

Työstökoneiden ennakoivan kunnos- sapidon kehittäminen

Joni Pajanti

Opinnäytetyö
Toukokuu 2019
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

Tekijä(t) Pajanti, Joni	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2019
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Työstökoneiden ennakoivan kunnossapidon kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK) konetekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Harri Tuukkanen, Hannu Kivistö		
Toimeksiantaja(t) Suomen CNC-koneistus Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Suomen CNC-Koneistus Oy, joka on alihankintaan keskittynyt konepaja. Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa kunnossapidon pilottihanke, joka auttaisi toimeksiantajaa kohdistamaan työstökoneille perusteltuja ennakkohuoltotoimia. Hanke kohdistui toimeksiantajan kolmeen uusimpaan työstökoneeseen, joille laadittiin ennakkohuoltosuunnitelmat. Lisäksi työssä laadittiin kunnossapidon tietojärjestelmä.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistutkimuksena, joka pohjautui laadullisiin tutkimusmenetelmiin. Tutkimusaineisto koostui asiantuntijoiden teemahaastatteluista, sekä työstökonevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeista. Ennakkohuoltosuunnitelmat laadittiin työstökonekohtaisesti vika- ja vaikutusanalyysiä hyödyntäen. Vika- ja vaikutusanalyysin avulla kyettiin kartoittamaan työstökoneiden tärkeimmät toimilaitteet, joiden mahdollisiin vikamuotoihin ennakkohuoltotoimet kohdistettiin. Kunnossapidon tietojärjestelmä luotiin Excel - pohjaiseksi. Tietojärjestelmä toimi kunnossapidon tukena aikatauluttamassa ennakkohuoltoja, sekä dokumentointijärjestelmänä suoritetuille kunnossapitotoimille.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksina syntyi ennakkohuoltosuunnitelmat yrityksen kolmelle uusimmalle työstökoneelle sekä kunnossapidon tietojärjestelmä. Pilottihankkeen lopuksi konekohtaiset ennakkohuoltosuunnitelmat sekä kunnossapidon tietojärjestelmä otettiin käyttöön toimeksiantajalla.</p>		
Avainsanat (asiasanat) kunnossapito, ennakkohuolto, konepaja, vika- ja vaikutusanalyysi, kunnossapidon tietojärjestelmä		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Pajanti, Joni	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 45	Permission for web publication: x
Title of publication Improving preventive maintenance of machine tools		
Degree programme Degree Programme in Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Tuukkanen Harri, Kivistö Hannu		
Assigned by Suomen CNC-Koneistus Oy		
Abstract <p>This thesis was assigned by Suomen CNC-Koneistus Oy, which is a workshop focused into subcontracting. The aim of the thesis was to complete a maintenance pilot project, which would help the assignor to target well-grounded preventive maintenance tasks for the machine tools. The project focused on the assignor's three most recently acquired machine tools, for which the preventive maintenance plans were created. As an additional aim, the project included planning and creating a computerized maintenance management system.</p> <p>The thesis was a development project based on the methods of qualitative research. The material consisted of theme interviews of experts and operating and maintenance manuals provided by the manufacturers of the machine tools in question. Preventive maintenance plans were developed per machine using failure mode and effect analysis. The Failure mode and effects analysis enabled mapping the most important main components of the machining tools. This help to aim preventive maintenance task for possible failure modes of each main component. The computerized maintenance management system was based of Microsoft Excel. The system supported preventive maintenance scheduling and document the maintenance tasks performed.</p> <p>The thesis resulted in preventive maintenance plans for three most recent machine tools and a computerized maintenance management system. In the end, both machine-specific preventive maintenance plans and the computerized maintenance management system were implemented into practice.</p>		
Keywords/tags (subjects) maintenance, preventive maintenance, workshop, FMEA, CMMS		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Kunnossapidon merkitys konepajassa	4
1.2	Suomen CNC-Koneistus Oy.....	5
1.3	Opinnäytetyön lähtökohdat	6
1.4	Aiheen rajaus ja opinnäytetyön tavoite	9
1.5	Tutkimusasetelma ja tutkimuskysymykset	10
2	Kunnossapito.....	12
2.1	Kunnossapidon määritelmä.....	12
2.2	Kunnossapitolajit	13
2.3	Menetelmiä kunnossapidon kehittämiseksi	14
2.4	Vika- ja vaikutusanalyysi.....	19
3	Työstökoneiden ennakkohuoltosuunnitelmat FMEA:n avulla	20
3.1	Aineisto.....	20
3.2	FMEA	24
3.3	Työstökoneiden ennakkohuoltosuunnitelmat	25
3.4	Kunnossapidon tietojärjestelmä	27
	3.4.1 Pohjatietojen määrittäminen	27
	3.4.2 Dokumentoinnin käytännön toteutus.....	28
4	Tulosten tarkastelu.....	33
5	Pohdinta.....	35
5.1	Työn tulosten arviointi	35
5.2	Luotettavuuden arviointi.....	36
5.3	Jatkotoimet.....	37
	Lähteet	38
	Liitteet.....	40
	Liite 1. Tutkimuksessa käytetty FMEA -lomake.	40
	Liite 2. Doosan Puma 3100ULY ennakkohuoltosuunnitelma.....	41

Liite 3. Doosan Puma VTR1620M ennakkohuoltosuunnitelma	42
Liite 4. Lagun BM4 ennakkohuoltosuunnitelma	43
Liite 5. Lagun BM4 koneella oleva huolto-ohjelma operaattoreille	44
Liite 6. Konekohtainen tietojensyöttölomake	45

Kuviot

Kuvio 1. Doosan Puma 3100ULY	7
Kuvio 2. Doosan Puma VTR 1620M	8
Kuvio 3. Lagun BM4	9
Kuvio 4. Kunnossapitolajit PSK 7501:2010 mukaan	13
Kuvio 5. Riskin arviointiprosessin kulku SFS-EN 31010 mukaan	16
Kuvio 6. Suomen CNC-koneistus Oy paikkahierarkia PSK 7102 mukaan	29
Kuvio 7. Laitekortin tietoalue	30
Kuvio 8. Exceeliin laadittu syöttölomake	31
Kuvio 9. Huoltojen tietotaulukko	31
Kuvio 10. Esimerkki aloitussivulta	32

Taulukot

Taulukko 1. Yksinkertainen FMEA esimerkki	20
Taulukko 2. Esimerkki Doosan Puma VTR1620M valmistajan suosittelemista päivittäisistä kunnossapitotoimista.	21
Taulukko 3. Doosan Puma VTR1620M työstökonevalmistajan suositukset öljyjen kunnossapidolle.....	22
Taulukko 4. Esimerkki aineiston sisältöanalyysin tuloksena luodusta taulukosta	23

1 Johdanto

1.1 Kunnossapidon merkitys konepajassa

Vielä nykyisinkin kunnossapito mielletään varsin usein vain koneiden ja laitteiden viikaantumista seuraavaksi korjaustyöksi. Yritykset kiinnittävät kunnossapitoon kuitenkin jatkuvasti enemmän huomiota, joka on johtanut siihen, että kunnossapito toimet keskittyvät yhä enemmän ennakoiviin toimiin. Nykyinen suuntaus on johtanut lisääntyvässä määrin järjestelmällisesti toteutettuun koneiden ja laitteiden kunnonvalvontaan. Apuna tässä voi olla suuri määrä laitteisiin ja koneisiin sijoitettuja antureita, jotka mittaavat ennalta määrättyjä suureita. Kerääntyvän datan perusteella voidaan tehdä reilajassa yhteenvetoja laitteen tai koneen kunnosta sekä määrittää jopa turvallinen jäljellä oleva elinikä tietyille laitteen komponenteille. (Järviö & Lehtiö 2017, 21-26.)

Työstökoneiden kriittisyys tuotannon suhteen voi vaihdella suuresti konepajan sisällä. Tämä johtaa siihen, että samankaltaisia kunnossapitotoimia ei ole välttämättä järkevää käyttää toimijan kaikilla työstökoneilla. Siinä missä uudehkon ja suuresti kuormitetun koneen kunnossapidon tulisi olla hyvin ennakoitua ja suunnitelmallista, voi tuotannon kannalta vähemmän kriittiseen koneeseen olla järkevää kuluttaa kunnossapidon resursseja vain silloin, kun koneen toiminta on häiriintynyt. Tämänkaltaisella ajattelumallilla kunnossapidon käytössä olevat resurssit saadaan todennäköisesti tehokkaasti fokusoitua kohteeseen, jossa niistä saadaan suurin hyöty tuotannon jatkuvuuden kannalta. Teollisuudessa kunnossapito on kuitenkin pohjimmiltaan tuotantokoneiden ja -laitteiden toimintakyvyn palauttamista sekä ylläpitoa. Pienissä ja keskisuurissa konepajoissa kunnossapito tapahtuu vielä yleensä varsin rajallisilla resursseilla. Tämän johdosta kunnossapidonstrategian tulisi ohjautua yrityksen tarpeiden ja sen hetkisen kuormitusasteen mukaan.

Modernimmat työstökoneet osaavat myös antaa ilmoituksia käyttöliittymän näyttöpäätteelle tietyistä ennalta määritellyistä kunnossapitotoimista. Ilmoitusten sisältö ja

ilmoitusväli ovat koneen valmistajan määrittelemiä. Lisäksi ilmoitusvälit ovat sidottuna pääasiassa koneen käyntiaikaan. Työstökoneiden antamien ilmoitusten sisältö on yleisesti kuitenkin vain tasoa - ”Voitele tämä kohde” ja ne kohdistetaan koneen operaattorille. Edellä mainitut työstökoneen ilmoitukset ovat hyvä esimerkki siitä, mitä käyttäjäkunnossapito voi konkreettisesti tarkoittaa. Operaattori suorittaa ilmoituksessa vaaditut toimet, mutta ei todennäköisesti edes koe suorittavansa kunnossapitotoimia työstökoneelle.

1.2 Suomen CNC-Koneistus Oy

Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimii Suomen CNC-Koneistus Oy. Yritys on perustettu Jyväskylään vuonna 2008 ja sen toimialana on metallien työstö. Sen toiminta on keskittynyt kevyiden ja keskiraskaiden koneistuspalveluiden tarjoamiseen. Yritys toimii alihankkijana useille alueen yrityksille. (Tervetuloa CNC-koneistuksen kotisivuille n.d.)

Toimeksiantajan konekanta koostuu 12 CNC-sorvista (Computerized Numerical Control), kuudesta CNC-jyrsinkoneesta sekä yleisistä konepajan apulaitteista (vannesaha, pylväsporakone, hitsauskone jne.). Työstökoneiden valmistusvuodet vaihtelevat vuosien 2008 ja 2018 välillä. (Konekanta n.d.)

Toimeksiantajan liiketoiminta on kasvanut merkittävästi vuosien 2013 ja 2018 välillä. Liikevaihto on kasvanut 1,6 milj. eurosta 4,2 milj. euroon, liiketoiminnan tulos on vaihdellut 100 000 € ja 250 000 € euron välillä. Henkilöstön määrä on lisääntynyt 14 henkilöstä 30 henkilöön. Edellä mainitun tarkastelujakson aikana liikevaihto ja henkilöstön määrä on siis yli tuplaantunut. Toimitusjohtaja Ari Ekholm (2019) toteaa vielä, että yritys on investoinut toimintaansa 2017 tammikuun jälkeen yli neljä miljoonaa euroa. Tuona aikana myös yrityksen toimitilat ovat kolminkertaistuneet ja ovat nykyisin 2150 m². (Taloustiedot 2018; Ekholm 2019.)

1.3 Opinnäytetyön lähtökohdat

Suomen CNC-Koneistus Oy oli kiinnostunut toteuttamaan koneiden ja laitteiden kunnossapitoon keskittyneen pilottihankkeen. Hankkeen tarkoitus oli laatia ennakkohuoltosuunnitelma kolmelle uusimmalle tuotantokoneelle. Lisäksi kunnossapidolle oli laadittava tietojärjestelmä, joka olisi helposti laajennettavissa toimijan muille tuotantokoneille.

Toimeksiantajalla ei ollut käytössä työstökonekohtaisia ennakkohuoltosuunnitelmia, eikä kunnossapidon tietojärjestelmää. Toimeksiantajan kiinnostus tuotanto-omaisuuksien hoitamista kohtaan on kasvanut konekannan kasvaessa sekä isohkojen koneinvestointien takia. Lisäksi opinnäytetyön aloituksen aikaan yrityksellä oli meneillään sertifiointi projekti. Projektin tarkoitus oli saada yrityksen toiminta vastamaan laatu- ja ympäristöjärjestelmää koskeva ISO 9001-standardia sekä ympäristöjärjestelmää koskeva ISO 14001-standardia. Ennakkohuoltosuunnitelmien laatiminen sivuaa aihetta niin, että ISO 9001-vaatimuksissa määritellään tietyt kriteerit dokumentoinnin suhteen. Lisäksi huoltosuunnitelmia laadittaessa pystytään kartoittamaan työstökoneiden aiheuttamia ympäristöriskejä, jotka puolestaan liittyvät ISO 14001-ympäristöjärjestelmän sertifiointiin.

