

# Kunnossapidon toiminnanohjauksen kehittäminen

Aki Kuitunen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2015

Kone- ja tuotantotekniikka  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Kuitunen, Aki	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 2.4.2015
	Sivumäärä 106	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Kunnossapidon toiminnanohjauksen kehittäminen</b>		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Harri Tuukkanen Juhani Alakangas		
Toimeksiantaja(t) Tikka Spikes Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Tikka Spikes Oy:n kunnossapito-osasto. Työn tavoitteena oli Tikka Spikes Oy:n kunnossapidon varaosavarastoinnin sekä ennakkohuollon prosessien parantaminen. Tehtävänä oli tutkia keinoja toimivan varastokirjanpidon luomiseen kunnossapito-osaston varaosavarastolle, varaosavaraston toimintojen selkeyttäminen, kriittisten varaosien määrittäminen ja varaosien riittävyyden varmistaminen. Lisäksi tehtävänä oli parantaa Tikka Spikes Oy:n tyhjiösintrausuunien ennakkohuoltoa.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin toimintatutkimuksena. Opinnäytetyössä tutkittiin, millä toimenpiteillä varaosavarasto saadaan hallintaan. Varaosavaraston kehitys toteutettiin muokkaamalla Tikka Spikes Oy:n toiminnanohjausjärjestelmää sopivammaksi kunnossapito-osaston tarpeisiin, inventoimalla varasto sekä kouluttamalla varaston käyttäjiä. Tyhjiösintrausuunien ennakkohuollon parantamiseksi tutkittiin luotettavuuskeskeisen kunnossapidon keinoja ennakkohuoltosuunnitelman luomiseksi. Ennakkohuoltoa parannettiin asiantuntijaryhmässä tehdyn ECM-analyysin avulla.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi toimiva ja selkeä varastokirjanpito Tikka Spikes Oy:n kunnossapito-osaston varaosavarastoon. Varaosavaraston käytettävyyttä ja työturvallisuutta parannettiin. Opinnäytetyön tuloksena varaosavaraston tuotannon kannalta kriittisiä varaosia pystytään hallitsemaan siten, että varaosia on optimaalinen määrä varastossa. Tikka Spikes Oy:n tyhjiösintrausuuneille opinnäytetyön tuloksena syntyi käyttökelpoinen ja kustannustehokas ennakkohuolto-ohjelma, jonka avulla tyhjiösintrausuunien käytettävyyttä voidaan nostaa.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) varastonhallinta, kunnossapito, varaosat, varasto, varastokirjanpito, huoltosuunnitelmat, toiminnanohjaus, sintraus, kustannustehokkuus, inventointi, RCM-analyysi, toimintatutkimus, tehtaat		
Muut tiedot		



Author(s) Kuitunen, Aki	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 2.4.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 106	Permission for web publication: x
Title of publication <b>The Development of Maintenance Resource Planning</b>		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Tutor(s) Alakangas, Juhani Tuukkanen, Harri		
Assigned by Tikka Spikes Ltd		
Abstract <p>This thesis was assigned by the maintenance department of Tikka Spikes Ltd. The goal of this thesis was to improve both preventive maintenance and spare parts stock processes at Tikka Spikes Ltd maintenance department. The aim of this thesis was to create a stock recording system, to clarify the spare parts stock functions, to determine critical spare parts and to ensure the adequacy of critical spare parts. The aim was also to explore ways to improve the preventive maintenance programme for vacuum sintering furnaces at Tikka Spikes Ltd.</p> <p>This thesis was carried out as an action research. The thesis investigated ways of developing and managing the spare parts stock. The development of the spare parts stock was carried out by modifying the ERP-system Tikka Spikes Ltd is using to better serve the needs of the maintenance department, by doing an inventory count on the spare parts stock and by training the spare parts stock users. To create a preventive maintenance programme for the sintering furnaces the methods of reliability-centered maintenance were studied. The preventive maintenance programme was created using the experience-centered maintenance analysis.</p> <p>This thesis resulted in a functional and transparent spare parts stock accounting system. The usability and safety of the spare parts stock increased and the spare parts stock can now be managed in such a way that there is always an adequate amount of spare parts available. Also as a result of this thesis a cost-effective and applicable maintenance programme was introduced to the vacuum sintering furnaces at Tikka Spikes Ltd.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) inventory management, maintenance, spare parts, storage, stock accounting, maintenance planning, enterprise resource planning, sintering, cost-effectiveness, stocktaking, RCM-analysis, action research, factories		
Miscellaneous		

# SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>5</b>
1.1	Kunnossapidon käsite .....	5
1.2	Kunnossapito Suomessa .....	7
1.3	Tikka Spikes Oy.....	7
1.4	Opinnäytetyön lähtökohdat.....	9
1.5	Tutkimusstrategia ja tutkimuskysymykset .....	12
1.6	Aiheen rajaus ja opinnäytetyön tavoitteet .....	14
<b>2</b>	<b>KUNNOSSAPITO</b> .....	<b>15</b>
2.1	Kunnossapidon määritelmä .....	15
2.2	Korjaava kunnossapito .....	16
2.3	Ennakoiva kunnossapito .....	17
2.4	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito .....	18
2.5	ECM-analyysi.....	19
2.6	Varaosat.....	24
2.7	Toimintavarmuus .....	24
2.8	Kunnossapidon vaikutus tuotannon kokonaistehokkuuteen.....	25
2.9	Kuormitussuunnittelu ja kasauma (Backlog).....	26
2.10	Kunnossapidon mittarointi .....	27
<b>3</b>	<b>MATERIAALINHALLINTA TUOTANTOYRITYKSESSÄ</b> .....	<b>28</b>
3.1	Toiminnanohjaus ja toiminnanohjausjärjestelmät.....	28
3.2	Materiaalinhallinta .....	29
3.2.1	Materiaalinhallinnan vaikutus kustannuksiin .....	29
3.2.2	Materiaalinhallinta kirjanpidossa .....	31
3.3	Nimikkeet ja nimikerekisterit.....	33
3.4	Varastointi .....	35
3.4.1	Varastoinnin määritelmä .....	35
3.4.2	Varastoinnin mittaaminen .....	37
3.4.3	ABC-analyysi varastossa.....	39
3.4.4	Tilauspisteen ja varmuusvaraston määrittäminen .....	40
3.4.5	Varastointi kunnossapidon näkökulmasta .....	43
3.4.6	Varaston kehittäminen .....	46

		2
	3.4.7	Varastontarkastukset.....47
	3.4.8	Varaston layout-suunnittelu.....48
	3.4.9	Työturvallisuus varastossa.....51
<b>3.5</b>	<b>Tilaus-toimitusketjun kehittäminen</b>	<b>52</b>
<b>3.6</b>	<b>Etätunnistaminen</b>	<b>52</b>
	3.6.1	Viivakoodit.....52
	3.6.2	RFID.....53
<b>4</b>	<b>OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS</b>	<b>54</b>
<b>4.1</b>	<b>Varastonhallinnan kehitys</b>	<b>54</b>
	4.1.1	Työn hahmottelu.....54
	4.1.2	Powered-toiminnanohjausjärjestelmä.....56
	4.1.3	Varaosien kohdistaminen laitteelle.....57
	4.1.4	Nimikkeiden luominen ja nimikehierarkia.....58
	4.1.5	Varaosien ABC-luokittelu.....60
	4.1.6	Fyysisen varaston järjestelyt.....60
	4.1.7	Powered kunnossapidon käytössä.....65
	4.1.8	Käyttäjien koulutus.....67
	4.1.9	Inventaarion suunnittelu.....68
<b>4.2</b>	<b>Tyhjiösintrausuunien ennakkohuolto</b>	<b>68</b>
	4.2.1	Sintraus.....68
	4.2.2	Tyhjiösintrausuuni.....69
	4.2.3	Kohteen rajaus.....71
	4.2.4	Aikaisempi huolto-ohjelma.....72
	4.2.5	Vikahistoria.....75
	4.2.6	Muut vikamuodot.....76
	4.2.7	Tyhjiösintrausuunin ennakkohuolto-ohjelma.....79
	4.2.8	Kustannukset.....80
<b>5</b>	<b>TULOSTEN TARKASTELU</b>	<b>82</b>
<b>5.1</b>	<b>Tulokset ja tavoitteiden saavuttaminen</b>	<b>82</b>
	5.1.1	Kunnossapidon varaosavarasto.....82
	5.1.2	Tyhjiösintrausuunien ennakkohuolto-ohjelma.....84
<b>5.2</b>	<b>Jatkokehitys</b>	<b>85</b>
	5.2.1	Varastonhallinta.....85
	5.2.2	Ennakkohuolto.....86
<b>6</b>	<b>POHDINTA</b>	<b>86</b>
<b>6.1</b>	<b>Tulosten tarkastelu teoriaa vasten</b>	<b>86</b>
<b>6.2</b>	<b>Luotettavuuden arviointi</b>	<b>88</b>
<b>6.3</b>	<b>Prosessin hallinta</b>	<b>89</b>
<b>6.4</b>	<b>Johtopäätökset</b>	<b>90</b>

