää kohtainen käyttöaikaseuranta rakentaa muille tärkeiksi koetuille kulmapäille. Esimerkiksi kulmapään käyttöönoton yhteydessä laskuri tunnistaisi, mikä kulmapää on käytössä ja laskee sen kokonaistunnit. Koneenkäyttäjän tulee pitää päiväkirjaa käyttötunneista ja kuormituksesta, koska päiväkirjasta saadaan faktaa siitä, kuinka paljon kulmapäillä ajetaan ja arviointiperusteita oikean huoltovälin määritykseen. Manuaalisen päiväkirjan pito on työlästä, joten olisi eduksi, jos seuranta hyödyntäisi automaatiota.

Kyselyissä Heidenhainin edustaja ei osannut suoraan arvioida, että miten käyttötuntiseuranta on jälkikäteen yleisesti toteutettavissa. Puolestaan mainostettiin

Heidenhainin StateMonitoria, joka on koneen tuottamien tietojen käsittelyyn ja tarkasteluun suunniteltu palvelu. Kyseessä on tuore Heidenhainin palvelu, joka otettiin käyttöön vuoden 2017 loppupuolella. Yrityksen edustaja ei osannut vielä sanoa, että onko jyrsinpääkohtainen seuranta mahdollista rakentaa palvelun yhteyteen. Palvelu toimii koneissa, joista löytyy Heidenhainin ohjaus (Parovuori, 2018.)

Jyrsinpäiden käyttötuntiseurannan tekniseen toteuttamiseen ei saatu tutkimuksessa suoraa vastausta, mutta oletusarvoisesti se on toteutettavissa kohteille, joissa ei sitä vielä käytössä ole. Väittämä perustuu oman huoltohenkilökunnan tekemään arvioon.

Koneenkäyttäjävetoinen öljynvaihto

Toinen vaihtoehto on hyödyntää jo nykyään voimassa olevaa käyttäjakeskeisen kunnossapidon strategiaa tehokkaammin ja jyvittää jyrsinpäiden öljynvaihto koneenkäyttäjille. Tässä toimintamallissa edelleen vaativimmat korjaukset ja säädöt pidetään kunnossapitohenkilökunnan vastuulla. Koneenkäyttäjä vetoinen toimintamalli edellyttää vastaavaa kunnossapitäjän suorittamaa tarkastelujaksoa, jotta voidaan määrittää oikeat öljynvaihtovälit. Tarkastelujakson aikana voidaan kouluttaa tarvittaessa koneenkäyttäjiä oikeaan öljynvaihtotekniikkaan jne.

Huolto-ohjeiden päivitys riittävälle tarkkuudelle on välttämätöntä kulmapäiden toimimisen varmistamiseksi. Tämä edellyttää selkeää ohjeistusta täyttötekniikasta, öljymäärästä ja öljyلاadusta. Edellä mainitut ohjeet löytyvät laitteiden huoltokirjoista.

Samalla on syytä kunnostautua viikkohuoltojen merkkauksessa ja toiminnan toteutumisen seurannassa. Viikkohuollon merkkaukseen järjestelmään on merkki työnjohdolle, että huoltotoimenpiteet on suoritettu suunnitelman mukaan. Palkitsemisjärjestelmän käyttöönottoa osastolla on syytä harkita, koska se toimii motivaattorina huoltojen tekemiseen ja merkkaamiseen.

8.1.2 Yleistä huoltostrategiasta

Viikkotarkastukset ja raportointi

Käyttäjän on huomioitava, että viikkotarkastuksen yhteydessä usein tarkastetaan vain käytössä oleva kulmapää johtuen kulmapäiden sijoituksesta kulmapäähylyyn. Vaarana on, että viikkotarkastuksessa käytössä oleva kulmapää jää ainoaksi tarkastettavaksi kulmapääksi. Öljymäärän tarkastus tulee tehdä aina kulmapään käyttöönoton yhteydessä. Jatkuva kulmapäiden aistienvarainen kunnonvalvonta ja havainnoiminen on mahdollista vain koneenkäyttäjälle. Osalla koneista tässä ei tulisi suuria muutoksia, koska kyseinen toimintamalli on jo käytössä. Kyseessä olisi suunniteltu toiminnan yhtenäistäminen ja ohjeistuksen luominen.

Viikkotarkastuksen ohjeistukseen on lisättävä päivittäishuoltomateriaalien tarkastus, jotta öljyt sekä muut huoltotarvikkeet ovat asianmukaisessa kunnossa ja saatavilla silloin kun niitä oikeasti tarvitaan. Myös päivittäishuoltomateriaalien säilyttämisen paikat ovat merkattava selkeästi. Toiminnan seurannassa voidaan hyödyntää pistokokeena 60 sekunnin sääntöä, eli huoltotarvikkeen on löydyttävä kyseisen aikamääreen sisällä.

Vetokiilojen kuntoa on ruettava tarkkailemaan, koska ne kuluvat käytön aikana. Kuluneet vetokiilat voivat aiheuttaa epätarkkuutta mittaustuloksissa, joka vaikuttaa laatuun. Lisäksi ne aiheuttavat ylimääräistä värähtelyä, joka särkee karan ja laakerit toiminnan jatkuessa pitkään. Karakartion kuntoa on myös syytä tarkastaa säännöllisin väliajoin. Edellä mainitut kohteet tulee lisätä tarkastettaviksi kohteiksi.

Kulmapäiden vikailmoitukset raportoidaan suoraan koneen alle. Konemiehille on tehtävä yksinkertainen ohje raportointiin, josta ilmenee kirjainyhdistelmä tai tunnus, jota käytetään kustakin kulmapäästä vikailmoitusta tehdessä. Näin vikahistorian tutkiminen jälkikäteen on huomattavasti helpompaa. Tunnuksien käytössä voidaan hyödyntää jo nykyään käytettyjä tunnuksia. Tällä saadaan yhtenäinen linja raportointiin. Samoin kunnossapitäjän raportoidessa töitä työtilauskorttiin, on juurisyyanalyysiin kirjattava komponentti kohtaan kulmapää, jotta kunnon seuraaminen ja vikojen etsiminen jälkikäteen onnistuisi helpommin sekä tieto olisi luotettavampaa.

Jyrsinpäiden nykyinen vikahistoria voidaan joutua käymään läpi jälkikäteen ja kohdentamaan juurisyyanalyysin komponentit oikein vikahistorian yhtenäistämiseksi.

Jyrsinpäiden häiriöilmoituksia ei ole määrällisesti niin paljoa, etteikö kyseisestä työstä voisi suoriutua.

Mittaavan kunnonvalvonnan hyödyntäminen

Osa kulmapäistä on tuotannolle todella kriittisiä ja niiden vikaantuminen aiheuttaa tuotannon vajaakäynnin, koska korvaavaa kapasiteettia löytyy hyvin vähän tai ei ollenkaan. Korvaavasta kapasiteetista ja varaosatilanteesta johtuen on ruettava seuraamaan kohteen kuntoa, jotta vikaantuminen saadaan hallintaan. Seuraavassa on esitetty soveltuvia mittaavan kunnonvalvonnan menetelmiä ja valintaperusteluita.

LP-31:n kulmapäille on tehty värähtelymittaukset laitteen hankinnan yhteydessä, joten vertailevaa tutkimustietoa löytyy kyseisistä kulmapäistä. Vertailevaa tutkimusta voidaan tehdä käyttäen samoja mittauksia ja mittapisteitä. Tässä ongelmana on, että mittaustulokset ovat tehty ilman kuormaa, joten tuotannon aikana kulmapään vaihteleva kuorma hankaloittaa jatkuvan värähtelytason valvontaa. Käytännössä vertailukelpoisten tulosten saavuttamiseksi tulisi säännöllisin välein pyörittää kulmapäätä ilman kuormaa mittausten ajan. Kyseisillä mittauksilla voidaan päästä käsiksi alkaviin laakeriongelmiin. Mittausten tekemiseen voidaan aluksi hyödyntää Valmet Rautpohjan kunnonvalvonnan mittauksiin erikoistunutta henkilökuntaa. On arvioitava, kuinka tärkeäksi värähtelytasojen valvominen koetaan, koska tämä on aina pois tuotantoajasta.

Kulmapäiden liika lämpeneminen johtaa voitelun heikentymiseen. Jatkuva öljyn lämpötilan mittaus ilmoittaa siitä, milloin työskentelyn jatkaminen voi aiheuttaa vahinkoa kulmapäälle. Yleensä lämpötilan noustessa äkisti on joko kulmapäätä kuormitettu liikaa, tai vikaantuminen on edennyt P-F käyrällä pitkälle ja vaurio on jo tapahtunut. Vian paikantamiseen aikaisessa vaiheessa kyseinen mittari soveltuu heikosti.