Tämä opinnäytetyö tulee kuitenkin selvästi kohdistumaan ennakkohuoltosuunnitelman laatimiseen sekä kunnossapidon tietojärjestelmään.

Työstökoneet joihin pilottihanke kohdistuu ovat otettu käyttöön kesäkuun 2018 jälkeen. Koneet ovat keskenään erityyppisiä, joten jokainen vaatii selvästi oman ennakkohuoltosuunnitelman.

Doosan Puma 3100ULY

Doosan Puma 3100ULY on CNC-vaakasorvi. Sen suurin sorvaushalkaisija on 670 mm ja suurin sorvauspituus 3125 mm. Puma 3100ULY on käyttöönotettu toimeksiantajalla heinäkuussa 2018. Kone edustaa vaakasorvina hyvin yleistä työstökoneyyppiä.

Vastaavan tyyppin koneita on toimeksiantajalla seitsemän kappaletta. (Puma 2100/2600/3100 series n.d.) Kyseinen työstökone esiintyy kuviossa yksi.



Kuvio 1. Doosan Puma 3100Uly

Doosan Puma VTR 1620M

Doosan Puma VTR 1620M on CNC-karusellisorvi. Työstökone on käyttöön otettu maaliskuussa 2019. Kyseinen kone edustaa toimeksiantajan suurimpia koneita, sen suurin pyörintähalkaisija on 2100 mm ja suurin sorvaushalkaisija on 2000 mm. Suurin sorvauskorkeus on 1800 mm. Työstettävän kappaleen maksimi paino on 10000 kg sisältäen kiinnityksessä käytettävän pakan. (Puma VTR/VTS series vertical turning centers 2018.) Kyseisen tyyppin koneita toimeksiantajalla on viisi kappaletta. Kuviossa kaksi on Doosan Puma VTR 1620M.



Kuvio 2. Doosan Puma VTR 1620M

Lagun BM4

Lagun BM4 on runkotyyppinen CNC-jyrsinkone. Sen liikevarat ovat X-akselilla 4000 mm, Y-akselilla 1200 mm ja Z-akselilla 1500 mm. Kyseinen työstökone on lisäksi varustettu automaattisesti kääntyvällä jyrsinpäällä. Jyrsinpäessä on kaksi niveltä ja niveliäen paikoitusmahdollisuuksia on 2,5 asteen välein. Voitaneen siis puhua viisiakselisesta jyrsinkoneesta. Työstökoneen pöydälle voidaan laittaa maksimissaan 11 000 kg painoinen kappale. (BM- bed type milling machines n.d.) Lagun BM4 on käyttöön otettu toimeksiantajalla helmikuussa 2019. Kuviossa kolme on Lagun BM4 toimeksiantajan tiloissa.



Kuvio 3. Lagun BM4

1.4 Aiheen rajaus ja opinnäytetyön tavoite

Työ rajattiin toimeksiantajan toimesta koskemaan kolmea työstökoneetta. Toimeksiantaja vaati kunnossapidon dokumentointijärjestelmän olemaan Microsoft Excel -pohjainen, koska suurin osa tulevan laatujärjestelmän dokumentoinnista tulee olemaan Excel tai Word -pohjaisia. Työssä sivutaan laatujärjestelmän ISO 9001-standardia vain niiltä osin, jotka liittyvät kunnossapidon dokumentoinnin käytännön suoritteisiin ja vaatimukseen. Lisäksi ympäristöjärjestelmän ISO 14001-standardia sivutaan kartoittamalla valikoitujen työstökoneiden ympäristölle aiheuttamia riskejä.

Työstökoneita tutkitaan omina laitekokonaisuuksinaan ja tutkimukseen sisällytetään vain työstökoneen toimituksen yhteydessä tulleita laitteita. Tutkimus keskittyy pääsääntöisesti mekaanisten ongelmien kartoitukseen ja esimerkiksi työstökoneiden sähkö- ja automaatiojärjestelmät jätetään tutkimuksen ulkopuolelle. Perusteluna

edelliselle toimii se, että vaikka sähkö- tai automaatiojärjestelmissä vikaantuisi jokin komponentti, jo pelkkä vian paikannus vaatii erityistä asiantuntemusta aiheesta.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää toimeksiantajan tuotantokoneiden kunnossapitoa. Työssä laadittiin ennakkohuoltosuunnitelma kolmelle työstökoneelle sekä Excel-pohjainen kunnossapidon tietojärjestelmä.

1.5 Tutkimusasetelma ja tutkimuskysymykset

Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimus on yksi kolmesta moniotteisesta tutkimuksesta. Kehittämistutkimuksen tavoite on parantaa kohdeorganisaation toimintaa tai jotain sen toiminnan osa-aluetta. Lisäksi kehittämistutkimuksessa on käytettävä menetelmiä, joiden avulla saadaan uutta ja luotettavaa tietoa tutkittavasta asiasta tai ilmiöstä. Kehittämistutkimuksen tarkoitus on saada muutos kohteena olevaan ilmiöön tai asiaan. (Kananen 2012, 20-21, 43.)

Tämä opinnäytetyö noudattaa kehittämistutkimuksen periaatetta ja pohjautuu laadulliseen tutkimukseen. Perusteluina edelliselle toimii se, että tavoitteena on saada muutos toimeksiantajan kunnossapitostrategiaan, joka oli keskittynyt koneiden ja laitteiden korjauksiin. Tulevaisuudessa on tarkoitus kohdistaa resursseja myös ennakkoivaan kunnossapitoon. Toimeksiantajan toimintatapoihin haettiin muutosta lähestymällä ongelmaa laadullisilla tutkimusmenetelmillä. Laadullisilla tutkimusmenetelmillä pyritään ymmärtämään tutkittava asiaa tai ilmiötä. Kyseisen tutkimuksen avulla saadaan tutkimuksen kohteesta kuvailevaa sanallista tietoa. Laadullisen tutkimuksen yleisimmät tiedonkeruumenetelmät perustuvat havainnointiin, teemahaastatteluihin ja käytettävissä oleviin dokumentteihin. Tiedonkeruun avulla saatu aineisto toimii ohjaavana, joten tiedonkeruu- ja analyysivaihe sitoutuvat tiiviisti yhteen kvalitatiivisen tutkimuksen aikana. Tästä on hyötyä huomattavasti tutkijalle, koska hän voi kohdistaa tutkimuksen fokusta aktiivisesti suuntaan, joka auttaa ratkaisemaan tutkimusongelman. Laadullisessa tutkimuksessa voidaan päätyä useisiin eri lopputuloksiin riippuen tutkimuskysymyksen määrittelystä. (Kananen 2010, 37, 48-51, 145.)

Tutkimuskysymykset muotoutuivat tässä opinnäytetyössä seuraavanlaisiksi:

- Kuinka luoda ennakkohuoltosuunnitelma kyseisille työstökoneille?
- Mitkä ovat kyseisten työstökoneiden tärkeimpiä toimilaitteita?
- Kuinka tärkeimmät toimilaitteet voivat vikaantua?
- Millaisilla ennakkohuoltotoimilla vikaantumisia voidaan ehkäistä?
- Millainen kunnossapidon tietojärjestelmä tulisi olla?

Aineisto ja aineiston keruu

Aineistoa tutkimuksessa toimi työhön rajattujen työstökoneiden valmistajien käyttö- ja huolto-ohjeet sekä asiantuntiahaastattelut. Haastattelut toteutettiin ryhmähaastatteluina ja niiden sisältö kohdistui työstökoneiden toimilaitteisiin ja niiden potentiaalisiin vikaantumisiin. Ryhmähaastattelun avulla saadaan kerättyä tietoa tutkittavasta ilmiöstä. Ryhmähaastatteluiden avulla kerätty tieto voi poiketa yksilöhaastattelun avulla kerätystä tiedosta. Ryhmähaastatteluissa olisi tärkeää, että haastateltavan ryhmän sisällä olisi mahdollisimman hyvä henki, jotta kaikki jäsenet saisivat mielipiteensä ja tietonsa sanotuksi. Haastattelut olivat muodoltaan teemahaastatteluita ja niiden avulla kerättiin laadullista tietoa. Teemahaastattelujen aihealueet olivat ennakoon määriteltyjä, mutta keskustelu aihealueen sisällä on vapaamuotoista. Teemahaastatteluiden avulla kerättyä aineistoa tiivistettiin sisältöanalyysin avulla. Konevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeista laadittiin tiivistelmä, johon kirjattiin tutkimuksen kannalta merkittävä informaatio. (Kananen 2008, 73-82.)

Aikaisemmat tutkimukset

Teollisuuden kunnossapidosta on tehty suuri määrä jo pelkästään AMK -opinnäytteitä. Ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen tai kehittäminen on varsin yleinen opinnäytetyöaihe kunnossapitoa opiskelleelle. Aikaisemmissa tutkimuksissa on hyödynnetty valmiita kunnossapidontietojärjestelmä -ohjelmistoja.

2 Kunnossapito

2.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapito määritellään standardissa SFS-EN 13306:2017 seuraavasti:

”Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon.”

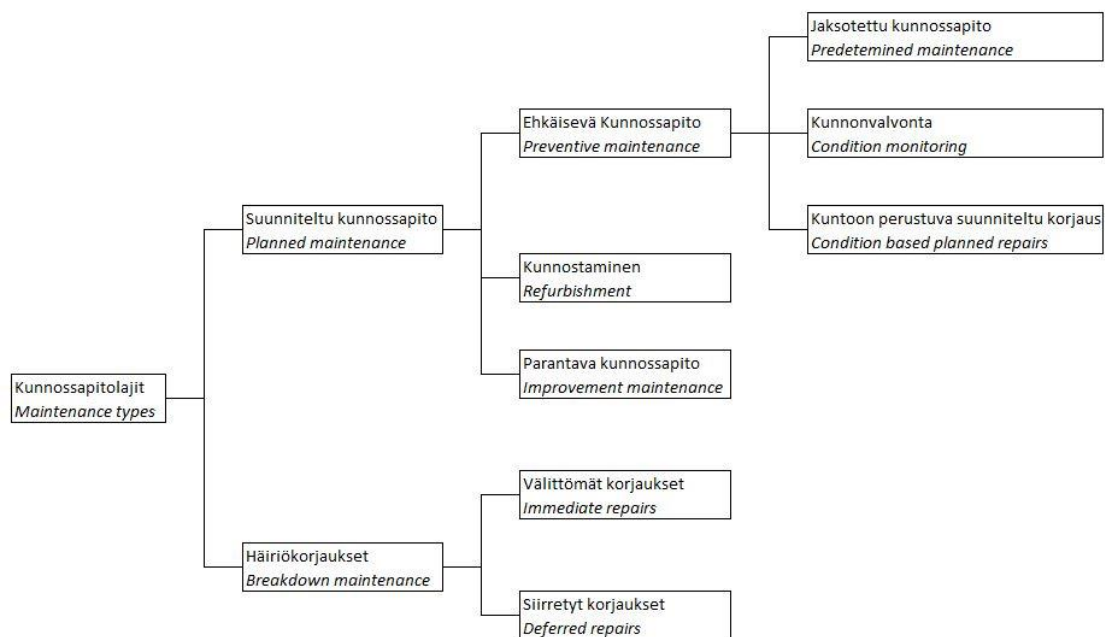
Kunnossapidon tarkoitus on mahdollistaa laitteiden ja koneiden kyky suoriutua toiminnoista, joita niiltä vaaditaan. Kunnossapitoa voidaan suorittaa ehkäisemään kohteen vikaantumista tai vikaantumisen tapahduttua, jolloin pyritään palauttamaan kohteen suorituskyky vaaditulle tasolle. Kohteen vikaantuessa se ei kykene toimintoon, joka siltä vaaditaan. Vikaantuminen johtuu viasta. Kohde on vikaantuneena, kun sen toiminto estyy jostain muusta syystä kuin suunnitellun toimen toteutuksesta tai ulkoisesta resurssipuutteesta. SFS-EN 13306:2017 mukaan vikaantuminen on määritelmätilanteelle, jossa kohde ei kykene suoriutumaan siltä vaaditusta toiminnosta. Vikaantuminen ei tarkoita välttämättä täyttä toimintakyvyn menetystä. Kohteelle voi olla esimerkiksi määritelty tietty aika, jossa sen tulee suorittaa kyseinen toiminto. Mikäli toiminnon suorittamiseen kuluu aikaa enemmän, on kohde vikaantunut ja siinä on jokin vika. (SFS-EN 13306:2017, 26).