<b>LÄHTEET .....</b>	<b>92</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>96</b>
<b>Liite 1. Tikka Spikes Oy:n nimikehierarkia .....</b>	<b>96</b>
<b>Liite 2. Pikaohje Poweredin käyttöön .....</b>	<b>97</b>
<b>Liite 3. Tyhjiösintrausuunin yleiskuva.....</b>	<b>99</b>
<b>Liite 4. ECM-analyysin vaihe A .....</b>	<b>100</b>
<b>Liite 5. ECM-analyysin vaihe B.....</b>	<b>102</b>
<b>Liite 6. ECM-analyysin vaihe C.....</b>	<b>104</b>
<b>Liite 7. Tyhjiösintrausuunin ennakkohuolto-ohjelma .....</b>	<b>105</b>
 <b>KUVIOT</b>	
<b>Kuvio 1. Kunnossapidon käsite .....</b>	<b>5</b>
<b>Kuvio 2. Kunnossapidon optimointi .....</b>	<b>6</b>
<b>Kuvio 3. Nastojen tuotantoprosessi Tikka Spikes Oy:ssä .....</b>	<b>9</b>
<b>Kuvio 4. Lähtötilanne kunnossapidon lavahyllyssä.....</b>	<b>10</b>
<b>Kuvio 5. Lähtötilanne kunnossapidon pientavarahyllyssä.....</b>	<b>11</b>
<b>Kuvio 6. Kunnossapitolajit .....</b>	<b>16</b>
<b>Kuvio 7. Työkuormituskuvaaja .....</b>	<b>27</b>
<b>Kuvio 8. Varastotason vaikutus kustannuksiin .....</b>	<b>31</b>
<b>Kuvio 9. Nimikkeiden arvo suhteessa nimikkeiden määrään .....</b>	<b>40</b>
<b>Kuvio 10. Tilauspistekuvaaja .....</b>	<b>41</b>
<b>Kuvio 11. Kunnossapito-osaston layout .....</b>	<b>61</b>
<b>Kuvio 12. F/G/H-pientavarahylly .....</b>	<b>63</b>
<b>Kuvio 13. D/E-hylly.....</b>	<b>64</b>
<b>Kuvio 14. Nimikkeen tunnistelappu .....</b>	<b>65</b>
 <b>TAULUKOT</b>	
<b>Taulukko 1. Esimerkki ECM-analyysin vaiheesta A .....</b>	<b>21</b>
<b>Taulukko 2. Esimerkki ECM-analyysin vaiheesta B .....</b>	<b>22</b>
<b>Taulukko 3. Esimerkki ECM-analyysin vaiheesta C.....</b>	<b>23</b>
<b>Taulukko 4. Kunnossapidon tunnusluvut Suomessa .....</b>	<b>26</b>
<b>Taulukko 5. Yksinkertaistettu yrityksen tuloslaskelma .....</b>	<b>32</b>
<b>Taulukko 6. Kunnossapidon ABC-luokittelu .....</b>	<b>45</b>

## LYHENTEET

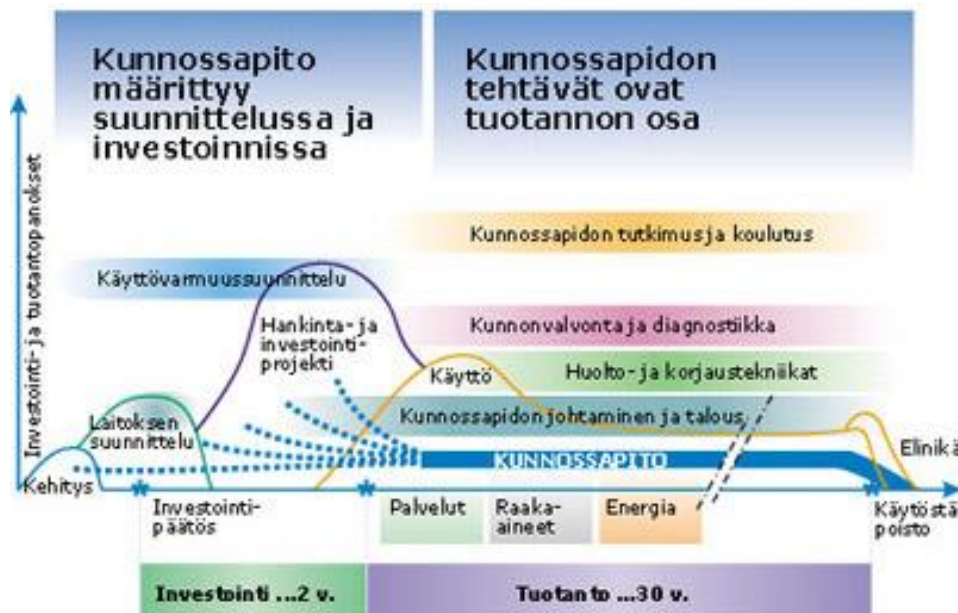
CM	Corrective Maintenance, korjaava kunnossapito
EAN	European Article Number, eurooppalainen tavaranimero
ECM	Experience-Centered Maintenance, kokemuskeskeinen kunnossapito
EOQ	Economic Order Quantity, taloudellinen eräkoko
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjaus
FIFO	First in – First Out, ensiksi tullut – ensiksi käytetty
JIT	Just In Time, juuri oikeaan aikaan
LIFO	Last in – First Out, viimeksi tullut – ensiksi käytetty
OEE	Overall Equipment Effectiveness, tuotannon kokonaistehokkuus
PM	Preventive Maintenance, ennakoiva kunnossapito
RCM	Reliability-Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen etätunnistus
ROP	Reorder Point, tilauspiste
RTF	Run-To-Failure, vikaantumisen salliminen
UPS	Uninterruptible Power Supply, katkeamaton virtalähde

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Kunnossapidon käsite

Kunnossapidon rooli on muuttunut. Kunnossapidon on pitänyt mukautua muutuvaan maailmaan, jossa tuotanto-omaisuuden rakenne on monimutkaistunut ja sen määrä kasvanut valtavasti. Kunnossapidon pitää myös osaltaan pystyä vastaamaan laitteiden aikaisempaa suurempiin turvallisuus- ja ympäristöriskeihin. Tästä syystä kunnossapitäjät ympäri maailman ovat alkaneet etsiä uusia lähestymistapoja kunnossapitoon. (Moubray 1997, 1).