Öljyä analysoimalla voidaan havaita öljyn sekaan kertyneet hiukkaset ja sitä kautta päästä käsiksi alkaviin vikoihin. Kulumametallianalyysillä voidaan arvioida hiukkasten määrää ja kokoa, joka voi olla peräisin esimerkiksi hammaspyöristä tai laakereista. Varjopuolena tässä mittausten menetelmässä on öljyn suhteellisen tiheä vaihtuvuus.

Öljyanalyysillä havaittujen poikkeamien yhteydessä voidaan suorittaa kulmapään kuntokartoitus.

Käyttämällä esimerkiksi värähtelyn kokonaistasojen mittausta ja öljyn kulumametallianalyysiä toisiaan täydentävinä menetelminä, voidaan vikaantuminen havaita aikaisessa vaiheessa. Säännöllisesti suoritettu kulmapään värähtelymittaus on paras vaihtoehto vikaantumisen ennakointiin.

Systemaattisella kulmapäiden kunnan seuraamisella saadaan faktaa siitä, että missä kunnossa kulmapäät ovat. Kunnanvalvonnan tarkoituksena on havaita vika, arvioida sen vakavuus ja mahdollinen korjausajankohta. Ongelma on, kun kulmapäiden kuntoa ei ole seurattu systemaattisesti ja vikaantumista on vaikea ennustaa. Seurannassa on hyödynnettävä koneenkäyttäjiä jatkuvan seurannan takaamiseksi. Kulmapäiden käyttövarmuuden varmistamiseksi on aloitettava kunnanvalvonta kelpuutetulla menetelmällä ja kohdennetaan se kriittisiin kulmapäihin. Vähemmän kriittisten ja harvoin käytössä olevien kulmapäiden kohdalla on arvioitava, voidaanko vikaantuminen sallia ja valita strategiaksi Run To Failure.

Tämän lisäksi toimitaan kunnossapitosuunnitelman mukaan, eli vaihdetaan öljyjä suunnitelman mukaan ja käyttötuntien täytyttyä suoritetaan jaksottainen korjaus tai ennakoivien toimenpiteiden valintaprosessin (kuvio 7) mukaan jaksottainen uusiminen.

Varaosien kanssa toimiminen

Nykyinen varaosatilanne ja tuotannolle oikein kriittisen kulmapään vikatilanne voi aiheuttaa usean kuukauden tuotannon vajaakäynnin tai alihankintaan tukeutumisen. Varaosien hankinnan suunnittelussa on käytettävä valintaperusteena kulmapään kriittisyyttä tuotannolle. Ei ole järkevää hankkia tai sopia laitevalmistajan kaikkien kulmapäiden varaosista.

Varaosat ovat osa laitevalmistajien tuotantostrategiaa. Teknisten dokumenttien ja räjäytyskuvien niukkuus sekä varaosalistojen puutos lähes kaikkien tutkimuksen tapausten kohdalla viestii laitevalmistajien strategiasta pitää huolto ja korjaukset oman liiketoiminnan piirissä.

Seuraavissa varaosien kanssa toimimisen toimintamalleissa tarkastellaan tilannetta käyttövarmuuden parantamisen näkökulmasta. Kustannuspuoli on asia erikseen. Varaosien kanssa toimimiseen voidaan hyödyntää seuraavia toimintamalleja:

Ensimmäinen on, että hankitaan järkevästi laitevalmistajan tarjoamat varaosat Valmet Rautpohjaan kriittiseksi koetuille kulmapäille. Tällä saadaan parannettua käyttövarmuutta kriittisille kulmapäille ja voidaan välttyä ei toivotuilta pitkiltä tuotannon vajaakäymisiltä. Tässä toimintamallissa on kulmapäiden huoltajalla oltava ammattitaitoa korjausten ja säätöjen tekemiseen. Ihannetila edellä mainitussa toimintamallissa on, että tuotannolle kriittisimmät kulmapäät olisivat kahdennettu, jotta toisen ennakoiva huoltaminen ja mahdollinen korjaaminen onnistuisi toisen käydessä. Kappaleessa 6.6 löytyy jyrsinpäiden varaosatilanne.

Toisena on, että kulmapäät alkavat olemaan suunnitellun elinkaaren päässä ja ennen suurempaa vikaantumista voidaan suorittaa ennakoivasti kulmapäiden kuntokartoitusta. Purkamisen yhteydessä voidaan kuvauttaa kulmapäät ja luoda ohjeet kulmapäiden korjaukseen. Kuntokartoituksen perusteella voidaan suunnitella ja arvioida varaosien tarvetta. Tämän toimintamallin heikkous on varaosien pitkät toimitusajat ja hankitaan vaan kuluneet osat, eikä keskitytä varmistamaan kulmapäiden käyttövarmuutta pitkällä tähtäimellä.

Kolmas toimintamalli on, että tehdään hankintapäätös kriittisistä varaosista, jotka laitevalmistaja valmistaa ja varastoi omaan varastoonsa. Tässä toimintamallissa kulmapää lähetetään laitevalmistajalle korjaukseen. Korjauksen jälkeen kulmapää ja varaosat toimitetaan Valmet Rautpohjaan. Kyseinen toimintamalli on sovellettavissa ainakin SkodaMT:n ja Toshiba (LP-30 ja HMC-3) tapauksissa.

Neljäntenä voidaan hyödyntää huoltopalvelusopimuksia, joka käytännössä tarkoittaa, että kulmapään vikaantuessa lähetään se tehtaalle korjaukseen, jonka ajaksi on mahdollista saada korvaava tuote. Tässä toimintamallissa riittää, että itse varastoidaan vain semmoisia yleisiä varaosia, jota kyetään oman kunnossapidon voimin vaihtamaan. Kyseistä toimintamallia tulee punnita etenkin uusien investointien yhteydessä.

LP-30 rasvavoidellut kulmapäät

LP-30:n kahdennettujen kulmapäiden käytön strategia tulee muuttaa kulmapäiden käytön vuorottelusta toisen kulmapään yhtäjaksoiseen käyttöön, ja tuntien täytyttyä kulmapää huolletaan ennakoivasti. Näin kahdennuksen ominaisuus saadaan parhaiten käyttöön. Tämä edellyttää, että kyetään arvioimaan tuntien täytyminen ja varalla oleva pää on käyttökuntoinen. Varalla olevan kulmapään toimintakunto tulee tarkastaa säännöllisin väliajoin laitevalmistajan määrittämän testiajon avulla, jotta kulmapään toimintavarmuudesta varmistutaan.

LP-30 tarkastelujakson tulokset ovat yhdistettävissä kumpaankin kulmapäähän niiden samanlaisuuden johdosta. Tehtaan määrittämä ennakoivan tarkastuksen väli ei nykyisessä käytössä ja kuormituksessa toteudu kulmapäiden osalta. Tutkimuksen mukaan kulmapäiden yhteenlasketut käyttötunnit eivät ole vielä tulleet täyteen tarkastusta varten, mutta kulmapäissä on jo paljon välystä. Tutkimuksessa ei selvinnyt mitään tarkkaa tuntimäärää, mikä nykyisten käytettyjen kulmapäiden kunnan tarkastuksen välin tulee olla. Ennakoivan tarkistusvälin arvioinnissa on käytettävä kokemusta, huomioitava kulmapäiden ikä ja kuormitus.

Esimerkiksi laitevalmistaja määrittää kyseisille kulmapäille rasvausväliksi 100 tuntia, joka on koneella tiputettu 40 tuntiin kuormituksesta johtuen. Sama pätee ennakoivan tarkistuksen väliä määriteltäessä käytetyn kulmapään osalta. Ennakoivan tarkistusvälin on vastaavasti oltava lyhyempi kuin uudella vastaavalla kulmapäällä on.

Jälkiseuranta

Strategisen muutoksen onnistumista ei työn tuloksista nähdä, koska nämä ovat pitkällä aikavälillä tapahtuvia asioita. Varaosatilanteen muutoksien, mahdollisten jyrsinpäiden kahdennusten sekä suurempien muutoksien jälkeen voidaan kriittisyysanalyysi päivittää uudelleen, josta voidaan huomata toiminnan kehitys erityisesti kriittisten päiden osalta. Pisteiden lasku kuvastaa tässä tapauksessa kehitystä.