Organisaation kunnossapidon toimintojen pitäisi perustua sen toimintastrategian tukemiseen. Kunnossapidon toimintojen tulisi siis keskittyä asioihin, jotka mahdollistavat yritykselle sen toimintastrategian toteuttamisen. Kunnossapidon kohdentaminen kriittisiin kohteisiin on tässä avain asemassa. On myös siis ensiarvoisen tärkeää, että ymmärretään kuinka laitteiden ja koneiden tulisi kyetä toimimaan, jotta yrityksen tuotanto saadaan turvattua vaaditulle tasolle. Kunnossapidolle olisi vielä määriteltävä toiminnantaso sekä strategia, joilla kyetään varmistamaan laitteiden ja koneiden toiminta vaaditusti. Teollisessa toiminnassa kunnossapito muodostaa yritykselle sen

suurimmat kontrolloimattomat kulut. Kulujen muodostumiseen vaikuttaa muun muassa tuotantokoneiden seisakit, varaosat, kunnossapidon henkilöstökulut. (Laine 2010, 124-125; Heinonen, Jantunen, Kautto, Kokko, Komonen, Lakka, Leinonen, Lumme, Miettinen, Mikkonen, Mäkeläinen, Riutta & Sulo 2009, 26, 38).

2.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapitolajit jaetaan yleisesti aluksi kahteen ryhmään. Jaottelu pohjautuu kohteelle suunnitelmallisesti suoritettaviin toimiin ja vikaantumisen jälkeen tehtäviin toimiin. Kyseiset ryhmät lajitellaan vielä useampaan alaryhmään. Ryhmien lajitteluperusteet ja termit poikkeavat hieman toistensa käytettävän lähteen mukaan, mutta pääajatus on kaikissa sama. (Järviö & Lehtiö 2017, 46-48). Kuviossa neljä kunnossapitolajit on lajiteltu PSK 7501:2010 mukaan.



Kuvio 4. Kunnossapitolajit PSK 7501:2010 mukaan (PSK 7501:2010)

Suunniteltu kunnossapito

Suunniteltu kunnossapito pitää sisällään kaikki ennalta suunnitellut toimet, joilla pyritään varmistamaan laitteen tai koneen toimintakunto. Suunnitellun kunnossapidon

toimet ovat siis ennakkoon suunniteltuja, yleensä aikataulutettuja ja toiminta on jatkuva. Toimet koostuvat suunnitelluista korjauksista, erilaisista tarkastuksista, toimintaolosuhteiden ylläpidosta sekä koneiden ja laitteiden modernisoinnista. Suunniteltua kunnossapitoa voidaan tehdä laitteiden käynnin tai seisakkien aikana. (Järviö & Lehtiö 2017, 50, 99-100).

Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito pitää sisällään kunnossapidon toimet, joita suoritetaan, kun laitteen toimintakyky on laskenut vaaditun tason alapuolelle. Toimien tarkoituksena on palauttaa kohteen toimintakyky vaaditun tason yläpuolelle. Voidaankin siis kansankielellä puhua rikkoutuneiden asioiden korjauksesta. (Järviö & Lehtiö 2017, 46-53).

Korjaava kunnossapito voidaan ryhmitellä kahdenlaisiin toimiin. Toimiin, jotka alkavat heti kun vikaantuminen huomataan sekä toimiin, jotka eivät ala heti vikaantumisen tultua ilmi. Voidaan siis puhua välittömästä tai siirretystä korjaavan kunnossapidon toimista. (Järviö & Lehtiö 2017, 46-53).

2.3 Menetelmiä kunnossapidon kehittämiseksi

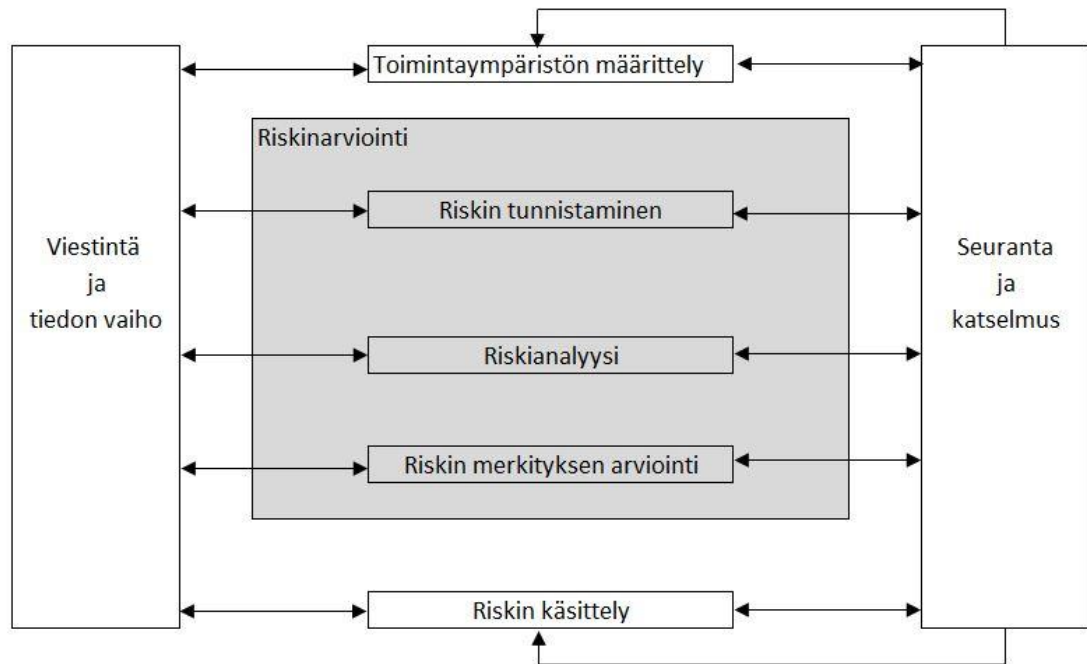
Riskiarviointi yleisesti

Kunnossapidon kehittäminen yrityksessä edellyttää kehitystarpeiden tunnistamista. Jotta kehitystyötä voidaan tehdä pitää ensin tunnistaa epäkohtia, joihin halutaan parannus. Tämä voi olla haastavaa varsinkin, jos toiminta on jatkunut pitkään muuttumattomana. Apua tällaiseen ongelmaan voidaan lähteä hakemaan esimerkiksi yrityksen ulkopuolisilta tahoilta, jotka eivät ole vielä ”sokeutuneet” yrityksen toimintaympäristölle tai -tavoille.

Vikaantumisten syiden selvittäminen on noussut kunnossapidossa entistä suurempaan rooliin. Enää ei keskitytä vain kunnossapitotoimien toteuttamiseen, vaan pyritään myös määrätietoisesti ymmärtämään, miksi asioita tehdään. Kun ymmärretään

kuinka laite tai kone voi vikaantua, kyetään suurella todennäköisyydellä myös ymmärtämään juurisyy vikaantumiselle. Vikaantumisen juurisyyn löytäminen mahdollistaa tulevaisuudessa paremmin suunnitellut kunnossapitotoimet, jotta samalta ongelmalta vältyttäisiin tulevaisuudessa tai ongelma esiintyisi ainakin lievemmässä muodossa. Kunnossapitotoimien kohdistuessa juurisyyn voidaan koneen luotettavuuteen sekä laaduntuottokykyyn saada merkittävä parannus. Juurisyiden jäljille voidaan päästä esimerkiksi erilaisten riskianalyyseiden avulla. Riskianalyyseiden käyttö sekä mahdollisen vikahistorian analysointi ovat nykyisin lisääntyneinä määrinä muodostuneet ohjaamaan kunnossapitoa ja sen toimia. (Järviö & Lehtiö 2017, 52; Laine 2010, 127).

Organisaation toimintaan liittyy aina myös riskejä. Riskienhallintaan on olemassa useita riskianalyysemenetelmiä, joiden tarkoitus on tunnistaa riskit sekä niiden vaikutus organisaation toimintaan. Riskianalyyseiden avulla pyritään arvioimaan erilaisia riskien mahdollisuuksia sekä itse riskejä. Niiden avulla pyritään siis selvittämään millainen riski voi olla, mitä riskistä voi seurata, millä todennäköisyydellä riski tapahtuu sekä voidaanko riskin esiintymistä ehkäistä tai sen seurausta lieventää. Analyysimenetelmä tulisi valita aina tutkittavan kohteen mukaan. Menetelmä voi olla kvalitatiivinen, kvantitatiivinen tai moniotteinen, riippuen täyttötarkoituksesta sekä ympäristöstä. Riskiarviointi on prosessi, johon kytkeytyvät riskin tunnistaminen, -analyysi sekä -merkityksen arviointi. Prosessin soveltamiseen vaikuttavat merkittävästi käytetyt menetelmät sekä tekniikat. Riskiarvioinnin tulokset luovat pohjan päätöksenteolle organisaation sisällä. Kuviossa viisi on kuvattu riskiarviointiprosessia ISO-EN 31010:2013 mukaan. (SFS-EN 31000:2018, 17; SFS-EN 31010:2013, 10, 20).



Kuvio 5. Riskin arviointiprosessin kulku SFS-EN 31010 mukaan (SFS-EN 31010:2013)

Riskien tunnistamisen kannalta on ensiarvoisen tärkeää kyetä määrittelemään tarkasti kohde sekä toimintaympäristö, johon riskienarviointi kohdistuu. Itse riskien tunnistamiseen on kehitetty useita menetelmiä ja ne voivat perustua esimerkiksi historiatietojen analysointiin, vihje- tai kysymyslomakkeisiin tai todennäköisyyspäätelyihin. Tunnistamisen apuna voidaan käyttää tukitekniikoita, jotta riskejä saadaan kartoitettua mahdollisimman laajasti ja tarkasti, esimerkkinä aputekniikasta mainittakoon aivoriihi. Kun riskit on tunnistettu, voidaan niitä analysoida riskianalyyseiden avulla. Riskianalyyseiden avulla pyritään muodostamaan mahdollisimman hyvä käsitys riskistä, sen todennäköisyydestä, seurauksista sekä mahdollisista riskin hallitsemistoimista. Edellä mainitut suureet yhdistämällä voidaan määritellä riskitaso. Olennaisena osana riskianalyysiin kuuluu myös niiden tekijöiden tunnistaminen, jotka vaikuttavat riskin syntyyn. On kuitenkin muistettava, että suurin osa riskianalyyseistä perustuu tietyn tapahtuman todennäköisyyteen tapahtua, joten analyysin tulokset eivät välttämättä ole absoluuttisia. Hyvin toteutettu riskianalyysi kykenee varmasti ohjaamaan organisaation toimintaa riskivapaampaan suuntaan. (SFS-EN 31010:2013, 20-22).

Riskianalyysien avulla voidaan laatia pohja teollisuuden koneiden ja laitteiden huoltosuunnitelmiin. Tutkimalla koneen tai laitteen toimintaa riskianalyysillä saadaan selville esimerkiksi, kuinka kone tai laite voi vikaantua. Näin kunnossapitoa voidaan kohdistaa analyysissä esille nousseisiin kohteisiin. Riskiarvioinnin avulla tehty ennakkohuoltosuunnitelma olisi syytä tarkistaa määräajoin koneen tai laitteen elinkaaren aikana. Tämä on tärkeää varsinkin silloin, jos toimintaympäristössä tapahtuu merkittäviä muutoksia. Elinkaarella tarkoitetaan tässä tapauksessa ajanjaksoa koneen tai laitteen käyttöönoton ja käytöstä poiston välillä. Merkittävä muutos toimintaympäristöön voi olla esimerkiksi paljon epäpuhtauksia tuottavan työpisteen perustaminen laitteen viereen. Esimerkiksi hitsaustyöpiste voi altistaa ympäristönsä epäpuhtauksille, jotka voivat vaikuttaa muiden välittömässä läheisyydessä sijaitsevien koneiden ja laitteiden toimintaan. Riskiarvioinnin avulla voidaan luoda ennakkohuoltosuunnitelma myös kesken koneen tai laitteen elinkaaren. (SFS-EN 31010:2013, 30-34).