Kunnossapito on käsitteenä laaja. Kunnossapidon tehtävä on huolehtia koneiden, laitteiden ja rakennusten kunnosta aina laitoksen suunnittelusta niiden käytöstäpoistoon (Kunnossapito menestystekijänä n.d.). Kuviosta 1 nähdään, kuinka kunnossapidon kustannukset määräytyvät merkittävin osin jo suunnitteluvaiheessa.



Kuvio 1. Kunnossapidon käsite (Kunnossapito menestystekijänä n.d.)

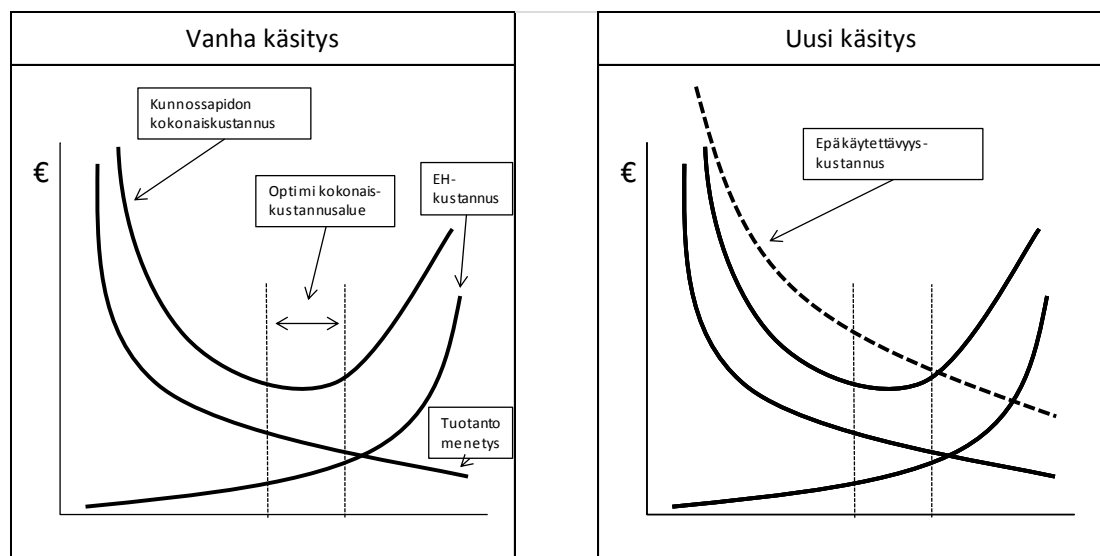
Kunnossapitoa tarvitaan, ja on aina tarvittu siellä, missä käytetään koneita. Ennen toista maailmansotaa teollisuus ei ollut suuresti mekanisoitua, joten rikkoontumisista aiheutuneisiin tuotannonmenetyksiin ei kiinnitetty niin paljoa huomiota. Tuolloin myös suurin osa tuotantolaitteista oli yksinkertaisia ja suunnittelussa ylimitoitettuja,



sillä muun muassa laskennallista epätarkkuutta korjattiin suurilla varmuuskertoimilla (Järviö 2012, 21). Yksinkertaisuudesta johtuen tuotantolaitteet olivat luotettavia ja helppoja korjata. (Moubray 1997, 2).

Sotien jälkeen teollisuuden tuotannon painopisteet siirtyivät teknisiin uudistuksiin ja massatuotantoon. Kunnossapito oli välitön paha, kun tuotantolaitteet vikaantuivat ikääntyessään. Tällöin yhtiöiden johdossa alettiin ymmärtää, että kunnossapidon toimilla pystytään vaikuttamaan vikaantumisista aiheutuvien tuotantokatkosten määrään ja keston. (Smith 2004, 2).

Kuviossa 2 on esitetty ennakkohuolto- ja tuotannonmenetyskustannusten vaikutus kokonaiskustannuksiin. Kuviossa on myös esitetty, kuinka kunnossapidolla voidaan vaikuttaa tuotantolaitteiden epäkäytettävyydestä aiheutuviin kustannuksiin.



Kuvio 2. Kunnossapidon optimointi (Järviö 2012, 98, muokattu)

Tuotantokoneiden mekanismien ja automaation määrän kasvaessa häiriöseisokkien aiheuttamista tuotantokatkoksista tuli kalliimpia kuin vikaantumisten välttämisestä, sillä JIT-toimintamalli<sup>1</sup> lähtee siitä periaatteesta, että kaikenlainen välivarastointi maksaa. Sekä välivarastoinnin vähentäminen että häiriökorjausten välttäminen

<sup>1</sup> Japanissa syntyneen JIT-toimintamallin ideana on pienentää työvaiheiden asetusajoja ja eräkokoja. JIT-tuotannon tunnusmerkkejä ovat korkea tuottavuus, pieni sitoutunut pääoma, korkea laatu ja nopea läpäisy aika. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 428).

ovatkin nousseet keskeiseen asemaan, kun yritykset ovat siirtyneet JIT-toimintamalliin yhä enenevässä määrin. (Järviö 2012, 22).