Päätuloksien yhdistäminen

Tutkimuksessa ei voitu testata uuden kunnossapitosuunnitelman toimivuutta, mutta järkipärisesti on pääteltävissä, että sillä voidaan parantaa laitteiden käyttö- ja kunnossapitovarmuutta. Systemaattisesti jyrsinpäiden kuntoa seuraamalla, oikean huoltovälin löytäminen ja kunnossapitovarmuuden kehitys varaosiin investoimalla ovat käyttövarmuutta parantavia tekijöitä.

Kaikkien jyrsinpäiden kohdalla ei ole teknisesti eikä taloudellisesti järkevää toimia vastaavanlaisesti, vaan on hyödynnettävä kriittisyysanalyysiä kehitystoimien kohdistamisessa. Kehitystoimet saadaan alulle tekemällä päätökset liittyen jyrsinpäiden kunnossapitoon ja tutkimuksessa oleellisesti esiin tulleista asioista. Päätöksien tekoon on osallistuttava kohteesta riippuen koneenkäyttäjiä, kunnossapitohenkilökuntaa ja työnjohtajia. Tämän tarkoituksena on kirkastaa kunnossapitosuunnitelman muutoksen tarkoitus kaikille osapuolille ja voidaan yhdessä pohtia esiin tulleita kysymyksiä.

Tuotantokoneet ovat erilaisia ja sisältävät eri ominaisuuksia. Nykyisiä ominaisuuksia kuten jyrsinpäiden käyttötuntiseurantaa voitaisiin hyödyntää tehokkaammin huoltovälien määrityksessä LP-31:n kohdalla. Tarkastelujakson perusteella voidaan määrittää huoltovälit, mutta tarkimpaan tulokseen päästään käyttötuntiseurannan ja päiväkirjan yhdistelmällä.

8.2 Tulosten luotettavuus ja jatkokäyttö

Käsitteet validiteetti ja reliabiliteetti ovat tieteellisen tutkimuksen luotettavuuden ja pätevyyden arvioimisen työkaluja. Tulosten reliabiliteetti tarkoittaa mittaustulosten pysyvyyttä, eli jos tutkimus tai mittaus toistetaan, saadaan samat tulokset.

Validiteetilla tarkoitetaan tulosten pätevyyttä ja se kuvastaa, että tutkittiinko tutkimuksessa oikeita asioita. Ulkoinen validiteetti on validiteetin alakäsite, joka kuvaa tutkimustulosten yleistettävyyttä. Ulkoisessa validiteetissa tutkimustulokset voidaan siirtää vastaaviin tilanteisiin, joissa ne pitävät myös paikkansa (Kananen 2012, 172.)

Tutkimuksessa keskityttiin parantamaan kunnossapitosuunnitelmaa ja kehittämään kunnonvalvonnan strategiaa. Kartoitettiin oman huoltohenkilökunnan osaamista sekä ulkoa saatavaa palvelua jyrsinpäiden huoltoon. Lisäksi tutkittiin varaosatilannetta, johon kehitettiin toimintamallit. Edellä mainitut kehityskohteet ovat keskeisiä aihe-alueita käyttövarmuudessa ja niitä voidaan pitää validina tutkimukselle.

Suurin osa tutkimuksen kerätystä aineistosta pohjautuu haastatteluilla ja kyselyillä saatuun tietoon. Haastatteluilla saatu tieto on kokemusperäistä, joka sopi kulmapäiden kunnossapidon nykytilanteen arvioimiseen ja palvelun kartoitukseen hyvin. Useiden eri konemiesten, kokeneen kunnossapitoasentajan ja kunnossapidon johdon haastatteluiden perusteella luotiin yleiskuva kulmapäiden kunnossapidon nykytilasta.

Haastattelut pyrittiin pitämään haastattelun kohderyhmien kanssa samassa linjassa. Koneenkäyttäjille suunniteltiin oma haastattelurunko, joka toistettiin kaikille tutkimukseen osallistuneille yli 10:lle koneenkäyttäjälle. Haastattelutilanteet olivat välillä meluisia ympäröivästä tuotantotoiminnasta johtuen, joten se osaltaan aiheutti pientä epäluotettavuutta haastattelun tulosten tulokinnassa. Kyselyt laitevalmistajille, sekä muille huoltopalveluiden toimittajille pyrittiin pitämään samassa linjassa tulosten vertailukelpoisuuden pitämiseksi. Haastattelut ja kyselyt soveltuivat aineistonkeruuseen, koska tietoa jyrsinpäistä oli melko vähän saatavilla ja aikaisempia tutkimuksia jyrsinpäistä ei löytynyt.

Haastattelut suunnattiin jyrsinpäiden kanssa vaikutuksessa oleville eri kohderyhmille. Työnjohtajien, koneenkäyttäjien, kunnossapitohenkilökunnan sekä ulkopuolisten huoltoyhtiöiden haastattelut loivat kokonaiskuvan jyrsinpäiden huolto-osaamisesta ja haastateltavien monipuolisuus lisäsi tutkimuksen luotettavuutta ja arvoa.

Huoltopalveluiden kartoituksessa voidaan pitää reliaabelina sitä, että kulmapäiden korjaus ja säätö on erikoisosaamista vaativaa työtä. Laitevalmistajalla on paras tieto ja tuntemus valmistamistaan laitteista, varaosista ja on laitteet kulmapään toimimisen testaukseen. Lisäksi huoltosopimus laitevalmistajan kanssa on varmin tapa varmistaa laitteiden käyttövarmuus palvelun laadun ja varaosien osalta.

Tutkimuksessa tehty varaosakysely Toshiba Machine Co:lle ei saapunut tutkimuksen määräaikaan mennessä. Kriittisyysanalyysissä varaosien suhteen jouduttiin tekemään oletus varaosien saatavuudesta. Mikäli varaosia ei saada HMC-3:n jyrsinpäille, on kriittisyysanalyysi päivitettävä kyseisten päiden osalta ja jyrsinpäiden kriittisyys nousee. Kyseisten jyrsinpäiden kriittisyysanalyysin tulokset eivät ole edellä mainitusta syystä luotettavia ja nämä ovat tutkijasta riippumattomia syitä.

Kriittisyysanalyysin tuloksiin vaikuttaa voimassa oleva tuotannon suunnitelma. Tuotannon painopisteiden muuttuessa muuttuu myös kulmapäiden kriittisyys. Mikäli tapahtuu suuria muutoksia tuotannossa, valmistettavissa tuotteissa tai varaosatilanteessa, on kriittisyysanalyysi suoritettava uudelleen.

Tutkimus on konepajaympäristön jyrsinpäiden kunnossapidon strategian ja käyttövarmuuden parantamisen pienoismalli, jonka tuloksia ja johtopäätöksiä voidaan hyödyntää konepajateollisuudessa esimerkiksi Skoda Machine Tool, F.P.T Industries tai muiden laitevalmistajien jyrsinpäiden varaosatilannetta päivittäessä, jyrsinpäiden kunnossapitosuunnitelmaa laatiessa tai huoltopalvelun kartoituksessa.

8.3 Kehitysideat

Laitehierarkian päivitys

Nykyään oman huoltohenkilökunnan työt, konemiesten tekemät häiriöilmoitukset ja mahdolliset muut alihankkijoiden urakat raportoidaan kaikki yhden laitetunnuksen alle. Laitetunnukset voitaisiin pilkkoa hierarkisesti pienempiin soluihin. Hierarkian luonnissa voidaan hyödyntää standardin PSK 7102 laitehierarkiaa. Laitehierarkiassa voidaan kohdentaa häiriöilmoitukset suoraan vikaantuneeseen komponenttiin ja vikahistorian käsittely helpottuu. Tasot luodaan seuraavalla lailla:

- Laite
 - Komponentti
 - Osa
- (PSK 7102:2008, 3.)

Laitetunnuksien pilkkominen pienempiin soluihin vaatii uusien nimityksien luomisen. Laite pysyy ennallaan, mutta komponentit ja osat joudutaan nimeämään uudelleen. Tasojen luomisen esimerkki: jyrsinkone-kulmapää-hammaspyörä.

Edellä mainittua hierarkista uudistus voisi onnistua lähitulevaisuudessa tapahtuvien järjestelmämuutoksien yhteydessä. Uhkana on, että miten saadaan vanha historiatieto siirrettyä mahdolliseen uuteen järjestelmään ja uusille tunnuksille. Toinen raskauttava tekijä on, että onko komponenttitasolle raportointi liian raskasta toteuttaa. Lisäksi on vaikutettava yrityksen raportointikulttuuriin, jotta uusi laitehierarkia alkaisi tuottamaan hedelmää.