Riskiarviointitekniikan valinta

Riskiarvioinnissa voidaan käyttää useaa tai vain yhtä tekniikkaa. Mikäli käytetään useampaa tekniikkaa arvioinnin eri vaiheissa, tulee varmistua siitä, että tekniikat ja menetelmät tukevat toisiaan. Tästä syystä voi olla helpompaa käyttää vain yhtä menetelmää, jotta päädytään johdonmukaiseen ja mahdollisimman luotettavaan lopputulokseen. Valittu menetelmä tulisi olla perusteltu ja sen tulisi soveltua valitun kohteen tarkasteluun. Lisäksi menetelmän avulla saatujen tuloksien tulisi auttaa organisaatiota käsittelemään esille nousseita riskejä. (SFS-EN 31010:2013, 30-34).

Standardissa SFS-EN 31010:2013 on vertailtu eri riskiarviointitekniikoiden soveltuvuutta prosessin eri vaiheisiin. Kyseinen standardi jakaa prosessin seuraaviin vaiheisiin:

- Riskin tunnistaminen
- Riskin seuraukset
- Riskin todennäköisyys
- Riskin riskitaso
- Riskin merkityksen arviointi (SFS-EN 31010:2013, 36)

Standardissa SFS-EN 31010:2013 on arvioitu eri menetelmien soveltuvuutta kuhunkin edellä listattuihin riskiarvioinnin vaiheisiin. Arviointi on toteutettu kolmiportaisesti ja ne ovat seuraavat: erittäin soveltuva, soveltuva ja ei soveltuva. Standardiin listatuista menetelmistä neljä soveltuu riskiarviointiprosessin jokaiseen viiteen vaiheeseen erittäin hyvin. Kyseiset neljä menetelmää on listattu seuraavaksi ja jokaisesta on lyhyt kuvaus. (SFS-EN 31010:2013, 38).

- Ympäristöriskien arviointi: Kartoitetaan kohdeprosessin aiheuttamat ympäristövaarat kasveille, ihmisille ja eläimille.
- Mitä jos -analyysi (SWIFT, Structured "What-if" technique): Riskiarvioinnin tukimenetelmä, joka on alun perin kehitetty kemian ja petrokemian laitosten tarpeisiin, osana vaarojen tunnistamista. Voidaan käyttää jo tehtyjen toiminnan muutoksien seurausten kartoitukseen. Pyritään siis löytämään toiminnan muutoksesta johtuvia aiemmin tunnistettujen riskien muutoksia tai löytämään uusia riskitekijöitä.
- Vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA, Failure modes and effects analysis): Menetelmän avulla pyritään tunnistamaan kohteen komponentit ja järjestelmät, jotka voivat epäonnistua suorittamaan alkuperäisen käyttötarkoituksen. Samalla voidaan tunnistaa syitä, jotka voivat johtavat suorituksen epäonnistumiseen.
- Toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito (RCM, Reliability centred maintenance): Menetelmä on kehitetty luomaan toimintamalleja, joilla voidaan hallita vikaantumisia sekä pyritään takaamaan toiminnan turvallisuus, käyttövarmuus ja taloudellinen kannattavuus menetelmän kohteena olevalle laitteelle tai koneelle. Kyseessä on hyvin perusteellinen ja laaja riskianalyysimenetelmä. Toimintavarmuuskeskeiseen kunnossapidon menetelmän osaksi kuuluu myös vika ja vaikutusanalyysi. (SFS-EN 31010:2013).

Ennakkohuoltosuunnitelma toimeksiantajan työstökoneille laadittiin yhden menetelmän avulla, jotta välttyttiin mahdollisilta ongelmilta menetelmästä toiseen siirtymisessä riskiarviointiprosessin aikana. Edellä listatuista menetelmistä soveltuvimmat ennakkohuoltosuunnitelman laatimiselle ovat vika- ja vaikutusanalyysi sekä toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito. Ympäristöriskien arviointi keskittyy vain ympäristöriskien arviointiin, joten se ei suoraan pureudu koneiden ja laitteiden vikaantumisiin tai niiden ehkäisyyn. Mitä jos -analyysiä voidaan käyttää tukimenetelmänä riskiarvioinnissa, mutta yksin käytettynä se ei ole käyttökelpoinen ennakkohuoltosuunnitelman laatimisessa. Toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito (RCM) on suuri kokonaisuus, jonka avulla kohdejärjestelmä kartoitetaan ja tutkitaan perusteellisesti

(Laine 2010, 126-127; Järviö 2000, 20-22). Opinnäytetyön toteuttamiseen oli määritetty varsin rajallisesti resursseja, joita RCM-projekti sitoo huomattavan paljon. Edellisen perusteella RCM-projektia ei toteutettu tämän tutkimuksen yhteydessä. Ennakokohuoltosuunnitelma laadittiin vika- ja vaikutusanalyysin avulla. Kyseisen analyysin avulla saadaan kartoitettua laitteen tai koneen vikoja sekä seurauksia, joita viat voivat aiheuttaa.

2.4 Vika- ja vaikutusanalyysi

Vika- ja vaikutusanalyysi on yksi luotettavuusanalyysimenetelmä, jota käytetään laajasti teollisuudessa. Menetelmän tarkoitus on kartoittaa kohteena olevassa toiminnasta häiriöitä, virheitä ja ongelmia, joiden seuraukset vaikuttavat merkittävässä määrin alentavasti kohteen toimintakykyyn. FMEA soveltuu järjestelmän, suunnittelun, prosessin tai palvelun tarkasteluun. Sen avulla pyritään ehkäisemään virheellisten toimintojen suorittaminen, tunnistamalla toiminnasta ne asiat, joissa voidaan epäonnistua. Menetelmän avulla saadaan selville millaisia riskejä toimintaan tai toimintoihin voi liittyä, kuinka ne esiintyvät, syyt mistä ne johtuvat sekä mitä vaikutuksia riskeillä on toiminnalle. (Laine 2010, 127; Stamatis 2003, 21).

Kunnossapidon näkökulmasta vika- ja vaikutusanalyysillä saadaan kartoitettua laitteen tai koneen elinkaaren aikana mahdollisesti esiintyviä vikaantumisia sekä vikaantumiseen johtaneet syyt. Lisäksi voidaan suunnitella toimia, joilla vikaantuminen voidaan estää tai esiintymistä vähentää. Vika- ja vaikutusanalyysi voidaan kohdistaa kokonaiseen laitteisiin tai vain laitteen tiettyihin laitteen toimintoihin. Analyysissä luodaan taulukko toiminnoista tai komponenteista, jotka voivat vikaantua. Lisäksi näistä jokaiselle listataan seuraavat asiat: vikamuoto, vian syy sekä vian vaikutus. Analyysiä tehdessä on tärkeää ymmärtää kuinka tutkittavan kohteen tulisi toimia, jotta analyysin tuloksina syntyvät kunnossapidon toimet olisivat tehokkaita ja kohdistettu oikein. (Smith & Hinchcliffe 2004, 49-52).

Taulukossa yksi on yksinkertainen esimerkki vika- ja vaikutusanalyysistä kunnossapidon analyysityökaluna. Kyseisessä esimerkissä tarkasteltava laite on auto. Osa tai

komponentti on moottori. On havaittu, että auto ei kykene liikkumaan. Vikamuoto tapauksessa on kiinnileikkautunut, mikä estää vaaditun toiminnon. Vian syyksi on kyetty päättelämään epäpuhtauksia öljyssä. Suositellut toimet- sarakkeessa on listatuna toimia kunnossapidolle, joilla vikaantumisia pyritään ehkäisemään. Vaikka esimerkki perustuukin vian vaikutuksen havaitsemiseen, Vika- ja vaikutusanalyysi soveltuu erittäin hyvin myös kartoittamaan vikoja sekä riskejä, joita ei ole aikaisemmin tunnistettu (Stamatis 2003, 21-22).

Taulukko 1. Yksinkertainen FMEA esimerkki

Laite	Osa tai komponentti	Vaadittu toiminto	Vikamuoto (konkreettinen vika)	Vian aiheuttaja	Vian vaikutus	Toimi vian ehkäisemiseksi
Auto	Moottori	Tuottaa voima liikkumiseen	Kiinnileikkannut	Epäpuhtauksia öljyssä	Liikkuminen estyy	Öljyn ja suodattimen vaihto määräajoin

3 Työstökoneiden ennakkohuoltosuunnitelmat FMEA:n avulla

3.1 Aineisto

Tutkimusaineisto muodostui työstökonevalmistajien koneiden mukana toimittamista käyttö- ja huolto-ohjeista sekä asiantuntijoiden teemahaastatteluista. Asiantuntariyhmä koostui työstökoneen operaattoreista ja yrityksen tuotantojohtajasta. Operaattoreita työskenteli kullakin työstökoneella kaksi.

Työstökoneiden käyttö- ja huolto-ohjeet

Työstökoneiden mukana toimitettuihin käyttö- ja huolto-ohjeisiin tutustuttiin perusteellisesti ja niistä laadittiin koontitaulukointi Exceliä hyödyntäen. Koontitaulukosta tehtiin Excel-pohjainen, koska vika- ja vaikutusanalyysi toteutettiin myös Exceliä hyödyntäen. Manuaalien avulla tutustuttiin myös työstökoneiden mekaaniseen rakenteeseen, jotta tutkija sai muodostettua käsityksen tutkimuksen kohteena olevien työstökoneiden toiminnasta ja rakenteesta. Tutkijalla oli aikaisempaa kokemusta

työstökoneilla työskentelystä ja niiden huoltamisesta yli 10 vuoden ajalta. Aikaisempi kokemus työstökoneista auttoi tutkijaa ymmärtämään tutkimuksen kohteena olevien työstökoneiden rakennetta ja toimintaa.

Valmistajan manuaaleissa huolto- ja kunnossapito-ohjeet olivat järjesteltynä varsin epäloogisesti ja sisälsivät jopa ristiriitaista informaatiota huoltoväleistä. Yhtenä esimerkkinä mainittakoon Doosan Puma VTR 1620M -koneen hydraulikkayksikön öljynvaihtoväli. Kohdassa, jossa itse hydraulikkayksikkö ja sen komponentit esitellään, on määritelty öljynvaihtoväliksi kuusi kuukautta, kun taas varsinaisessa ennakkohuolto -kohdassa vaihtoväliksi määritellään 12 kuukautta.

Työstökoneiden manuaalit käytiin lävitse kohta kohdalta ja kunnossapidon kannalta merkittäviä asioita listattiin samalla Excel-taulukkoon. Taulukossa kaksi on listattu Doosan Puma VTR1620M -työstökoneelle valmistajan suosituksia päivittäisiksi kunnossapitotoimiksi. Samaan tapaan listattiin myös viikoittain, kuukausittain, puolivuositain ja vuosittain tehtäväksi suositellut toimet. Huomioita-sarakkeeseen on kirjattuna toimet, joihin työstökone kykenee reagoimaan. Esimerkiksi mikäli hydraulikanpaine alittaa valmistajan määrittelemän alarajan, työstökoneen käyttöliittymän näyttöpäätteelle ilmestyy hälytys aiheeseen liittyen.

Taulukko 2. Esimerkki Doosan Puma VTR1620M valmistajan suosittelemista päivittäisistä kunnossapitotoimista.

Päivittäiset toimet	Huomioita
Tarkasta ovien rajakykimien toiminta	Työstökone antaa hälytyksen
Puhdista kone ja sen ympäristö käytön jälkeen	
Tarkasta johdevoiteluöljyn määrä, lisää tarvittaessa	Työstökone antaa hälytyksen
Tarkista hydraulioöljyn paine	Työstökone antaa hälytyksen
Tarkasta hydraulioöljyn määrä, lisää tarvittaessa	
Tarkasta karan vaihteistoöljyn määrä, lisää tarvittaessa	
Tarkasta leikkuunesteen määrä, lisää tarvittaessa	Työstökone antaa hälytyksen
Tarkasta leikkuunesteen suodattimien likaisuus, puhdista tai vaihda tarvittaessa	Työstökone antaa hälytyksen
Puhdista pakka	
Tarkasta työkalujen aseointi työkalumakasiinista	
Puhdista työkalunvaihtaja lastuista	
Seuraa käynnin aikana, että suojaopellit liikkuvat normaalisti	
Tarkista paineilman paine, säädä tarvittaessa	Työstökone antaa hälytyksen
Vaihda palanut työvalo	

Taulukoon kolme on koottu valmistajan suositukset Doosan Puma VTR1620M -työstökoneessa käytettävistä öljyistä, öljyjen määristä ja niihin liittyvät suositellut kunnossapitotoimet. Huomioita-sarakkeessa on listattu järjestelmään pumpulta lähtevä paine, mikäli se on ollut kirjattuna työstökoneen manuaaleihin.