## **1.2 Kunnossapito Suomessa**

Kunnossapidolla on merkittävä rooli kansantaloudellisesti. Suomessa panostettiin kunnossapitoon vuonna 2007 noin 24 miljardia euroa. Kunnossapito työllistää Suomessa yli 200 000 henkilöä, joista teollisuudessa työskentelee noin 50 000. Noin 11 % teollisuuden palkansaajista työskentelee kunnossapidon parissa.

Metalliteollisuudessa kunnossapidon osuus yrityksen liikevaihdosta on keskimäärin 2,1–5,3 %. Tulevaisuudessa kunnossapidon rooli kasvaa vielä merkittävämmäksi konekannan ikääntyessä ja investointien levitessä aikaisempaa enemmän Suomen rajojen ulkopuolelle. (Järviö 2012, 31–36).

Suomessa teollisuuden kehittymisen alkuvaiheessa yritykset pyrkivät tuottamaan kaiken työn itsenäisesti. Tästä siirryttiin vähitellen käyttämään paikallista ulkopuolista työvoimaa, kun yritykset itse keskittyivät ydinosaamiseensa. Myös kunnossapitotoiminta kehittyi siten, että organisaation omien kunnossapitäjien määrä laski, kun taas ulkopuolisen kunnossapitohenkilökunnan määrä kasvoi. Nykyisin yrityksille on tarjolla monitasoista ulkopuolista kunnossapitopalvelua valtakunnallisilta yrityksiltä. On yrityksen strateginen päätös, käyttääkö se ulkopuolista palveluntarjoajaa vai tuotetaanko kunnossapidon palvelut itse. (Heinonkoski 2004, 20).

## **1.3 Tikka Spikes Oy**

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Tikka Spikes Oy Tikkakoskelta. Teollinen toiminta Tikkakoskella on alkanut 1890-luvulla, kun insinööri Gabriel Wilhelm Stenji osti Luonetjoen varrella sijainneen Kuikan ja Tikkamannilan yhteisen sahan ja myllyn, sekä perusti paikalle viilaverstaan. Vuoteen 1912 mennessä sahan ja myllyn toiminta lopetettiin ja tuotanto keskittyi metallialalle. Asetuotanto Tikkakoskella käynnistyi vuoden 1918 sodan jälkeen. Useiden omistussuhteiden muutosten ja

nimenvaihdosten jälkeen vuonna 1929 voimakkaasti kasvavan<sup>2</sup> yrityksen nimeksi tuli Oy Tikkakoski Ab. (Laitakari 1943, 14, 20, 28–46).

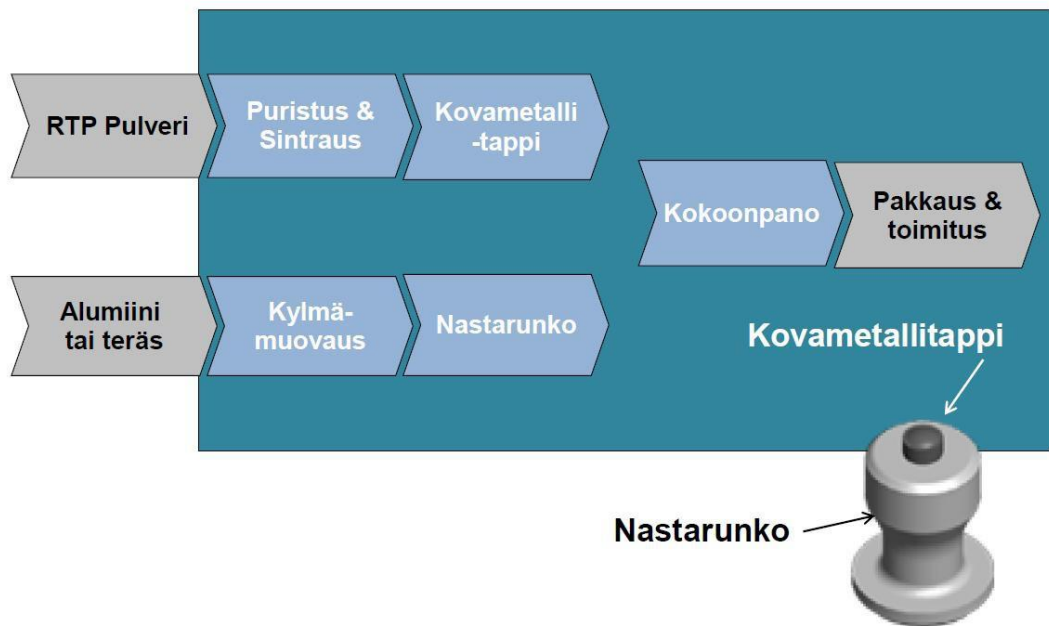
Sotien jälkeen Tikkakoski Oy:n asevalmistus jouduttiin lopettamaan ja korvaavaksi tuotteeksi tulivat muun muassa poljettavat Tikka-ompelukoneet. Teollinen auton talvirenkaiden nastojen valmistaminen alkoi Tikkakoskella vuonna 1959 tuotemerkillä Kometa-nastat. Kun ompelukoneiden vienti Neuvostoliittoon loppui 1960-luvulla, korvasi nastojen valmistus merkittävin osin ompelukoneen osien tuotannon yrityksessä. Omistajajärjestelyjen vuoksi 1980-luvulla luovuttiin uudelleen käynnistetystä asetuotannosta sekä Tikkakoski Oy nimestä. (Mäkinen 1983, 15–17, 23–24).