Hälytys öljynvaihdesta

LP-18:sta voitaisiin kehittää uudelle 2-taittoiselle rasvapäälle vastaava rasvanvaihdon hälytys kuin LP-30:llä on. Nykyisissä käyttöolosuhteissa käyttötunteja on vaikea seurata, joten hälytyksellä voidaan parantaa uuden 2-taittoisen rasvapään luotettavuutta. Edellä mainittua hälytystoimintaa voitaisiin soveltaa myös muihin jyrsinkoneisiin, joissa on ollut ongelmia kulmapäiden käyttötuntiseurannan kanssa.

Kulmapäiden kahdennus

Osa kulmapäistä nousi todella kriittisiksi ja seuraaville ehdotetaan kahdennusta:

LP-18 Skodan IFVW 3B-M/50 2-taittoisen rasvapään kahdennus. Nykyinen kyseinen jyrsinpää on jatkuvassa käytössä. Korvaava kapasiteetti löytyy vanhan 2-taittoisen kulmapään johdosta, mutta vanhan kulmapään kanssa toimiminen on työlästä. Kahdella uudella rasvapäällä varmistetaan käyttövarmuus ja huolto voitaisiin toteuttaa kahdennetun kulmapään strategialla eli toinen huolletaan toisen käydessä.

LP-31 toisen TU-pään hankinta jyrsinkoneelle. TU-päätä käytetään 70-80% kaikesta kulmapääajosta ja vastaavalla suorituskyvyllä ei löydy korvaavaa kapasiteettia. Kaikista järkevin vaihtoehto olisi kahdentaa TU-pää, jotta päästään kahdennetun kulmapään huoltostrategiaan.

LP-30 Skodan yhden uuden 2-taittoisen kulmapään hankinta. Voidaan suorittaa nykyisille kulmapäille kuntoarvio, jonka jälkeen voidaan päättää korvattavasta kulmapäästä. Kulmapäälle numero yhdeksän on kertynyt aikojen saatossa enemmän käyttötunteja.

LP-20:n jyrsinpäiden hyödyntäminen osana kulmahyllyjen laimennuselementtien rouhintaa

DC-5 tuotantokoneella suoritettavat rouhinnat voitaisiin siirtää LP-20:lle. Kyseinen kone seisoo nykyisissä olosuhteissa lähes käyttämättömänä ja se soveltuu laimennuselementtien pintojen rouhintaan paremmin kuin DC-5. Lisäksi LP-20:n jyrsinpäille korvaavaa kapasiteettia löytyy paremmin kuin DC-5:llä. Kappaleelle tehtävien porauksien teko pidettäisiin edelleen DC-5:llä.

9 Pohdinta

Tutkimuksessa selvitettiin Valmet Rautpohjan jyrsinpäiden huollon nykytilanne ja kuvattiin kunnossapidon strategia. Lisäksi jyrsinpäille luotiin kriittisyysanalyysi. Tutkimuksessa selvitettiin oman huoltohenkilökunnan kunnossapitovarmuus ja kartoitettiin muiden huoltoyhtiöiden palvelun tarjontaa. Työssä kehitettiin jyrsinpäiden ennakkohuoltoa ja kunnonvalvonnan strategiaa. Käytännössä ennakkohuoltoa parannettiin tekemällä jyrsinpäille ehdotelma kunnossapitosuunnitelmasta.

Jyrsinpäiden ennakkohuollon tarkkojen toimenpiteiden suunnitteluun teoriassa esitellyin menetelmin ei kulutettu aikaa, koska jyrsinpäille suoritettavia ennakkohuollon toimenpiteitä oli määrällisesti vähän ja toimenpiteet olivat yksinkertaisia. Työ painottui jyrsinpäiden käyttövarmuuden parantamiseen ja kunnossapidon strategiseen muutokseen.

Kunnossapitosuunnitelma tulee laatia jo laitteen investointivaiheessa, joka huomioi laitteen elinkaarikustannuslaskelmat. Laskelmissa huomioidaan, että kulmapään pitäisi toimia laitevalmistajan määrittämällä suorituskyvyllä vaaditun ajan, jonka jälkeen tulee tehdä päätös laitteen elinkaaren jälkeisistä toimista. Suunnitellun elinkaaren jälkeen tulee tehdä kuntoarvio, jonka perusteella tehdään päätös kunnostamisesta tai kulmapään käytöstä poistamisesta.

Mikäli tehdään päätös pitää kulmapäiden huolto ja korjaaminen omalla huoltohenkilökunnalla, on tekniset dokumentit löydettävä ja kriittiset varaosat oltava saatavilla Valmet Rautpohjassa kunnossapitovarmuuden takaamiseksi. Suurempien korjauksien sykli on melko harva, joten kunnossapitohenkilökunnan huolto-osaamisen ylläpito vaatii oman suunnitelman. Huomioitavaa on, että mitään valmista koulutusta tähän ei ole tarjolla.

Kriittisten varaosien tarkka selvitys oli haastavaa jyrsinpäistä löytyvän vähäisen dokumentaation johdosta. Uudempien SkodaMT:n ja F.P.T Industriesin jyrsinpäiden valmistajilta voidaan hankkia varaosapaketit jyrsinpäille. Selvitys Toshiba varaosien toimitusajoista ei ennättänyt laitevalmistajalta työn määräaikaan mennessä.

Kriittisyysanalyysi kuvaa tekemisen kautta kriittiset jyrsinpäät ja siinä otetaan huomioon myös varaosien saatavuus. Kriittisyyttä tarkasteltaessa on otettava huomioon, että osa jyrsinpäistä on tuotannolle kriittisiä niiden hyvien ominaisuuksiensa tai suorituskykynsä johdosta, kun taas toiset ovat kriittisiä varaosatuen loppumisesta johtuen. Kunnossapidon suunnittelu on osittain riskin arviointia ja joidenkin vähemmän tärkeiden kohteiden kohdalla vikaantuminen voidaan sallia. Varaosien saatavuuden kannalta uudemmat jyrsinpäät eivät ole niin kriittisiä, koska varaosasaatavuus löytyy. Vanhempien jatkuvassa- tai viikottain käytössä olevien jyrsinpäiden kanssa tilanne on varaosasaatavuuden kannalta kriittinen. On huomioitava, että kriittisyyttä on kahdenlaista.

Huoltopalveluiden tarjonnan kartoituksessa ongelmaksi nousi osittain huoltoyhtiöiden haluttomuus vastata kysymyksiin. Osaa vastauksista odotettiin yli kuukauden verran, jonka jälkeen tutkimukseen varattu aika alkoi loppumaan. Palvelua kartoitettiin yhteensä viideltä kotimaiselta huoltopalveluiden toimittajalta, johon sisältyy myös oma kunnossapitäjä Maintpartner Oy. Edufix Oy, Maintpartner

Oy ja Machinery vastasi kysymyksiin, mutta Konecranes Oyj:n ja MTC Flextek Oy:n vastaukset eivät saapuneet määräaikaan mennessä. Tästä voidaan tehdä johtopäätös haluttomuudesta vastata jyrsinpäiden huolto- ja korjaustöistä.

Kotimaisten huoltoyhtiöiden kanssa tilanne lähes samankaltainen. Nykyisissä olosuhteissa varaosien ja teknisten dokumenttien kanssa tilanne on sama, joka johtaa siihen, että korjauksiin kuluva aika on riippuvainen varaosien toimitusajoista. Pitkä kokemus jyrsinpäistä ja ammattitaito on eduksi kunnossapitoajan lyhentämiseksi tarvittavien resurssien ollessa saatavilla. Sopimalla laitevalmistajan kanssa varaosista ja korjausten käytänteistä voidaan päästä tilaan, jossa osaaminen, varaosat ja korvaava tuote korjausten ajaksi järjestyy laitevalmistajan puolesta. Etenkin uusiin laitteisiin investoidessa on syytä panostaa huoltosopimukseen, jotta kulmapään kunnossapitovarmuus saadaan varmistettua.

Oman huoltohenkilökunnan vastuulle kuuluu jyrsinpäiden huollon lisäksi koko tehdasalueen tuotantokoneiden mekaaninen ja sähköinen kunnossa- ja ylläpito. Koneenkäyttäjän vetoisella öljynvaihdolla ja hyvällä ohjeistuksella voidaan kehittää ennakkohuoltoa ja vähentää niistä kunnossapitohenkilökunnalle koituvia lisätöitä.