Taulukko 3. Doosan Puma VTR1620M työstökonevalmistajan suositukset öljyjen kunnossapidolle.

Johdeöljy			Huomioita
Öljy	VG-68		
Määrä	17,8	litraa	
Pinnan tarkistus	8	h	
Täyttö	80	h	
Hydrauliyksikkö			Huomioita
Öljy	ISO-VG32		
Määrä	26	litraa	
Pinnan tarkistus	8	h	
Paineen tarkistus	8	h	50 bar
Jäähdytinrivaston puhdistus	12	kk	
Öljyn vaihto	6	kk	
Kara- ja vaihteistoöljyn jäähdytin			Huomioita
Öljy	ISO-VG32		
Määrä	125	litraa	
Pinnan tarkistus	8	h	
Paineen tarkistus	8	h	5 bar
Jäähdytinrivaston puhdistus	12	kk	
Öljyn ja suodattimen vaihto	6	kk	

Asiantuntijahaastattelut

Asiantuntijahaastattelut olivat teemahaastatteluita, jotka pidettiin työstökonekohtaisesti. Haastatteluihin osallistuivat kyseisellä työstökoneella työskentelevät operaattorit sekä toimeksiantajan tuotantojohtaja. Haastattelut olivat siis ryhmähaastatteluita. Haastatteluiden ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää jokaisen työstökoneen tärkeimmät toimilaitteet. Toisena tavoitteena oli selvittää kuinka toimilaitteet voivat vikaantua. Haastattelutilanteessa keskustelu oli vapaamuotoista teeman ympärillä ja tämän ansiosta myös hyvin tuottoisaa tutkimuksen kannalta. Haastatteluiden aikana tehtiin muistiinpanoja, joihin kirjattiin työstökoneen kriittisimmät toimilaitteet ja niiden toiminnassa mahdollisesti esiintyviä ongelmia. Vaikka tutkija olisi aikaisemman

työkokemuksensa puolesta voinut osallistua itse keskustelun sisältöön, tätä pyrittiin välttämään. Perusteena tälle toimi se, että haastatteluiden tarkoitus oli tuoda esille asioita, jotka ei vielä ollut tutkijan tiedossa. Mikäli tutkija olisi osallistunut itse aktiivisesti haastatteluiden sisältöön, olisi se todennäköisesti johdatellut keskustelua sellaiseen suuntaan, jossa uusia asioita tai ilmiöitä ei olisi noussut niin paljon esille. Haastatteluiden teemat pyörivät seuraavien tutkimuskysymyksiensä ympärillä:

- Mitkä ovat kyseisten työstökoneiden kriittisimmät toimilaitteet?
- Kuinka kriittisimmät toimilaitteet voivat vikaantua?

Haastatteluiden avulla saatiin kartoitettua työstökoneiden kriittisimpiä toimilaitteita ja toimilaitteissa mahdollisesti esiintyviä ongelmia. Haastatteluiden aikana tehdyille muistiinpanoille suoritettiin sisältöanalyysi, jonka jälkeen tiedot taulukoitiin Exceliin. Sisältöanalyysiä tehdessä havaittiin, että esille nousseet toimilaitteet olivat kahdelta eri rakennetasolta koneen hierarkiasta. Tämän seurauksena toimilaitteet päädyttiin luokittelemaan kahteen eri tasoon. Esimerkkinä mainittakoon hydraulikkajärjestelmä, joka on toimilaite ja alitoimilaitteina järjestelmässä on pumppu, moottori, suodatin jne. Taulukossa neljä on esimerkki aineiston sisältöanalyysin tuloksena luodusta taulukoinnista. Taulukointi toimi pohjana itse vika- ja vaikutusanalyysille.

Taulukko 4. Esimerkki aineiston sisältöanalyysin tuloksena luodusta taulukosta

	=Toimilaite				
	=Alitoimilaite				
	=Potentiaalinen vika				
	Potentiaalinen vika tai vikamuoto				
Hydrauliikkajärjestelmä					
Moottori	Ei pyöri	Pyöri liian hitaasti	Pyöri liian nopeasti	Pyörintänopeus vaihtelee	
Pumppu	Ei pumpppaa	Ei saavuta vaadittua painetta	Vuotaa ulos		
Putket ja letkut	Vuotaa	Tukossa	Poikki	Irronnut	
Jäähdytin	Likainen				
Säiliö	Tyhjä	Sakkaa pohjalla	Vuotaa		
Suodatin	Tukossa	Ei suodata	Vuotaa		
Venttiilit	Jumittunut auki	Jumittunut kiinni	Vuotaa sisäisesti	Vuotaa ulos	
Regulaattori	Liian alhainen paine	Liian suuri paine	Paine heittelee	Vuotaa ulos	

3.2 FMEA

Vika- ja vaikutusanalyysin toteutus alkoi FMEA-lomakepohjan luomisella Exceliin. Liitteessä yksi on esitetty tässä tutkimuksessa käytetty FMEA-Lomake. Lomakkeisiin kirjattiin seuraavat asiat:

- Toimilaite
- Alitoimilaite
- Vaadittu toiminto
- Vikamuoto (konkreettinen vika)
- Vian aiheuttaja (syy)
- Havaittavuus ja havaitsemistapa
- Vian vaikutus paikallisesti, työstökoneelle ja yritykselle
- Mahdollinen ennakoiva toimenpide vian ehkäisemiseksi

FMEA-lomakkeeseen kirjattiin aluksi haastatteluiden avulla esille nousseet toimilaitteet, alitoimilaitteet ja näiden vikamuodot. Alitoimilaitteilta vaaditut toiminnot muotoituivat työstökoneen toiminnan pohjalta. Tämä siis edellytti sitä, että tutkija ymmärsi alitoimilaitteiden merkityksen koko järjestelmälle. Vaadittujen toimintojen kartoituksessa hyödynnettiin muun muassa työstökoneen manuaaleissa olevia hydraulikka-, pneumatiikka- ja sähkökaavioita, sekä tutkijan aikaisempaa kokemusta työstökoneista. Esimerkkinä mainittakoon, kun sorvin toimilaite on pääkara ja alitoimilaite on pakka niin pakalta vaadittu toiminto on kappaleen kiinnitys.

Vikamuoto pyrittiin kirjaamaan sellaiseen muotoon, että se kuvaa mahdollisimman hyvin itse konkreettista vikaa tai ongelmatilannetta. Lisäksi vikamuodon tulisi olla sellainen, jonka voi ehkäistä tai korjata. Tämä helpottaa vikaa ehkäisevän toimen pohdinnassa.

Vian aiheuttaja -kohdassa vastattiin kunkin alitoimilaitteen vikamuoto-kohdasta muotoiltuun kysymykseen. Esimerkkinä: toimilaite pääkara, alitoimilaitteena C-akseli, vikamuoto C-akseli paikoittaa väärin. Vikamuoto johtaa seuraavaan kysymykseen: Miksi C-akseli paikoittaa väärin? Edellä mainittuun kysymykseen saatiin kaksi vastausta: C-akselin hammasvälitys kulunut sekä sähkö- tai automaatiojärjestelmästä

johtuva ongelma. FMEA:n tämä vaihe vei huomattavasti suurimman osan ajasta, koska itse vika voi johtua useasta asiasta. Vian syyn kartoitus on avainasemassa, kun suunnitellaan ennakoivia huoltotoimia. Mikäli tämä vaihe olisi suoritettu ilman syvälistä tutkimusta, olisi se voinut vääristää huomattavasti tutkimuksen kulkua sekä tutkimustuloksina saatavia ennakoivia kunnossapitotoimia.

Vian havaittavuus ja havaitsemistapa -kohdassa listattiin, kuinka vika voidaan havaita. Eli esimerkiksi kykeneekö työstökone antamaan hälytyksen kyseisen vikaantumisen yhteydessä tai onko vika havaittavissa aistinvaraisesti vai ei.

Vian vaikutuksia -kohdassa kartoitettiin minkälaisia vaikutuksia kukin vikamuoto aiheuttaa paikallisesti, työstökoneelle ja yritykselle. Esimerkkinä mainittakoon Lagun BM4 -koneelta tilanne, jossa karan tai työkalupitimen kartio on kulunut tai vaurioitunut. Vika vaikuttaa paikallisesti siten, että työkalussa esiintyy heittoa säteen suuntaisesti. Työstökoneelle vika aiheuttaa työstötarkkuuden heikkenemistä sekä normaalia nopeampaa työkalujen kulumista. Yritykselle aiheutuu vian johdosta nousseet työkalukustannukset, mahdolliset kustannukset virheellisistä tuotteista sekä kunnossapitokustannukset vian korjaamisesta.

Viimeisenä vaiheena FMEA-lomakkeeseen pohdittiin ennakoivan kunnossapidon toimia, joiden avulla vikaantumisia saataisiin vähennettyä tai jopa kokonaan ehkäistyä.

3.3 Työstökoneiden ennakkohuoltosuunnitelmat

Työstökonekohtaiset ennakkohuoltosuunnitelmat laadittiin vika- ja vaikutusanalyysin sekä konevalmistajien huoltosuunnitelmien avulla. Työstökoneiden ennakkohuoltosuunnitelmia ei voitu laatia pelkästään vika- ja vaikutusanalyysin pohjalta, koska kaikki tutkimukseen sisällytetyt työstökoneet olivat konevalmistajien takuunalaisia tutkimuksen aikana. Huomioimalla konevalmistajien huoltosuunnitelmat toimeksiantajalle räätälöidyissä ennakkohuoltosuunnitelmissa, varmistuttiin siitä, että työstökoneiden takuu pysyy voimassa takuukauden loppuun asti. Konevalmistajat pyrkivät

yleisesti laatimaan huoltosuunnitelmansa pitäen silmällä erityisesti takuu-aikaa ja laativat huoltosuunnitelmasta sellaisen, minkä avulla pyritään minimoimaan laiterikkojen mahdollisuus (Laine 2010, 130). Takuu-aikana vastuu mahdollisista vikaantumisista kuuluu yleensä laitevalmistajan vastuulle, mikäli valmistajan laatimaa huoltosuunnitelmaa on noudatettu. Vika- ja vaikutusanalyysin avulla nousi esille huoltokohteita, joita ei ollut huomioitu työstökonevalmistajien ennakkohuoltosuunnitelmissa.

Ennakkohuoltosuunnitelmien toimet sidottiin kalenteriaikaan. Konevalmistajien huoltosuunnitelmissa huoltojen intervalli on sidottu koneen käyttötunteihin sekä kalenteriaikaan. Konevalmistajat olivat määritelleet käyttötuntien ja kalenteriajan suhteen, että työstökoneella työskenneltäisiin pääasiassa kolmivuorotyössä viitenä päivänä viikossa. Toimeksiantajalla työskentely on normaalisti kaksivuorotyötä viitenä päivänä viikossa, joten konevalmistajien määrittelemistä huoltojen intervalleista täyttyy ensimmäisenä kalenteriaika.

Ennakkohuoltotoimien intervallit jakoutuivat seuraavasti: aamulla suoritettavat toimet, päivän päätteeksi suoritettavat toimet, viikoittaiset toimet, kuukausittaiset toimet, kolmen kuukauden välein suoritettavat toimet, puolivuositain suoritettavat toimet ja vuosittain suoritettavat toimet. Huoltotoimien toteutusvastuuta pohdittiin yhdessä toimeksiantajan edustajan kanssa. Päivä- ja viikkokohtaisista ennakkohuoltotoimista vastaa koneen operaattori, koska toimet koostuvat pääasiassa määrättyjen kohteiden tarkastuksista sekä työstökoneen ja sen ympäristön puhtaanapidosta. Kuukausittaisiin ja sitä pidemmällä aikavälillä suoritettaviin toimiin määriteltiin toimeksiantajayrityksen sisältä vastuuhenkilö. Hänen vastuullansa on tulevaisuudessa seurata huoltojen välejä ja huolehtia huollon ajoituksesta. Näiden huoltojen suoritettava taho määritellään tapauskohtaisesti, koska osa huoltotoimista vaatii erityisosaamista ja -laitteita, joita ei löydy toimeksiantajayrityksen sisältä. Erityisosaamista ja -laitteita vaativa huolto voi olla esimerkiksi työstökoneen akseleiden geometriamittaus ja kompensointi.

Tutkimuksen kohteena olleille työstökoneille laadittiin selkeästi omat ennakkohuoltosuunnitelmat. Tutkimuksen tuloksena syntyneet työstökonekohtaiset ennakkohuoltosuunnitelmat ovat nähtävissä liitteissä kaksi, kolme ja neljä.