Nykyisin yritys keskittyy pelkästään nastojen valmistukseen ja sen nimeksi on tullut Tikka Spikes Oy. Tikka Spikes Oy on osa saksalaista Continental-konsernia. Tikka Spikes Oy hallitsee koko nastantuotantoketjun. Tikka Spikes Oy valmistaa sekä standardin mukaisia että asiakkaan tarpeisiin räätälöityjä alumiini- ja rautarunkoisia nastoja. Tikka Spikes Oy:llä on lisäksi oma tyyppihyväksyntälaboratorio, jossa testataan ja tyyppihyväksytään nastamalleja. (Tikka Spikes Oy 2014).

Kuviossa 3 on esitetty nastantuotantoprosessi Tikka Spikes Oy:ssä. Auton talvirenkaan nastan kokoonpanossa kovametallitappi liitetään nastarunkoon. Nastarungot valmistetaan alumiinista tai raudasta kylmämuovauspuristimella. Kovametallitappit valmistetaan kovametallipulverista tyhjiösintrausuuunissa sintraamalla.

---

<sup>2</sup> Vuonna 1925 Tikkakosken tehtaalla työskenteli 26 työntekijää. Vuonna 1943 työntekijöitä oli 1050. (Laitakari 1943, 46–47)



Kuvio 3. Nastojen tuotantoprosessi Tikka Spikes Oy:ssä (Tikka Spikes Oy 2014)

Vuonna 2012 Tikka Spikes Oy:n liikevaihto oli noin 14,4 miljoonaa euroa ja se valmisti noin 500 miljoonaa nastaa. Vuositasolla koko maailman nastamarkkinat koostuvat noin 2,5 miljardista nastasta ja liikevaihto on noin 70 miljoonaa euroa. Tikka Spikes Oy työllisti vuonna 2012 suoraan 64 henkilöä, joista 40 oli työntekijöitä ja 24 toimihenkilöä. Toimitiloja yrityksellä on Tikkakoskella 4576 m<sup>2</sup>. (Tikka Spikes Oy 2014).

Tätä opinnäytetyötä tehdessä Tikka Spikes Oy:n kunnossapito-osaston henkilöstöön kuuluivat kunnossapitopäällikkö, työhön osallistuva työnjohtaja sekä kolme asentajaa, joista kaksi oli sähkömiestä ja yksi mekaanikko.

#### 1.4 Opinnäytetyön lähtökohdat

Tikka Spikes Oy:n kunnossapito-osastolla on varaosavarasto, missä säilytetään Tikka Spikes Oy:n tuotantolaitteiden varaosia. Ongelmana Tikka Spikes Oy:n kunnossapidon varaosavarastossa oli se, että tarkkaa tietoa varaosavaraston sisällöstä ei ollut olemassa. Tarkkaa tietoa ei myöskään ollut siitä, kuinka paljon ja milloin varaosia pitäisi tilata lisää. Varastossa oli sekaisin uusia varaosia, käytettyjä

varaosia, rikkiäisiä varaosia, tuotantokoneiden teknisiä piirustuksia sekä varaosia, jotka olivat jääneet tarpeettomiksi tietynlaisten tuotantokoneiden poistuttua tuotannosta. Lisäksi varastossa oli puhtaasti roskaksi luokiteltavia tavaroita.

Varaosat olivat kunnossapidon varaosavarastossa sekalaisessa järjestyksessä. Varaosia sijaitsi myös merkittyjen säilytyspaikkojen ulkopuolella. Kun yrityksessä tuli tuotantokoneen rikkoutumisen myötä tarve jollekin varaosalle, ei aina ollut täyttä varmuutta siitä, onko tarvittava varaosa olemassa jo valmiiksi kunnossapidon varaosavarastossa vai pitääkö se tilata toimittajalta. Joskus varaosia saatettiin tilata turhaan huonon tiedonkulun vuoksi, sillä tarvittavat varaosat olisivatkin olleet jo valmiina varaosavarastossa. Lisäksi varaosien ottaminen varastosta oli hidasta, epämiellyttävää ja joskus jopa työturvallisuusriski (ks. kuvio 4 ja kuvio 5).