Kulmapäiden kunnossapidon tilanne ei ole helppo. Kulmapään korjaus ja parhaan säädön löytäminen vaatii erikoisosaamista ja laitevalmistaja haluaa pitää strategisista syistä varaosat ja tekniset piirustukset itsellä. Lisäksi kattava huolto-osaaminen on laitevalmistajalla edellä mainituista syistä johtuen. Uusia investointeja tehdessä on sovitettava laitevalmistajan kanssa tutkimuksessa oleellisesti esiin tulleista asioista, kuten varaosista, teknisistä piirustuksista ja huoltosopimuksista, jotta jyrsinpäiden käyttövarmuus saadaan varmistetaan ja vastaavaan käyttövarmuuden heikentyneeseen tilaan ei päädytä.

Tutkimuksessa soveltuvien kunnonvalvontamenetelmien vertailu jäi teoreettiseksi tarkasteluksi, koska ajallisista haasteista johtuen mittaavan kunnonvalvonnan testaus ja havainnointi ei ollut mahdollista. Kunnon seuranta on järkevää jyvittää laitteiden parissa päivittäin työskenteleville henkilöille. Ensiarvoisen tärkeää on saada viikkohuollot toimimaan suunnitelman mukaan, jotta voidaan rueta panostamaan mittaavaan kunnonvalvontaan.

Työlle asetettiin kolme tutkimuskysymystä, jotka olivat:

- Miten kulmapäiden käyttövarmuus varmistetaan?
- Miten kulmapäitä voidaan ennakkohuoltaa paremmin ja miten häiriövauriot estetään?
- Mitä tulevaisuudessa voidaan tehdä toisin, jotta vastaavaa tilannetta ei synny?

Asetettuihin tutkimuskysymyksiin saatiin tutkimuksella kohtuulliset vastaukset. Tutkimuksessa käsitellään käyttövarmuutta melko laajasti ja käyttövarmuuden varmistamiseksi luotiin kunnossapitosuunnitelma sekä toimintamallit varaosatilanteeseen. Kunnossapitosuunnitelma vastaa ennakkohuollon parantamiseen ja vikaantumisen hallintaan, koska tarkastelujakson tuloksena löydetään oikeat öljynvaihtovälit jyrsinpäille. Lisäksi koneenkäyttäjien ja kunnossapitohenkilökunnan vastuita tarkennettiin. Kunnonvalvonnassa systemaattisuuteen ja kunnon seurantaan siirtymisellä voidaan havaita vikaantuminen aikaisessa vaiheessa. Työn laajuus huomioon ottaen asetettuihin tavoitteisiin päästiin.

Lähteet

Best Practices Awards: Reliability Decision-support system lets tules dictate maintenance. 2010. Uutinen PlantService verkkosivulla. Viitattu 26.1.2018.

<https://www.plantservices.com/articles/2010/09bestpractices/?show=all>

Hecht, H. 2004. System Reliability and Failure Prevention. Boston: Artech House.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu. Helsinki: Helsinki University Press, Yliopistopaino, Helsinki.

Hirsjärvi, S. Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. Uud.p. Helsinki: Tammi, Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu

Johdanto kunnonvalvontaan. N.d. Oppimateriaali opetushallituksen verkkosivuilla. Viitattu 30.1.2018.

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k1_johdanto_kunnonvalvontaan.html

Johdanto luotettavuustekniikkaan. N.d. Oppimateriaali opetushallituksen verkkosivuilla. Viitattu 10.2.2018.

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-2_johdanto_luotettavuustekniikkaan.html

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy, Copy-Set Oy, Helsinki

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tampereen yliopistopaino Oy-Juvenes print, Tampere.

Kauranne, H., Kajaste, H. & Vilenius, M. 2008. Hydraulitekniikka. Helsinki: WSOY, Kopiosto Ry, Helsinki

Kulumishiukkasanalyysi. N.d. Oppimateriaali opetushallituksen verkkosivuilla. Viitattu 15.2.2018.

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k3_kulumishiukkasanalyysi.html

Kunnossapito liiketoiminnan osana. 2016. Uutinen Promaint-lehden verkkosivuilla. Viitattu 17.1.2018. <https://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Kunnossapito-liiketoiminnan-osana>

Kuula, A. 2006. Toimintatutkimus. Luku 5.4. kokonaisuudesta Anita Saaränen-Kauppinen & Anna Puusniekka. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto verkkojulkaisu. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 13.02.2018. <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>

Käyttövarmuus. N.d. Käyttövarmuuden aikamääreitä kuvio. Viitattu 7.2.2018. <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/kayttovarmuus/>

Laitossuunnittelun vaikutukset kunnossapitokustannuksiin. N.d. Opetusmateriaali opetushallituksen verkkosivuilla. Viitattu 10.2.2018. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_7-1_laitossuunnittelun_vaikutukset.html

Lähdekritiikki. N.d. Oppimateriaali opetushallituksen verkkosivuilla. Viitattu 16.2.2018. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lahdeesiin/1_1.html

Marjakoski, M. 2005. Jyväskylän ammattikorkeakoulun kunnossapidon perusteet -kurssin luentomateriaali Optimassa. Viitattu 8.2.2018. <https://optima.jamk.fi/>, Käyttövarmuus ja vikaantuminen

Mikkonen, H., Miettinen, J., Leinonen, P., Jantunen, E., Kokko, V., Riutta, E., Sulo, P., Komonen, K., Lumme, V., Kautto, J., Heinonen, K., Lakka, S., Mäkeläinen, R. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media O, Savion kirjapaino Oy, Kerava. Nohynek, P. & Lumme, V. 1996. Kunnanvalvonnan värähtelymittaukset. Rajamäki: KP-Tieto Oy, Painoyhtymä Oy, Loviisa.

Opinnäytetyön raportointi. N.d. Opinnäytetyön raportointiohje Jyväskylän ammattikorkeakoulun verkkosivuilla. Viitattu 16.2.2018. <https://oppimateriaalit.jamk.fi/raportointiohje/2-tiedonhankinta-opinnaytetyohon/>

PSK 5703:2006. Kunnanvalvonnan värähtelymittaus. Anturin, liittimen ja kaapelin valinta sekä asennus. 4. p. Helsinki: PSK Standardisointi. Viitattu 13.2.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK Standardit

PSK 5706:2015. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Valvontamenetelmät. 4. p. Helsinki: PSK Standardisointi. Viitattu 13.2.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK Standardit

PSK 6201:2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. p. Helsinki: PSK Standardisointi. Viitattu 7.2.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK Standardit

PSK 6800:2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointi. Viitattu 9.2.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK Standardit

PSK 7102:2008. Tehdashierarkia. Helsinki: PSK Standardisointi. Viitattu 12.4.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK Standardit

PSK 7501:2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. p. Helsinki: PSK Standardisointi. Viitattu 7.2.2018. <https://janet.finna.fi/>, PSK Standardit

Qian, X. & Tang, Q. 2017. Scenario Reduction Method based on Output Performance for Condition-Based Maintenance Optimization. Wuhan: Wuhan University of Science and Technology. Viitattu 23.1.2018. <https://janet.finna.fi/>, Engineering Source (EBSCO).

Ranta, K. 2018. Valmet vuoden 2017 tulosesittely. Valmet Technologies Oy. Puhe 19.2.2018.

Reliability Basics. 2007. Reliability HotWiren julkaisema verkkolehti. Viitattu 9.2.2018. <http://www.weibull.com/hotwire/issue72/relbasics72.htm>

Schuvalow, K. 2018. Valmet paperikonetuotannon tukiorganisaation palaveri. Valmet Technologies Oy. Palaveri 22.2.2018.

Smith, Anthony M., and Glenn R. Hinchcliffe. RCM--Gateway to World Class Maintenance, Elsevier Science, 2003

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi, Gummerus kirjapaino, Jyväskylä.

Tuotannon kokonaistehokkuus / OEE. N.d. Oppimateriaali opetushallituksen verkkosivuilla. Viitattu 7.2.2018.

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/kokonaistehokkuus/index.html>

Tutkimusasetelma – taso 1. N.d. Opetusmateriaali Helsingin yliopiston ylläpitämällä verkkosivulla. Viitattu 27.1.2018.

<http://www.mv.helsinki.fi/home/psaukkon/tutkielma/Tutkimusasetelma.html>

Tutkimusasetelma. N.d. Opetusmateriaali VirtuaaliAMK verkkosivulla. Viitattu 27.1.2018.