3.4 Kunnossapidon tietojärjestelmä

3.4.1 Pohjatietojen määrittäminen

Toimeksiantaja oli määritellyt käytettäväksi Microsoft Excel -ohjelmistoa. Toimeksiantaja perusteli ohjelmisto valintaa muun muassa sillä, että suurin osa yrityksen sen hetkisistä dokumenteista ovat Word tai Excel -pohjaisia. Tämän johdosta oli myös luontevaa, että kunnossapidon tietojärjestelmä noudattaisi samaa linjaa. Lisäksi toimeksiantajalta ei kului resursseja uuden ohjelmiston hankintaan ja henkilöstön koulutukseen. Järjestelmä tulisi olla myös helposti laajennettavissa niille yrityksen tuotantokoneille, jotka rajattiin työn ulkopuolelle.

Kunnossapidon tietojärjestelmää suunniteltaessa pohdittiin toimeksiantajan kanssa, mitä asioita järjestelmään tulisi kirjata, jotta järjestelmä tukisi mahdollisimman hyvin toimeksiantajan toimintaa ja vaatimuksia. Lisäksi järjestelmän tuli olla mahdollisimman selkeä ja helppokäyttöinen.

Kirjattaviksi asioiksi määriteltiin seuraavat asiat: huollon tyyppi, suoritus päivä, huoltoon kulunut aika, työstökoneen tunnit sekä huoltoon liittyvät huomiot tai kommentit huollon suorittajalta ja hänen nimensä. Kirjattavien asioiden valinnan perusteluna toimii muun muassa se, että edellä mainituista suureista voidaan luoda tulevaisuudessa mittareita seuraamaan kunnossapidon toimintaa. Mittarit voivat keskittyä esimerkiksi vikaantumisten välillä kuluvan aikaan (MTBF, mean time between failures) tai vian keskimääräiseen korjausaikaan (MTTR, mean time to repair). Järjestelmään päädyttiin kirjaamaan kuukausittaiset ja sitä pidemmällä huoltovälillä suoritettavat toimet.

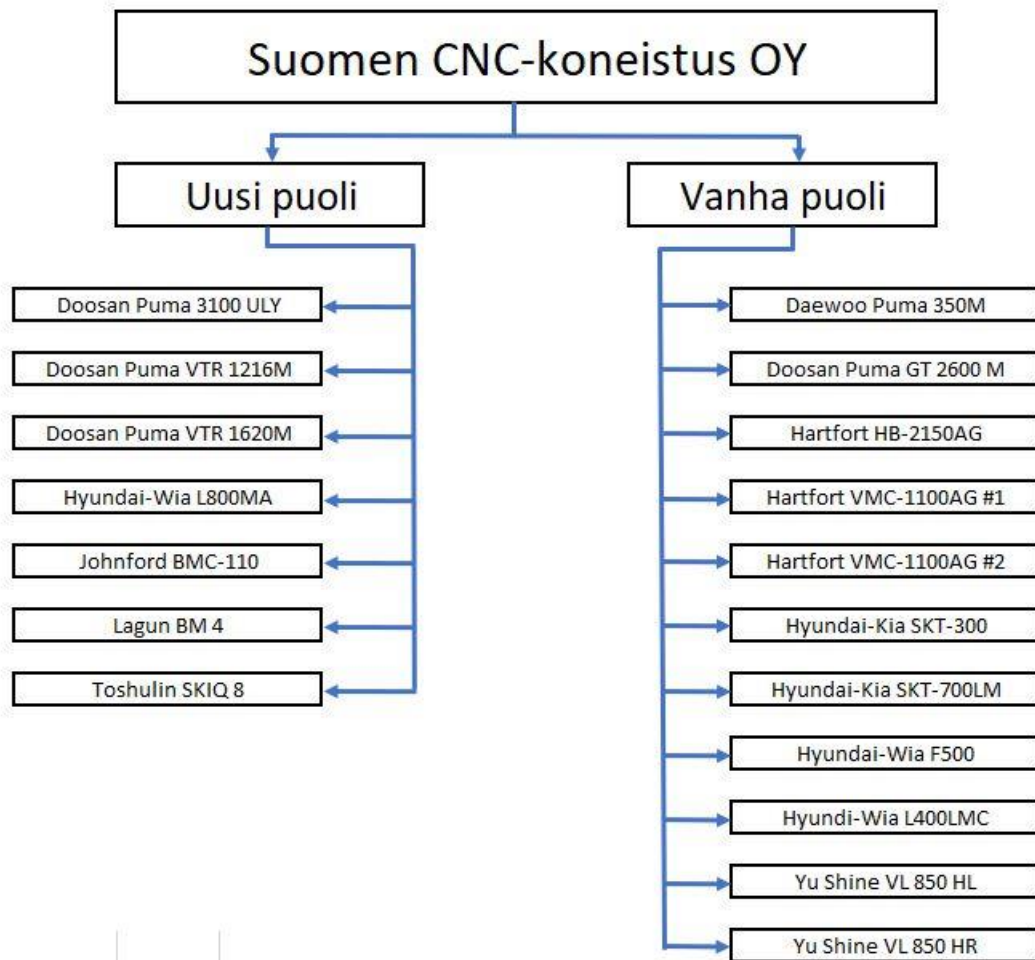
Päivittäisistä ja viikoittaisista ennakko- ja huoltotoimista ovat vastuussa koneen operaattorit. Viikoittain tehtäville toimille luotiin lisäksi paperinen seurantalista jokaiselle työstökoneelle ja ne sijoitettiin kunkin työstökoneen välittömään läheisyyteen. Listasta on selkeästi nähtävissä päivittäiset ja viikoittaiset ennakko- ja huoltotoimet. Lisäksi päädyttiin toimintamalliin, jossa viikoittainen huolto suoritetaan aina sen operaatto-

rin toimesta, joka tekee viikon viimeisen vuoron kyseisellä työstökoneella. Operaattori kuittaa nimikirjaimillaan kyseiseen listaan viikoittaisen huollon suoritetuksi. Liitteenä viisi on esimerkki Lagun BM4 -työstökoneella olevasta listasta.

Kunnossapidon tietojärjestelmälle määriteltiin toimeksiantajan toimesta järjestelmän ylläpidosta vastaava henkilö. Hänen vastuullensa tuli järjestelmään kirjaukset sekä huoltojen ajoituksen seuranta. Tämän avulla pyrittiin pienentämään usean käyttäjän mahdollisesti aiheuttamia sekaannuksia esimerkiksi huoltojen kirjauksen suhteen.

3.4.2 Dokumentoinnin käytännön toteutus

Kunnossapidon tietojärjestelmän laatiminen aloitettiin luomalla toimeksiantajan tuotantokoneille paikkahierarkia pohjautuen PSK 7102-standardiin (PSK 7102 2008). Kuviossa kuusi on esitettyä toimeksiantajan tuotantokoneiden hierarkia. Hierarkiassa on mukana kaikki toimeksiantajan tuotantokoneet, vaikka tutkimus rajattiin koskemaan kolmea tuotantokonetta. Tähän ratkaisuun päädyttiin siksi, että toimeksiantajan on helpompi jatkossa laajentaa järjestelmää kaikille tuotantokoneilleen.



Kuvio 6. Suomen CNC-koneistus Oy paikkahierarkia PSK 7102 mukaan

Kunnossapidon tietojärjestelmä laadittiin yhteen Excel-työkirjaan. Työkirjaan luotiin omat taulukot, eli välilehdet jokaiselle tutkimuksessa mukana olleelle koneelle sekä yksi yhteenvetovälilehti. Taulukolla on Excelissä kaksi merkitystä, ensimmäinen on työkirjan alareunaan listautuvat välilehdet sekä toisena välilehdillä esiintyviä taulukoita, joita voi olla useita samalla välilehdellä. Jatkossa tässä työssä käytetään Exceliin liittyen termejä välilehti ja taulukko, jotta välttyttäisiin mahdollisilta väärinymmärryksiltä.

Työstökoneiden-välilehdille kirjattiin perustiedot työstökoneista. Kirjattavia asioita oli seuraavat: laitteen malli, sijainti, valmistusnumero, valmistusvuosi sekä toimintopaikka. Doosan Puma VTR 1620M -koneen tiedot ovat nähtävissä kuvioista seitsemän.

Laite	Doosan Puma 3100ULY
Sijainti	Uusi puoli
Serial no.	
Valmistusvuosi	2018
Toimintopaikka	Uusi puoli - Doosan Puma 3100ULY

Kuvio 7. Laitekortin tietoaalue

Exceliin luotiin lomakeohjausobjektien avulla syöttölomake, jonka avulla suoritettujen huoltojen kirjaus tehdään järjestelmään. Syöttölomakkeet luotiin jokaisen laitteen välilehdille. Liitteenä kuusi on esimerkki Doosan Puma 3100ULY -työstökoneen laitekorttinäkymästä. Laitekohtaisiin kortteihin sijoitettiin myös kuukausittain ja sitä pidemmällä aikavälillä suoritettavat ennakkohuoltotoimet, jotta ne olisivat helposti nähtävissä, kun kirjauksia tehdään järjestelmään. Ennakkohuoltotoimet numeroitiin juoksevilla numeroinnilla huollon tyyppien sisällä.

Syöttölomake on nähtävissä kuviossa kahdeksan. Huollon tyyppi -kohdassa on yhdistelmäruutu, josta aukeaa vetovalikkona huollon tyytit. Huollon tyyppienä on valittavissa 1kk, 3kk, 6kk, 12kk sekä muu korjaus tai huolto. Suoritus pvm -kohtaan kirjataan huollon suoritus päivämäärä. Solussa on hyödynnetty Excelin tietojen kelpoisuuden tarkastus -toimintoa, joka hyväksyy tässä tapauksessa vain kuluvan päivämäärän tai menneisyydessä olevan päivämäärän. Ehdot määriteltiin siksi, että päivämäärän kirjaus olisi aina samassa muodossa eli dd.mm.yyyy. Lisäksi vaikka kyseessä onkin ennakkohuoltosuunnitelma, ei huoltoa voida kirjata ennen huollon suorittamista. Eli tulevaisuuden päivät ovat rajattu pois. Käytetty aika tunteina -kohtaan kirjataan huollon suoritukseen käytetty aika tunteina. Työstökoneen tunnit -kohtaan kirjataan työstökoneen tuntilaskurin tunnit huollon hetkellä. Vaikka ennakkohuoltotoimet on sidottu kalenteriaikaan, voidaan ennakkohuoltojen intervallia optimoida tulevaisuudessa helpommin työstökoneen käyttötuntien avulla. Kohdissa joihin tunnit kirjataan, on myös hyödynnetty tietojen kelpoisuuden tarkastusta. Kyseisiin soluihin voi syöttää vain positiivisia lukuja. Tekemättä jääneet toimet -kohdassa on mahdollistettu kirjata

helposti ne mahdolliset kohdat, joita ei ole suoritettu ennakkohuolto-ohjelman mukaisesti. Riittää, että suorittamatta jäänyttä toimea vastaava valintaruutu valitaan aktiiviseksi. Syöttölomakkeen ollessa täytetty tiedot tallentuvat Tallenna-painikkeeseen sidotun makron avulla.

Syöttölomake	
Huollon tyyppi	<input type="text"/>
Suoritus pvm	<input type="text"/>
Käytetty aika tunteina	<input type="text"/>
Työstökoneen tunnit	<input type="text"/>
Kommentit	<input type="text"/>
Tekemättä jääneet toimet	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Tekemättömät <input type="checkbox"/> #1 <input type="checkbox"/> #2 <input type="checkbox"/> #3 <input type="checkbox"/> #4 <input type="checkbox"/> #5 <input type="checkbox"/> #6 <input type="checkbox"/> #7 <input type="checkbox"/> #8 <input type="checkbox"/> #9 <input type="checkbox"/> #10 </div>
<input type="button" value="Tallenna"/>	

Kuvio 8. Exceliin laadittu syöttölomake

Syöttölomakkeessa olevan Tallenna-painikkeen avulla tiedot kirjautuvat laitekortilla olevaan taulukkoon. Taulukkoon lasketaan myös seuraava saman tyyppin huolto. Kuviossa yhdeksän on esimerkki tietotaulukosta kuvitteellisella sisällöllä. Huoltotiedot päätettiin tallettaa taulukkoon, koska Excelin-taulukoissa on mahdollista lajitella ja suodattaa taulukkoon kerääntynyttä dataa. Näin datan analysointi olisi tulevaisuudessa mahdollisimman helppoa.