Kuvio 4. Lähtötilanne kunnossapidon lavahyllyssä



Kuvio 5. Lähtötilanne kunnossapidon pientavarahyllyssä

Tikka Spikes Oy:n tyhjiösintrausuuneilla ei ollut sovittua virallista ennakkohuolto-ohjelmaa. Uunien operaattorit ovat tehneet omat huoltotoimenpiteensä jokaisella uunin käyttökerralla, kun taas kunnossapito-osaston suorittamien laajempien huoltojen intervalli ja laajuus vaihtelivat paljon, sillä huoltojen sisällöstä ei ollut olemassa mitään dokumenttia. Sintrausuunien ennakkohuolto ei ollut siten johdonmukaista ja taloudellisia tappioita pääsi syntymään menetetyin tuotannon sekä häiriökorjausten takia. Tyhjiösintrausuuneilla jouduttiin usein turvautumaan korjaavaan kunnossapitoon. Sintrausprosessi kestää tyypillisesti yli 20 tuntia, ja laitteen häiriöt prosessin aikana voivat aiheuttaa sintrattavan kappale-erän romuttamisen.

Tämän opinnäytetyön tehtävänä olikin siis tutkia keinoja toimivan varastokirjanpidon luomiseen kunnossapito-osaston varaosavarastolle, varaosavaraston toimintojen selkeyttäminen, kriittisten varaosien määrittäminen ja niiden riittävyyden varmistaminen. Lisäksi tehtävänä oli tutkia keinoja Tikka Spikes Oy:n tyhjiösintrausuunien ennakkohuollon parantamiseen.

Aihe on mielestäni erittäin tärkeä ja ajankohtainen, sillä kunnossapidon toiminnanohjauksessa ollaan järjestelmällisesti siirtymässä kohti sähköisesti ohjattua

kunnossapidon raportointia ja työnjohtoa. Tämä opinnäytetyö kehitti juuri niitä oman ammattialani osaamisalueita, jotka tulevat nousemaan entistä merkittävämpään rooliin. Kuten teollisuuden ja energialaitosten kunnossapitoon erikoistuneen Maintpartner Oy:n it-päällikkö Ari Pönkkä kertoo, tällä hetkellä myös hieman pienemmät ja syrjäisemmätkin tuotantoyksiköt ovat viimeisten joukossa siirtymässä kovaa vauhtia pois kunnossapidon työmääräyksistä ja muista manuaalisista kirjauksista (Tompuri 2010, 26–27).

Kunnossapito-ohjelmistoja toimittavan Arrow Engineering Oy:n liiketoimintajohtaja Pekka Pylkkäsen mukaan sähköisen toiminnanohjauksen avulla voidaan saavuttaa jopa 5-20 %:n kasvu kunnossapidon tuottavuuteen, sillä sähköisellä toiminnanohjauksella kunnossapidon ennakkoinnin aste kasvaa (Tompuri 2010, 27).

Suomessa tuotantolaitteiden keski-ikä on kasvanut tasaisesti koko 2000-luvun. Vuosien 2005–2008 tarkasteluvälillä tuotantolaitteiden keski-ikä oli noussut jo 19,05 vuoteen. Tämä haastaa tulevaisuudessa kunnossapidon toimimaan entistä tehokkaammin. Kunnossapidolla onkin valtava potentiaali nostaa koko yrityksen tuottavuutta ilman investointia uusiin koneisiin. Esimerkiksi vuonna 2011 pidetyssä Maintenance World -konferenssissa esiin nostettu ruotsalainen SKF Hofors pystyi parantamaan tuottavuuttaan +170 % kunnossapidon avulla. (Järviö 2012, 34–35).

## **1.5 Tutkimusstrategia ja tutkimuskysymykset**

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli ennakkohuollon sekä varastoinnin prosessien parantaminen. Opinnäytetyön tutkimus tehtiin soveltavana tutkimuksena, josta tunnusmerkkinä ovat ongelmien ratkaisu, tutkimuksen sitominen aikaan ja resursseihin sekä pyrkimys laajojen vaikutusten aikaansaamiseen. Soveltavalle tutkimukselle tyypillisesti tutkimus suoritettiin toimeksiantajan aloitteesta toimeksiantajan tiloissa ja toimeksiantajan resursseilla. Tutkimuksen tulokset on siten myös suunnattu asiakkaalle. (vrt. Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2007, 128–135).

Tutkimusstrategiana oli toimintatutkimus, joka Kanasen mukaan (2009, 23) usein rinnastetaan tapaustutkimukseen (case study). Erona tapaustutkimukseen toimintatutkimuksessa tutkija on tutkittavan yhteisön jäsen. Lisäksi toimintatutkimuksessa toimenpidesuosituksia testataan käytännössä. Toimintatutkimus on yksi kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimuksen muoto. Toimintatutkimus edellyttää taustalla olevaa laadullista tutkimusta. (Kananen 2009, 23–24). Tätä tutkimusta varten tietoa kerättiin kirjallisista lähteistä sekä haastatteluista. Lisäksi tutkimuksessa otettiin huomioon kentällä tehdyt havainnot. Kvalitatiiviselle tutkimukselle tunnusomaisesti tämän opinnäytetyön tutkimuksen tulokset esitetään pääsääntöisesti sanoina (vrt. Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2007, 132–133). Toimintatutkimuksessa on tavoitteena saada aikaan muutos (Kananen 2009, 23), ja tässä opinnäytetyössä tavoitteena olikin ottaa kunnossapidon varaosavarastointi hallintaan sekä luoda ennakkohuolto-ohjelma tyhjiösintrausuunille.