<http://www2.amk.fi/mater/tutkimusmenetelmat/kvantitat/kuvailu/asete.htm>

Tuukkanen, H. 2014. Jyväskylän ammattikorkeakoulun käyttövarmuustekniikan luentomateriaali Optimassa. Viitattu 8.2.2018. <https://optima.jamk.fi/>,

Käyttövarmuuden määrittäminen

Tuukkanen, H. 2016. Jyväskylän ammattikorkeakoulun käyttövarmuustekniikan luentomateriaali Optimassa. Viitattu 10.2.2018. <https://optima.jamk.fi/>,

Luotettavuus

Valmet yleisesitys. 20.10.2017. Yritysesittely Valmetin verkkosivuilla. Viitattu

15.1.2018. <http://www.valmet.com/globalassets/about-us/valmet-in-brief/general-presentation-2017-10-fin-final.pdf>

Liitteet

Liite 1. Konekohtainen kulmapäälista

Sijainti	Laitenumero	Selitys	Tunnus	Valmistaja	Tyyppi
1-Halli B39120	HMC-4	NC-pää (S-F95949)	KUL-223 / HMC-4	Toshiba	NC
		2-taittonen (S-F95948)	KUL-224 / HMC-4	Toshiba	Manual
2-Halli B38010	HMC-3	etulevy/kara.1.	KUL-201 / HMC-3	Toshiba	
	HMC-3	lyhyt pystypää.2.	KUL-202 / HMC-3	Toshiba	500L
	HMC-3	pitkä pystypää.3.	KUL-203 / HMC-3	Toshiba	800L
	HMC-3	2-taittonen.4.	KUL-204 / HMC-3	Toshiba	Universal
	HMC-3	NC-pystypää.5.	KUL-205 / HMC-3	Toshiba	NC-head
	LP-18	1-taittonen.a (uusi)	KUL-206 / LP-18	Skoda	IFW1/200
	LP-18	1-taittonen.b (vanha)	KUL-207 / LP-18	Skoda	IFW1/200
	LP-18	2-taittonen.a (uusi)	KUL-208 / LP-18	Skoda	IFH1
	LP-18	2-taittonen.b (vanha) kulmajyrsinpää	KUL-209 / LP-18	Skoda	IFN 2/200
	LP-18	2-taittonen.c (vanha)	KUL-210 / LP-18	Skoda	IFH1
	LP-18	2-taittonen.d (vanha)	KUL-211 / LP-18	Skoda	IFH1
	LP-19	2-taittonen	KUL-212 / LP-19	Skoda	IFH1
	LP-20	2-taittonen (oma)	KUL-213 / LP-20	Skoda	IFH1
	LP-20	1-taittonen (yhteinen LP-19)	KUL-214 / LP-19/-20	Skoda	IFW1
	LP-20	Varapää (2-taittonen/ yhteinen LP-19)	KUL-215 / LP-19/-20	Skoda	IFH1
	LP-31	Tuh-144/2-taittonen	KUL-216 / LP-31	FPT	TU144C
	LP-31	Tam1/monitaittonen	KUL-217 / LP-31	FPT	TAM
	LP-31	Karan jatke	KUL-218 / LP-31	FPT	SELS-4
	LP-31	Twist-pää	KUL-219 / LP-31	FPT	TTWM
3-5-Halli B39130	DC-5	TAV-50	KUL-219 / DC-5	OMG	TAV-50
	DC-5	1-taittonen (vanha) kulmajyrsinpää	KUL-220 / DC-5	Valmet	
	DC-5	Monikarapää	KUL-221 / DC-5	Valmet	
3-5-Halli B39130	LP-27	Pystypää (pieni)	KUL-225 / LP-27	Valmet	
	LP-29	Pystypää (lyhyt)	KUL-226 / LP-29	Wotan	
	LP-29	Pystypää (pitkä)	KUL-227 / LP-29	Wotan	
	LP-30	Kulmapää 2-taittonen nro 9	KUL-228 / LP-30	Skoda	IFVW207E
	LP-30	Kulmapää 2-taittonen nro 19	KUL-229 / LP-30	Skoda	IFVW207E
3-5-Halli B39130	LP-30	Kulmapää 1-taittonen	KUL-230 / LP-30	Skoda	IFVW112E
	LP-30	Kulmapää 1-taittonen	KUL-231 / LP-30	Skoda	IFVW112E

Liite 2. FPT M-Arx aarporan vuoden 2017 kulmapäiden vikahistoria

Laite	Työ voi al	Toimenpiteet	Vian kuvaus	Työlaji
LP-31	10.1.17	Lisätty KC raportti korjauksesta. Tämän työn voi päätellä kulmapään lukitus ei toimi.		B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	24.1.17		TAM pää a-akseli ei sulje.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	26.1.17		Kulmapäässä asentovirhe, voidaanko oikeista mekaanisesti.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	5.2.17		Tam-pään mahdollinen törmäysvaara häilyys. A-akseli ei lukittaudu ja ei voi olla varma onko va	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	6.2.17		W065 pään mahdollinen törmäysvaara.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	8.2.17		TAM-pää öljyä lisää.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	16.2.17		Pinoolin ja kulmapäiden jäähdytysyksikön öljy alarajalla.	A12 KUNNONVALVONTA
LP-31	21.2.17	Tilattu tiivistesteet toimitus vko:10 -vmp-	TU-144 pään karanväliltä tiputtaa öljyt pihalle.	A2 KUNNOSTAMINEN
LP-31	7.3.17	Ei kerennyt lumat sulamaan.	Saiskohan Valmetin kunnossapidon vastaavilta hyvän selityksen,kun kuukausi sitten tehtyyn ilm	A12 KUNNONVALVONTA
LP-31	5.4.17		TU-144 pystypää öljy tilassa öljyt ja veet sekaisin.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	10.4.17		TAM-pään lukituksen tarkastus, FPT:n ohjeiden mukaan.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	19.4.17		tu-144 pystypään B-akselin öljyt vaihdettava.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	21.4.17	Öljyt vaihdettu ja öljyt/la huuhdeltu.	TU-144 pystypää vesi ja öljyt sekaisin.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	24.4.17	Tarkastettu,eit öljy/ennuvuotoja.	TAM-pään liittimien, kaalepin ja mittasteikon tarkastus. Onko ko tilassa emulsiota tai öljyä.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	8.5.17	Asiaa selvitetään FPT:n kanssa <KSc 8.5.2017>	TAM-pään lukitus ei toimi. Sama vika kuin ennen Italialaisten käyntiä. Eih vika ei poistunut mihi	C INHIMILLINEN EREHDYS
LP-31	9.5.17	Vaihdettu fct:n ohjeiden mukaan pulssianturi. Ei lähde .	TAM-pään U-akselin kytkentöjen tarkastus FPT:n ohjeiden mukaan.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	7.6.17		TAM-pään testaus. FPT ottaa yhteyttä teleservicellä ja olisi hyvä, jos asentaja olisi paikalla (Vir	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	9.6.17	Pää lähtee huoltoon vko:28 (FPT)	TAM-Pää pystypäätä kääntäessä eri kulmiin heittoa noin Q,2 pitäis saada täsmäänään.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	11.6.17		tam-pään a-akselia ei saa lukittua.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	4.7.17	Tilattu uusia rajoja toimitus vko:33 -vmp-	rammiin ja pystypään välistä vuotaa reilusti öljyä.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	1.9.17		TU-144 pään B-akselin öljy näyttää kuraveliiltä,kun vertaa C-akselin öljyyn.	A13 KUNTOON PERUSTUVA KORJAUS
LP-31	6.9.17		tu pystypään öljyt näyttää samealta. Pitää het vaihtaa	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	12.9.17		TU-pää öljyn vaihto vesi ja öljy sekaisin.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	26.10.17	Lisätty öljyä Öljypropun manganetsissa oli metallipartikk	tam-pää c-akselin öljy alarajassa.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	8.11.17		TU-pään öljyjen täyttö, pää tullut huollosta Italiasta.	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	10.11.17		c008 pään jäähd. öljy riittämätön	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	13.11.17		Tam-pään C-akselin öljy alarajassa. Eitaida olla ihan kunnossa tämäkään pää....	A12 KUNNONVALVONTA
LP-31	17.11.17		TAM-pää öljyn lisäys	B1 VÄLTTÖN HÄIRIÖKORJAUS
LP-31	30.11.17		TAM-päästä puuttuu tiiveste. Saissee mennee väliin.	A13 KUNTOON PERUSTUVA KORJAUS