Huollon tyyppi	Suoritus pvm	Käytetty aika tunteina	Työstökoneen tunnit	Tekemättä jääneet toimet	Kommentit	Seuraava huolto
6kk	08.04.2019	5,0	762	1,4,	ok	05.10.2019
3kk	07.04.2019	4,5	567		ok	06.07.2019
1kk	20.03.2019	1,0	456		ok	19.04.2019
3kk	20.03.2019	5,0	55		ok	18.06.2019
3kk	19.03.2019	3,0	646	5,8,	ok	17.06.2019
1kk	10.03.2019	1,0	879	1,	ok	09.04.2019
3kk	10.03.2019	4,0	1255	1,10,	ok	08.06.2019

Kuvio 9. Huoltojen tietotaulukko

Excel-tiedoston aloitussivu -välilehdelle listattiin toimeksiantajan tuotantokoneet paikkahierarkian mukaan. Aloitussivulle listattiin työstökonekohtaisesti edellisen huollon suorituspäivä ja tyyppi. Lisäksi listattiin myös seuraavan huollon tyyppi ja päivämäärä. Päivämäärät ja huoltojen tyypit päivittyvät automaattisesti aloitussivu -välilehdelle jokaisen syöttölomakkeella tehdyn tallennuksen jälkeen. Seuravan huollon päivämäärässä päätettiin käyttää ehdollista värimuotoilua. Mikäli huoltoon on yli viikko aikaa, seuraava huolto -solu muuttuu vihreäksi. Tilanteessa, jossa huoltoon on aikaa seitsemän päivää tai vähemmän, solun väri vaihtuu keltaiseksi. Solun väri vaihtuu punaiseksi, mikäli huolto on ajoitettu kuluvalle päivälle tai huoltopäivä on menneisyydessä. Värien käytön avulla aloitussivusta saatiin visualisesti selkeämpi. Kuviossa 10 on havainnollistava esimerkki aloitussivulta. Työstökone -kohtaan on listattuna työstökoneet mallin mukaan. Jokaiseen työstökoneen nimeen on sidottu hyperlinkki, joka ohjaa kyseisen työstökoneen välilehdelle Excel -työkirjassa. Hyperlinkkien avulla pyrittiin helpottamaan Excel -työkirjan sisällä liikkumista. Työkirjassa päädyttiin myös lukitsemaan kaikki muut solut paitsi syöttölomakkeen täytössä tarvittavat. Suojauksen avulla saadaan minimoitua tahattomat muutokset työkirjaan. Työkirjan tallennuspaikasi määriteltiin toimeksiantajan palvelimen verkkolevy.

Uusi halli					
Työstökone	Edellinen huolto ja sen tyyppi		Seuraava huolto ja sen tyyppi		
Doosan Puma VTR 1620M	08.04.2019	6kk	09.04.2019	1kk	
Doosan Puma 3100ULY	08.04.2019	6kk	16.04.2019	1kk	
Lagun BM4	08.04.2019	6kk	02.05.2019	3kk	
	Tämä päivä	09.04.2019			
	Tämä päivä + 7 päivää	16.04.2019			
	Tämä päivä + 8 päivää	17.04.2019			

Kuvio 10. Esimerkki aloitussivulta

4 Tulosten tarkastelu

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa toimeksiantajalle kunnossapidon pilotti-hanke. Hanke kohdistui ennakkohuoltosuunnitelmien laatimisen kolmelle työstökoneelle sekä Excel-pohjaisen kunnossapidon tietojärjestelmän kehittämiseen toimeksiantajalle. Tämän työn tuloksina odotettiin syntyvän kolmelle työstökoneelle ennakkohuoltosuunnitelmat sekä yksi Excel-pohjainen kunnossapidon tietojärjestelmä, joka olisi helposti laajennettavissa myöhemmin yrityksen muille tuotantokoneille.

Ensimmäinen tutkimuskysymys muotoutui seuraavan laiseksi:

- Kuinka luoda ennakkohuoltosuunnitelma kyseisille työstökoneille?

Ennakkohuoltosuunnitelmien laatimista lähestyttiin riskiarviointimenetelmien kautta ja menetelmäksi valittiin vika- ja vaikutusanalyysi. Analyysin aineistona käytettiin asiantuntijoiden teemahaastatteluiden avulla saatua aineistoa sekä konevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeita. Tämän tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että työstökoneelle voidaan laatia varsin perusteellinen ennakkohuoltosuunnitelma vika- ja vaikutusanalyysin avulla. Tämä edellyttää kuitenkin, että aineiston keruu suoritetaan huolellisesti.

Vika- ja vaikutusanalyysiin avulla kyettiin myös vastaamaan tämän tutkimuksen kahden seuraan tutkimuskysymyksen:

- Mitkä ovat kyseisten työstökoneiden tärkeimpiä toimilaitteita?
- Kuinka tärkeimmät toimilaitteet voivat vikaantua?

Työstökoneiden tärkeimmät toimilaitteet ja niiden mahdollisia vikaantumisia saatiin kartoitettua tutkimuksen rajauksen sisällä. Lisäksi vikaantumisien kartoituksen avulla saatiin selvitettyä työstökoneiden aiheuttamia ympäristöriskejä. Ympäristöriskejä voi

aiheutua neste- ja öljyvuotojen yhteydessä. Toimeksiantaja oli jo ennestään varautunut neste- ja öljyvuotoihin asianmukaisilla öljyntorjunta-aineilla. Lisäksi öljy- ja emulsiojätteelle on varattuna asianmukaiset astiat.

Ennakkohuoltosuunnitelmien laatimiseen liittyvä viimeinen tutkimuskysymys muotoutui seuraavan laiseksi:

- Millaisilla ennakkohuoltotoimilla vikaantumisia voidaan ehkäistä?

Vika- ja vaikutusanalyysin avulla saatiin listattua kunkin toimilaitteen potentiaalisia vikaantumismahdollisuuksia. Ennakkohuollot tulisi kohdistaa vikaantumisen aiheuttajaan. Työstökoneiden ennakkohuoltotoimet laadittiin siten, että niillä pyritään ehkäisemään tai ainakin vähentämään vikaantumisiin johtavia tilanteita.

Ennakkohuollot päädyttiin toteuttamaan osittain käyttäjäkunnossapidon avulla. Käyttäjäkunnossapidon vastuulle määriteltiin päivittäiset ja viikoittaiset huoltotoimet. Nämä toimet käytiin yksityiskohtaisesti lävitse työstökoneilla työskentelevien operaattoreiden kanssa, jotta operaattorit ymmärsivät mitä heidän kuului tehdä ja miksi asioita tehdään. Kuukausittain ja sitä pidemmällä aikavälillä suoritettavien toimien kanssa päädyttiin ratkaisuun, jossa huollon suorittaja määritellään tapauskohtaisesti. Toimeksiantajan palveluksessa on henkilöitä, jotka ovat suorittaneet huolto- ja kunnossapitotöitä aikaisemmin toimeksiantajan tuotantokoneille. Pidemmän aikavälin huoltoihin suorittaja määritellään tapauskohtaisesti sen hetkisen henkilöiden työkuormituksen ja osaamisen mukaan. Tiedyt toimet vaativat myös yrityksen ulkopuolista osaamista ja laitteita.

Viimeinen tutkimuskysymys liittyi kunnossapidon tietojärjestelmän laatimiseen. Kysymys oli seuraava:

- Millainen kunnossapidon tietojärjestelmä tulisi olla?

Kunnossapidon tietojärjestelmän tuli

- vastata toimeksiantajan tulevan ISO 9001-sertifiointiin määritellyjä vaatimuksia.
- tukea toimeksiantajan toimintaa.
- olla selkeä ja helppo käyttöinen.
- olla helposti laajennettavissa yrityksen muille tuotantokoneille.

Toimeksiantajan ISO 9001-standardiin pohjautuva laatujärjestelmä oli vasta rakenteella, joten esimerkiksi dokumentoinnin käytännön suoritteille ei ollut määritelty tarkasti tulevaa toimintamallia. Kunnossapidon tietojärjestelmä luotiin vastaamaan dokumentoinnin suoritteiden osalta toimintamallia, joka täytti toimeksiantajan sen hetkisen laatujärjestelmän vaatimuksen. Lisäksi toimeksiantajan henkilökunnasta määriteltiin tietojärjestelmän käytöstä vastaava henkilö.

5 Pohdinta

5.1 Työn tulosten arviointi

Tämän opinnäytetyön avulla pyrittiin käynnistämään muutos toimeksiantajan tuotantokoneiden kunnossapitostrategiaan. Aikaisempi kunnossapitostrategia oli perustunut lähes kokonaan korjaavaan kunnossapitoon. Tulevaisuudessa kunnossapitostrategia keskittyisi kohtuullisessa määrin ennakoiiviin toimiin. Tulosten pohjalta voitaneen todeta, että strategian muutokselle on luotu pohja ja muutos on aloitettu tutkimuksen kohteena olleille työstökoneille. Toimeksiantajalla on tarkoitus jatkaa ennakko- ja huoltosuunnitelmien laatimista yrityksen muille tuotantokoneille välittömästi tämän opinnäytetyön valmistumisen jälkeen. Toimeksiantajalle jää käyttöön tässä tutkimuksessa käytetty vika- ja vaikutusanalyysin Excel-pohja, joka osaltaan helpottaa ennakko- ja huoltosuunnitelmien laatimisessa muille yrityksen tuotantokoneille.

Kunnossapidon tietojärjestelmästä saatiin kehitettyä riittävän helppokäyttöinen, jotta kynnyks suoritetun huoltotoimien kirjaamiseen on matalalla. Lisäksi järjestelmä kertoo varsin visuaalisesti tulevista huolloista, minkä ansiosta kunnossapidon aikataulutusta on helpompi seurata ja hallita. Tämä tosin edellyttää vastuuhenkilöltä aktiivista järjestelmän käyttöä ja seuranta.

Tutkimukseen käytetystä ajasta suurin osa meni vika- ja vaikutusanalyysien tekemiseen, johtuen syvällisestä syy-seuraussuhteiden pohdinnasta ja selvittämisestä. Lisäksi analyysin olisi voinut kohdistaa yhtä rakennetasoa ylemmäksi, joka oli tässä tutkimuksessa nimetty ”toimilaite”. Kohdistamalla analyysi toimilaite-tasolle vähentyisi tarkasteltavien komponenttien määrä huomattavasti, joka myös nopeuttaisi itse analyysin läpivientiä. Toisaalta tämä myös todennäköisesti vähentää esille nousevia vikamuotoja. Näin voitaisiin päätyä tilanteeseen, jossa tärkeitä ennakkohuoltokohteita ei tulisi huomioitua. Mikäli analyysi tehtäisiin korkeammalle tasolle vatisi se huomion kiinnittämistä erityisesti siihen, että analyysiin varmuudella sisällytetään työstökoneen toiminnan kanalta olennaisimmat toimilaitteet.

5.2 Luotettavuuden arviointi

Haastatteluiden avulla kerätty tutkimusaineisto kerättiin haastattelemalla kaikkia henkilöitä, jotka liittyvät kyseisten työstökoneiden tuotantoon. Vaikka toimeksiantajan palveluksessa on useita koneistajia, he eivät kuitenkaan työskentele niillä työstökoneilla, joihin tutkimus rajattiin. Voitanee siis todeta, että haastatteluilla kerätty aineisto sisälsi tutkittavan kohteen kannalta merkittävien henkilöiden tietoja ja ajatuksia. Vaikka tutkimuksen kohteena olleet koneet olivat olleet käytössä hyvin lyhyen ajan yrityksellä, niillä työskentelevillä operaattoreilla oli pitkä työhistoria vastaavista konetyypeistä. Haastatteluiden aikana tutkija onnistui pysyttelemään irti itse keskustelun sisällöstä. Tällä pyrittiin välttämään muun muassa keskustelun johdattelusta johtuva aineiston vääristyminen (Kananen 2010). Mikäli haastattelut toistettaisiin, haastatteluiden avulla kerätyn aineiston sisältö saattaisi hieman elää, mutta todennäköisesti päädyttäisiin hyvin samankaltaiseen sisältöön.

Varsinaisten ennakkohuoltotoimien intervalli perustuu pääasiassa konevalmistajien suosituksiin. Tämän takia huoltojen intervalleja on syytä seurata lähitulevaisuudessa varsin kriittisesti. Kuten Laine (2010, 130) toteaa, voi laitevalmistajien huoltosuunnitelmat olla laadittu siten, että pyritään minimoimaan takuuajaiset laitevalmistajan vastuulla olevat korjaukset. Tutkimuksen onnistumista ennakkohuoltotoimien kohdistamisen suhteen on vaikea arvioida ilman pitkää seurantajaksoa. Uusi työstökone voi toimia jopa vuosia ilman minkäänlaista ennakkohuoltoa, mutta laitteen elinkaari tällaisessa tapauksessa melko varmasti lyhenee.