Liite 3. Kriittisyysanalyysin kertoimen valintataulukko

Tekijä	Paino-arvo	Valintakriteeri	Kerroin
Vuorojärjestelmä	10	1- vuoro kone	1
		2- vuoro kone	2
		3- vuoro kone	5
		Jatkuva 3- vuoro kone	10
Turvallisuusvaikutus	5	I	1
		II	2
		III	4
		IV	8
		V	16
Häiriöherkkyys	10	Varmakäyttöinen, vikaväli yli 2 kuukautta	1
		Vähäisiä häiriöitä, Vikaväli 1 kuukautta-2 kuukautta	3
Huollettavuus	20	Häiriöherkkä, Vikaväli 2 viikkoa-4 viikkoa	5
		Erittäin häiriöherkkä, Vikaväli alle 2 viikkoa	10
Korvaava kapasiteetti	10	Varaosat Rautpohjassa ja hyvä dokumentaatio	1
		Varaosat saatavilla tehtaalta mutta ei hankittu ja satunnaisia dokumentteja	5
		Varaosatuki loppunut eikä osia hankittu ja dokumentaatio huono	10
		Toinen kulmapää varalla	1
		Samalla koneella	2
		Toisella koneella/osastolla	8
		Alihankkijalla helposti	12
		Alihankkijalla vaikeasti	20
		Ei korvaavaa kapasiteettia	25
		Käyttö puoli vuositain	0
Käytön arvio	25	Käyttö kuukausittain	1
		Käyttö viikottain	5
Vaikutus vikatilanteessa muuhun tuotantoon	20	Kulmapää jatkuvassa käytössä	10
		Ei vaikutusta, työt voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suorituskyvyllä	1
		Voidaan tehdä samalla koneella, mutta suorituskyky laskee	3
		Työt joudutaan tekemään toisella työpisteellä	6
		Työtä ei kyetä tekemään, tehdään muualla	10

Turvallisuusvaikutus

Vaikutus	Todennäköisyys	
	Ei todennäköinen	Mahdollinen
Ei vaikutusta	I	II
Vähäinen	II	III
Vakava	III	IV
		V

Liite 4. Haastattelurunko koneenkäyttäjälle

Käyttö ja seuranta:

1. Miten kulmapäät ovat toimineet?
2. Mikä on kulmapään käytön arvio?
3. Mihin käyttötarkoitukseen kulmapäätä käytetään (rouhinta/hieno)?
 - Onko oikea käyttötarkoitus?
4. Arvioi kulmapään huollon tarvetta ja häiriöherkkyyttä
5. Miten kuntoa seurataan?
 - Miten usein tehdään?
 - Onko seurantatietoa hyödynnetty jotenkin, päiväkirja tms?
 - Mistä huomataan, että kulmapää ei toimi oikein?
6. Seurataanko kulmapään käyttötunteja tai jotain muuta parametriä?
 - Osaako kaikki seurata?
7. Onko ko. kulmapäälle korvaavuutta?
 - Miten työt tehdään kulmapään vikatilanteessa, korvaavuus?
8. Vaikutus muuhun tuotantoon?

Huollettavuus:

9. Miten koette päivittäishuollon?
10. Millaisia pieniä huoltotehtäviä tai tarkistuksia työhönne kuuluu?
 - Onko ohjeista ja dokumenteista hyötyä?
11. Millaisia tarvikkeita/materiaaleja/työkaluja teillä on huoltojen suorittamiseen?
 - Tietävätkö kaikki mistä ne löytyy ja mistä saa lisää?
12. Millaisia koulutuksia on ollut?
 - Onko tarvetta?

Raportointi:

13. Miten edetään kun kulmapää vikaantuu?
 - Miten koette raportoinnin?
14. Onko raportointiin ohjeistus? (nimitykset)
15. Onko päivittäishuoltoja kirjattu jonnekin?

Toiminta jatkossa:

16. Onko teillä parannusehdotuksia liittyen huoltokäytänteisiin?
17. Miten toimisit toisin käyttäjän näkökulmasta jos investoidaan uuteen koneeseen?

Muuta:

18. Arvioi turvallisuusvaikutukset
19. Arvioi dokumentaation ja varaosien tilanne

Liite 5. Haastattelurunko kunnossapitohenkilökunnalle

Huolto:

1. Millaisia ajatuksia kulmapäiden huolto herättää?
2. Miten koette päivittäishuollon toimivuuden?
 - Millaisia havaintoja koneelta?
 - Onko vastuualueet selvät?
3. Kuvailkaa yhteistyötä ja tiedonsiirtoa käytön ja kunnossapidon välillä
4. Millaisessa roolissa dokumentaatio on korjaamisessa?
 - Mitä dokumentteja tarvitaan?
5. Onko osaaminen, resurssit ja työvälineet suoritua huollosta?
6. Millainen on kulmapäiden kunnossapitosuunnitelma?
 - Millaisia toimintakunnon tarkastuksia?
 - Kuvailkaa jaksotettuja kunnostuksia?
 - Käytön seurantaan perustuvaa huoltoa?
7. Millaisia varaosia yleensä huollon tai korjauksen yhteydessä vaihdetaan?
 - Varaosalistat ja saatavuus?
8. Vaatiiko kulmapäiden huolto moniosaamista?
 - Onko huoltokoulutuksia järjestetty?
 - Oliko hyödyllinen, olisiko tarpeellinen?

Kunnonvalvonta:

9. Kuvatkaa kulmapään häiriöherkkyyttä
10. Millaisia tarkastuksia / mittauksia kulmapäille tehdään?
 - Tehdäänkö huoltojen yhteydessä?
 - Toistuvuus, automaation hyödyntäminen?
 - Voidaanko seurantajärjestelmää hyödyntää huolloissa?
 - Mitkä olisi tuotannolle siirrettäviä tarkistuksia?
11. Millainen on kulmapäiden vian paikannettavuus, testaukset, mittaaminen?
12. Millaisia oireita vikaantumisesta yleensä aiheutuu? Mitä kannattaa seurata?
 - Tärkeimmät mitattavat tunnusluvut?

Raportointi:

13. Millaisia tietoja ennakkohuolloista kirjataan järjestelmään, ohjeistus?
14. Millainen on hyvä vikailmoitus?
15. Ovatko ohjeet ja dokumentit yleisesti ajantasalla ja kuka niitä pitää yllä?

Muuta:

16. Parannusehdotukset?

Liite 6. Kysely muille huoltoyhtiöille

- Onko huolto-osaamista F.P.T, SkodaMT ja Toshiba laitevalmistajien jyrsinpäihin mekaaniselta ja sähköpuolelta?
- Onko resursseja korjauksien ja jyrsinpäiden säätöjen tekemiseen?
- Onko F.P.T:n TU- ja TAM-päitä korjattu, miten ollaan onnistuttu?
- Miten jyrsinpäiden kuntoa on seurattu, jotta osataan huoltaa oikea-aikaisesti?