Suurta hämmennystä aiheutti myös konevalmistajien huolto-ohjelmien muutamat ristiriitaiset tiedot huoltoväleistä. Tämä sai hieman kyseenalaistamaan sitä, että ovatko konevalmistajat itsekään aivan kartalla tiettyjen huoltojen intervalleista?

5.3 Jatkotoimet

Jatkossa toimeksiantajan on mahdollista seurata kunnossapidon suoritettuja toimia, koska dokumentoinnin kirjauksille on määritelty selkeästi vastuuhenkilö sekä järjestelmä, johon kirjaukset suoritetaan. Kertyvän datan pohjalta voi tulevaisuudessa perustellusti säätää ennakkohuoltojen aikataulutusta ja sisältöä. Lisäksi on mahdollista ja jopa suotavaa perustaa mittareita kunnossapidon toiminnasta. Mittareiden avulla voidaan helpommin arvioida muun muassa ennakkohuoltojen intervallien onnistumista tai kohdistumista tiettyyn kohteeseen. Tämä edellyttää kuitenkin vankkaa sitoutumista kunnossapidon ja sen tietojärjestelmän ylläpitoon.

Ennakkohuoltotoimet tulisi laatia yrityksen kaikille tuotantokoneille, jotta kunnossapitotoiminnan kehitys jatkuisi.

Lähteet

BM- bed type milling machines. N.d. Lagun. Viitattu 27.2.2019. <https://www.lagunmt.com/products/lagun-milling-machines/bm-bed-type>

Ekholm, A. 2019. Toimitusjohtaja. Suomen CNC-koneistus Oy. Haastattelu 26.2.2019.

Järviö, J. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Rajamäki: KP-Tieto.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 6. uud.p. Helsinki: Promaint.

Kananen, J. 2008. KVALI Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Konekanta. N.d. Suomen CNC-koneistus Oy:n internet kotisivut. Viitattu 19.2.2019. <http://www.cnckoneistus.fi/>

Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito. Helsinki: KP-Media.

Heinonen, K., Jantunen, E., Kautto, J., Kokko, V., Komonen, K., Lakka, S., Leinonen, P., Lumme, V., Miettinen, J., Mikkonen, H., Mäkeläinen, R., Riutta, E. & Sulo, P. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media.

PSK 7102. 2008. Tehdashierarkia. PSK Standardoimisyhdistys ry. Vahvistettu 23.4.2008. Viitattu 9.4.2019 <https://janet.finna.fi>, PSK Standardit.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2.p. PSK Standardoimisyhdistys ry. Vahvistettu 16.9.2010. Viitattu 20.2.2019 <https://janet.finna.fi>, PSK Standardit.

Puma 2100/2600/3100 series. N.d. Doosan. Viitattu 27.2.2019. <http://www.doosan-machinetools.com/brochure/turning-center/horizontal-high-performance/puma-2100-2600-3100-english.pdf>

Puma VTR/VTS series vertical turning centers. 2018. Doosan. Viitattu 27.2.2019. <https://www.doosanmachinetools.us/turning-centers/vertical-turning-centers/puma-vtr-vts#!>

SFS-EN 13306. 2017. Maintenance, Maintenance terminology. Suomen standardisointiliitto SFS. Vahvistettu 8.12.2017. Viitattu 5.3.2019. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN 31000. 2018. Riskienhallinta. Ohjeet. Suomen standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 23.2.2018. Viitattu 28.2.2019. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN 31010. 2013. Riskien hallinta. Riskien arviointimenetelmät. Suomen standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 2.9.2013. Viitattu 19.2.2019. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

Smith, A. & Hinchcliffe, G. 2004. RCM Gateway to world class maintenance. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Stamatis, D. 2003. Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. 2.p. Milwaukee: American Society for Quality. E-kirja. Viitattu 6.3.2019. <https://janet.finna.fi>. Knovel.

Taloustiedot. 2018. Suomen CNC-koneistus Oy:n taloustiedot asiakastiedon internet-sivuilla. Viitattu 26.2.2019. <https://www.asiakastieto.fi/yrietykset/fi/suomen-cnc-koneistus-oy/21767964/taloustiedot>

Tervetuloa CNC-koneistuksen kotisivuille. N.d. Suomen CNC-koneistus Oy:n internet kotisivut. Viitattu 19.2.2019. <http://www.cnckoneistus.fi/>

Liite 2. Doosan Puma 3100ULY ennakkohuoltosuunnitelma

Doosan PUMA 3100 ULY

Aamuisin tehtävät toimet	Huomioita
Karan lämmityskäyttö	15 min @ 500rpm
Tarkista ovenrajakytkimien toiminta	
Tarkista johdevoiteluöljyn määrä, lisää tarvittaessa	VG-68
Tarkista hydraulioöljyn määrä ja paine	VG-32, 50 bar
Tarkista jäähdytysöljyn määrä ja paine	VG-10, 5 bar
Tarkista leikkuunesteen määrä	
Tarkista työkalujen kiinnitys työkalurevolverissa	
Tarkista kärkipylkän toiminta (sisään/ulos)	
Tarkista paineilman paine	6 bar
Tarkista, että johdesuojien ja pyyhkijöiden kunto	
Päivän päätteeksi tehtävät toimet	
Siivoa kone ja sen ympäristö käytön jälkeen	
Tarkista esiintyykö koneessa nestevuotoja	
Viikoittaiset toimet	
Tyhjennä paineilman vedenerotin	
Rasvaa pakka	
Kuukausittain tehtävät toimet	
Tarkista jäähdytinsikön jäähdytin	
Puhdista leikkuunestesäiliössä olevat siivilät	
Kolmen kuukauden välein tehtävät toimet	
Puhdista karan vuotoreikä	
Puhdista kärkipylkän vuotoreikä	
Tarkista lastunkuljettimien kuljetushihan kireys, säädä tarvittaessa	
Kuuden kuukauden välein tehtävät toimet	
Vaihda jäähdytinsikön öljy	VG-10
Tarkista johdesuojien ja pyyhkijöiden kunto. Voitele liukupinnat koneen takapuolelta	
Tarkista paineilmasuodattimen kunto, vaihda tarvittaessa	AM-EL250
Tarkista ikkunoiden kunto ja vaihda tarvittaessa	
Vuosittaiset toimet	
Puhdista johdevoitelujärjestelmän säiliö ja suodatin	
Tarkista esiintyykö johdevoiteluputkistossa vuotoja tai vaurioita, Tarkista annostelijoiden toiminta	
Tarkista pyörivientyökalujen vetohihnan kunto ja kireys	
Puhdista hydraulikkayksikön jäähdytin	
Tarkista esiintyykö hydraulikkaputkistossa vuotoja tai vaurioita	
Vaihda hydraulioöljy ja suodatin	VG-32
Puhdista jäähdytinsikön jäähdytysrivasto	
Akseleiden geometriamittaus ja kompensointi	
Puhdista tukilaakereissa olevat öljynsuodattimet	
Vaihda käytön paristo	

Liite 3. Doosan Puma VTR1620M ennakkohuoltosuunnitelma

Doosan PUMA VTR 1620M

Aamuisin tehtävät toimet	Huomioita
Karan lämmityskäyttö	15 min @ 50 rpm
Tarkista hydraulikkaöljyn määrä ja paine	VG-32, 50 bar
Tarkista jäähdytysöljyn paine ja määrä	VG-32, 5 bar
Tarkista paineilman paine	6 bar
Tarkista ovien rajojen toiminta	
Tarkista lastunkuljettimien toiminta	
Tarkista johdevoitelujärjestelmän paine	16 bar
Tarkista esiintyykö koneessa nestevuotoja	
Tarkista leikkuunesteen määrä	
Päivän päätteeksi tehtävät toimet	
Siivoa kone ja sen ympäristö käytön jälkeen	
Tarkista johdesuojien ja pyyhkijöiden kunto	
Tarkista esiintyykö koneessa nestevuotoja	
Puhdista työkalumakasiini lastuista	
Viikoittaiset toimet	
Tarkista työkalumakasiinin kunto silmämääräisesti	
Tarkista johdevoiteluöljyn määrä	VG-68
Tyhjennä paineilman vedenerotin	
Rasvaa pakka leukojen vaihdon yhteydessä	
Kuukausittaiset toimet	
Puhdista leikkuunestesäiliössä olevat siivilät ja tarkista suodattimen kunto	
Tarkista lastunkuljettimien ketjun ja kuljetushihan kireys, säädä tarvittaessa, voitele ketju	
Kolmen kuukauden välein tehtävät toimet	
Puhdista karan vuotoreikä	
Kuuden kuukauden välein tehtävät toimet	
Vaihda jäähdytynyksikön öljy ja suodatin	VG-32
Puhdista jäähdytynyksikön jäähdyttimen säleikkö	
Vaihda hydraulikkayksikön öljy ja suodatin	VG-32
Puhdista hydraulikkayksikön jäähdyttimen säleikkö	
Tarkista paineilmasuodattimen kunto, vaihda tarvittaessa	
Vuosittaiset toimet	
Puhdista johdevoitelujärjestelmän säiliö ja suodatin	
Tarkista esiintyykö johdevoiteluputkistossa vuotoja tai vaurioita sekä tarkista annostelijoiden toiminta	
Tarkista esiintyykö hydraulikkaputkistossa vuotoja tai vaurioita	
Mittaa pyörievien työkalujen karan heitto ja tarkista kartion kunto	
Tarkista karan vetohihnan kunto ja kireys	
Tarkista pyörievien työkalujen karan vetohihnan kunto ja kireys	
Vaihda käytön paristo	
Akseleiden geometriamittaus ja kompensointi	
Tarkista työkalun orientointi kulma	
Tarkista työkalun kiinnipitovoima	Ohjearvo 24/80 kN

Liite 4. Lagun BM4 ennakkohuoltosuunnitelma

Lagun BM4

Aamuisin tehtävät toimet	Huomioita
Karan lämmityskäyttö	15 min @ 1000 rpm
Tarkista johdevoiteluöljyn määrä, täytä tarvittaessa	VG-68
Tarkista hydraulioöljyn määrä, täytä tarvittaessa	MH-46
Tarkista esiintyykö koneessa nestevuotoja	
Tarkista paineilman paine	6 bar
Tarkista työkalujen paikat makasiinista	
Tarkista ovien turvarajojen toiminta	
Päivän päätteeksi tehtävät toimet	
Siivoa kone ja sen ympäristö käytön jälkeen	
Tarkista johdesuojien ja pyyhkijöiden kunto	
Tarkista esiintyykö koneessa nestevuotoja	
Voitele kulmapää tarvittaessa	Isoflex NBU 15 (Kluber)
Viikoittaiset toimet	
Tarkista karanvaihdelaatikon öljytaso	HM- 68, Pinta silmän puolivälissä, karan pyöriessä
Tarkista Z-akselin vastapainon paine ja kunto	Z-akseli ylhäällä 90-95 bar, alhaalla 110-150 bar
Tarkista hydraulioöljyn määrä ja paine	HM-46, 65 / 100 bar
Tyhjennä paineilmajärjestelmän vedenerotin	
1kk välein tehtävät toimet	
Voitele työkalumakasiinin ketju, käsivarsi ja kelkka	Microlube GL-261 (Kluber)
Tarkista lastunkuljettimen kuljetinhihnan kireys	
Tarkista lastunkuljettimen kunto silmämääräisesti	
Puhdista lastuamisnestejärjestelmän siivilät	
6kk välein tehtävät toimet	
Puhdista hydraulikkayksikön jäähdytysrivasto	
Puhdista ja voitele kulmapään	Isoflex NBU 15 (Kluber)
Vuosittaiset toimet	
Tarkista turvalaitteiden toiminta	
Tarkista lineaariakselien sekä karan hihnojen kuluma ja kireys	
Vaihda hydraulioöljy ja suodattimet	MH-46
Vaihda karan vaihteistoöljy	HM-68
Vaihda johdevoiteluöljy ja puhdista säiliö	VG-68
Tarkista esiintyykö johdevoiteluputkistossa vuotoja tai vaurioita, Tarkista annostelijoiden toiminta	
Tarkista esiintyykö hydraulikkaputkistossa vuotoja tai vaurioita	
Suositus, että koneen paikoitus- ja toistotarkkuus tarkistetaan. Huolla työkalunvaihtaja. Puhdista ja rasvaa	Service and instructions manual luku 6.10 Microlube GL-261 (Kluber)
Puhdista ja takista koneen ikkunat. Tarkista myös asennuspäivä. Polykarbonaatti ikkunan tulisi vaihtaa kahden vuoden välein.	