Liite 7. Kriittisyysanalyysin laskentataulukko 1/2

1. Laitteenus	2. Kulumäärän kuvaus	3. Osasto	4. Käytön arvio	5. Koron vaikutus viikallaan mukana tuotantoon	6. Korvaus kapasiteetti	7. Huollittavuus	8. Vuorojärjestelmä	9. Turvallisuus	10. Hämähäkki	11. Kokonais-kriittisyys	
HMC-4	TOSHIBA TYÖSTÖKESKUS IMU	B39120									
HMC-4/KUL-223	NC-kulmapää	B39120	Käyttö puolevoimain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Samalla koneella	Varosat saatavilla tehtäviä muita ei-hankittu ja saunonista dokumentteja	2-vuoro kone	Ei-dokumenttien	Ei vaikutusta	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	175
HMC-4/KUL-224	Manuaali-kulmapää	B39120	Käyttö puolevoimain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Samalla koneella	Varosat saatavilla tehtäviä muita ei-hankittu ja saunonista dokumentteja	2-vuoro kone	Ei-dokumenttien	Ei vaikutusta	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	175
HMC-3	TOSHIBA TYÖSTÖKESKUS PERÄ	B33010									
HMC-3/KUL-202	Lyhyt pysäytys, 2, 500L	B33010	Käyttö viikotain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Samalla koneella	Varosat saatavilla tehtäviä muita ei-hankittu ja saunonista dokumentteja	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vakava	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	395
HMC-3/KUL-203	Pitkä pysäytys, 3, 800L	B33010	Kulmapää jatkuvassa käytössä	Voidaan tehdä samalla koneella, mutta suoritustyyliä laskee	Samalla koneella	Varosat saatavilla tehtäviä muita ei-hankittu ja saunonista dokumentteja	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vakava	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	520
HMC-3/KUL-204	2-taittoinen, 4	B33010	Kulmapää jatkuvassa käytössä	Voidaan tehdä samalla koneella, mutta suoritustyyliä laskee	Samalla koneella	Varosat saatavilla tehtäviä muita ei-hankittu ja saunonista dokumentteja	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	510
HMC-3/KUL-205	NC-pysäytys, 5	B33010	Käyttö viikotain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Samalla koneella	Varosat saatavilla tehtäviä muita ei-hankittu ja saunonista dokumentteja	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Vahainen häiriö 1, Viikoviitit 1 kukkaura, 2 kukkaura	385
LP-18	SKODA AARPOA	B33010									
LP-18/KUL-207	1-taittoinen,b (vanha) IFM1/200	B33010	Käyttö puolevoimain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Toinen kulmapää varilla	Varosauki loppunut eikä osia hankittu ja dokumentaatio huono	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	310
LP-18/KUL-208	2-taittoinen,a (uusi) IFM1/200	B33010	Käyttö puolevoimain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Toinen kulmapää varilla	Varosauki loppunut eikä osia hankittu ja dokumentaatio huono	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	600
LP-18/KUL-209	2-taittoinen,b (vanha) IFM 2200 kulmapysäytys	B33010	Käyttö puolevoimain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Toinen kulmapää varilla	Varosauki loppunut eikä osia hankittu ja dokumentaatio huono	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	310
LP-18/KUL-210	2-taittoinen,c (vanha) IFM1/200	B33010	Käyttö kuukausittain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Toinen kulmapää varilla	Varosauki loppunut eikä osia hankittu ja dokumentaatio huono	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	335
LP-18/KUL-211	2-taittoinen,d (vanha) IFM1/200	B33010	Käyttö puolevoimain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Toinen kulmapää varilla	Varosauki loppunut eikä osia hankittu ja dokumentaatio huono	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	310
LP-19	SKODA AARPOA PERÄ	B33010									
LP-19/KUL-206	1-taittoinen,a (uusi) IFM1/200	B33010	Käyttö kuukausittain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Toinen kulmapää varilla	Varosauki loppunut eikä osia hankittu ja dokumentaatio huono	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	335
LP-20/KUL-214	1-taittoinen (yhteinen LP-20)	B33010	Käyttö puolevoimain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Toinen kulmapää varilla	Varosauki loppunut eikä osia hankittu ja dokumentaatio huono	1-vuoro kone	Mahdollinen	Ei vaikutusta	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	280
LP-19/KUL-212	2-taittoinen	B33010	Käyttö kuukausittain	Et vaikuttaa, qpc voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyyliä	Toinen kulmapää varilla	Varosauki loppunut eikä osia hankittu ja dokumentaatio huono	1-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yarnak signinen, viikoviitit 2 kukkaura	295

Liite 8. Kriittisyysanalyysin laskentataulukko 2/2

LP 20	SKODA AARPORA PERA	B38010		Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Toinen kuluopas varalla	Varoosakki loppunut eikä oisia hankittu ja dokumentaatio huono	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	295	
LP 20/KUL 213	2-taittonen (oma)	B38010	Käyttö kuukausittain	Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Toinen kuluopas varalla	Varoosakki loppunut eikä oisia hankittu ja dokumentaatio huono	1-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	295	
LP 20/KUL 215	Varapää (2-taittonen/ yhteinen LP-19)	B38010	Käyttö kuukausittain	Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Toinen kuluopas varalla	Varoosakki loppunut eikä oisia hankittu ja dokumentaatio huono	1-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	295	
LP 31	AARPORA	B38010										
LP 31/KUL 216	TUH-144C2-taittonen	B38010	Kulmapää jatkuvassa käytössä	Voidaan tehdä samalla koneella, mutta suoritustyylillä ei	Samalla koneella	Varoosakki saavuttaa tehtäviä mutta ei hankittu ja saunamassa dokumentteja	Jatkuvaa 3-vuoro kone	Ei	Vahainen	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #1 kuka surta-2 kuka surta	565
LP 31/KUL 217	TAMMontittonen	B38010	Kulmapää jatkuvassa käytössä	Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Samalla koneella	Varoosakki saavuttaa tehtäviä mutta ei hankittu ja saunamassa dokumentteja	Jatkuvaa 3-vuoro kone	Ei	Vahainen	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #1 kuka surta-2 kuka surta	525
LP 31/KUL 218	SEL S-4-Karan jätke	B38010	Käyttö kuukausittain	Voidaan tehdä samalla koneella, mutta suoritustyylillä ei	Samalla koneella	Varoosakki saavuttaa tehtäviä mutta ei hankittu ja saunamassa dokumentteja	Jatkuvaa 3-vuoro kone	Ei	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	320	
LP 31/KUL 219	TTWMT twist	B38010	Käyttö kuukausittain	Voidaan tehdä samalla koneella, mutta suoritustyylillä ei	Samalla koneella	Varoosakki saavuttaa tehtäviä mutta ei hankittu ja saunamassa dokumentteja	Jatkuvaa 3-vuoro kone	Ei	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	325	
DC 5	CNC-PORAKONE PERA	B38010										
DC 5/KUL 219	TAV-50	B38010	Käyttö puolivuorokerran	Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Samalla koneella	Varoosakki loppunut eikä oisia hankittu ja saunamassa dokumentteja	3-vuoro kone	Ei	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	210	
DC 5/KUL 220	1-taittonen (vanha) kulmapääyrityspää	B38010	Käyttö vuokottain	Työt joudutaan tekemään toisella työpisteellä	Toisella koneella/laosastolla	Varoosakki loppunut eikä oisia hankittu ja saunamassa dokumentteja	3-vuoro kone	Ei	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	595	
DC 5/KUL 221	Monikerapää	B38010	Käyttö puolivuorokerran	Voidaan tehdä samalla koneella, mutta suoritustyylillä ei	Samalla koneella	Varoosakki loppunut eikä oisia hankittu ja saunamassa dokumentteja	3-vuoro kone	Ei	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	345	
LP 27	VALMET LAAKAPORA	B39130										
LP 27/KUL 225	Pystypää (pieni)	B39130	Käyttö puolivuorokerran	Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Samalla koneella	Varoosakki loppunut eikä oisia hankittu ja dokumentaatio huono	2-vuoro kone	Ei	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	275	
LP 29	WOTAN AARPORA	B39130										
LP 29/KUL 226	Pystypää (tyhjä uusi)	B39130	Käyttö kuukausittain	Työt joudutaan tekemään toisella työpisteellä	Toisella koneella/laosastolla	Varoosakki loppunut eikä oisia hankittu ja saunamassa dokumentteja	3-vuoro kone	Ei	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	390	
LP 29/KUL 227	Pystypää (pitkä vanha)	B39130	Käyttö puolivuorokerran	Voidaan tehdä samalla koneella, mutta suoritustyylillä ei	Samalla koneella	Varoosakki loppunut eikä oisia hankittu ja saunamassa dokumentteja	3-vuoro kone	Ei	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	345	
LP 29/KUL 227	Pystypää (pitkä vanha luoli)	B39130	Käyttö puolivuorokerran	Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Toinen kuluopas varalla	Varoosakki loppunut eikä oisia hankittu ja dokumentaatio huono	3-vuoro kone	Ei	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	295	
LP 30	AARPORA SKODA SWM	B39130										
LP 30/KUL 228	Kulmapää 2-taittonen nro 9 IPVW207E	B39130	Kulmapää jatkuvassa käytössä	Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Toinen kuluopas varalla	Varoosakki saavuttaa tehtäviä mutta ei hankittu ja saunamassa dokumentteja	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	460	
LP 30/KUL 229	Kulmapää 2-taittonen nro 19 IPVW207E	B39130	Kulmapää jatkuvassa käytössä	Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Toinen kuluopas varalla	Varoosakki saavuttaa tehtäviä mutta ei hankittu ja saunamassa dokumentteja	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	460	
LP 30/KUL 230	Kulmapää 1-taittonen IPVW11ZE	B39130	Käyttö kuukausittain	Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Toinen kuluopas varalla	Varoosakki saavuttaa tehtäviä mutta ei hankittu ja saunamassa dokumentteja	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	235	
LP 30/KUL 231	Kulmapää 1-taittonen IPVW11ZE	B39130	Käyttö puolivuorokerran	Et vuokraa, jota voidaan tehdä samalla koneella ja lähes samalla suoritustyylillä	Toinen kuluopas varalla	Varoosakki saavuttaa tehtäviä mutta ei hankittu ja saunamassa dokumentteja	3-vuoro kone	Mahdollinen	Vahainen	Yamakki sprintin, viikoviili #2 kuka surta	210	