Opinnäytetyö jakaantui kahteen osaan, joista ensimmäisen tutkimuskysymyksenä oli: Kuinka kunnossapidon varaosavarasto otetaan hallintaan? Ratkaisun löytämiseksi tuli ensin vastata seuraaviin kysymyksiin:

1. Mitkä ovat kriittisiä varaosia?
2. Kuinka varmistaa, että kriittisiä varaosia on aina valmiina varastossa?
3. Kuinka nimetä varaosavaraston nimikkeet?
4. Kuinka järjestää fyysinen varasto?

Vastauksen saamiseksi päätutkimuskysymykseen tietoa kerättiin primäärisellä menetelmällä eli osallistuvalla havainnoinnilla sekä sekundäärisellä menetelmällä eli varastonhallintaan keskittyneen kirjallisuuden avulla rakennettua tietoperustaa soveltaen (vrt. Kananen 2014, 64). Varastonhallinnan tueksi tietoperustaan etsittiin kunnossapidon näkökulmaa alan standardien ja kirjallisuuden kautta. Havaintojen tallentamiseksi tehtiin kenttämuistiinpanoja.

Opinnäytetyön toisessa osassa tutkimuskysymyksenä oli: Kuinka voidaan ennakoida tyhjiösintrausuunin huoltotöitä kustannustehokkaasti? Kustannustehokkaan ennakkohuolto-ohjelman rakentamiseksi selvitettiin vastaukset seuraaviin



kysymyksiin:

1. Mitkä syyt aiheuttavat tuotannonmenetykset tyhjiösintrausuunilla?
2. Aiheuttaako jonkin vian seuraus suuren vaaran terveydelle tai ympäristölle?
3. Mitkä toimenpiteet ovat ennakkohuollollisesti järkeviä?
4. Mikä on toimenpiteiden väli ajallisesti?
5. Mitkä vikaantumiset sallitaan?

Tiedonhaku toiseen päätutkimuskysymykseen suoritettiin primäärisillä tiedonkeruumenetelmillä (teemahaastattelut ja osallistuva havainnointi) sekä sekundäärisellä menetelmällä eli luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa käsittelevän kirjallisuuden perusteella rakennetun tietoperustan kautta (vrt. Kananen 2014, 64). Tutkimusongelman ratkaisemiseksi käytettiin luotettavuuskeskeisestä kunnossapidosta johdettua ECM-analyysiä. ECM-analyysin lomake toimi havainnointipäiväkirjana. Lomakkeeseen kerättiin myös kenttämuistiinpanot. Tietoperustan avulla saadun toimintamallin toteuttamiseksi tukeuduttiin myös Tikka Spikes Oy:n muiden osastojen apuun, jotta kohdelaitteen kaikki tekniset ominaisuudet voitiin ottaa huomioon ennakkohuolto-ohjelmassa.

Kumpaakin päätutkimuskysymystä varten sekundäärisellä menetelmällä kerätty aineisto yhteismitallistettiin ja tietomassaa käsiteltiin tutkimuskysymysten näkökulmasta. Näin pystyttiin erottamaan tekstikokonaisuudet, jotka liittyvät tutkittaviin ongelmiin. Tekstit luokiteltiin opinnäytetyön tietoperustaan sisällöittäin. (vrt. Kananen 2014, 100).

Tämä opinnäytetyö on tarkoitettu luettavaksi kaikille, jotka ovat kiinnostuneita teollisuuden kunnossapidon toimintojen tehostamisesta.

## **1.6 Aiheen rajaus ja opinnäytetyön tavoitteet**

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa Tikka Spikes Oy:n varaosavaraston käytettävyyttä ja liittää varaosavaraston nimikkeet varastonhallintajärjestelmään.

Tikka Spikes Oy:n tuotantolaitteiden varaosien varastointia tarkasteltiin kunnossapito-organisaation näkökulmasta. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää toimiva ennakkohuoltosuunnitelma Tikka Spikes Oy:n sintrausuuneille.

Varastohallinnan osalta tutkimus rajattiin koskemaan vain varaosien varastointia. Aihealueen ulkopuolelle rajattiin kunnossapito-organisaation muut materiaalit, kuten työkalut. Ennakkohuoltosuunnitelma tehtiin Tikka Spikes Oy:n SinVac 2- ja SinVac 3-mallisille tyhjiösintrausuuneille. Opinnäytetyön tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin muut Tikka Spikes Oy:n tuotantolaitteet.

Ennakkohuoltosuunnitelman tekemiseen käytettävien keinojen ulkopuolelle rajattiin klassinen RCM-projekti, sillä klassinen RCM-projekti on hyvin intensiivinen ja sitoo paljon resursseja (Moubray 1997, 273–276). Resurssien puutteen vuoksi ennakkohuoltosuunnitelma päätettiin tehdä kokemuskeskeisen kunnossapidon analyysin avulla.

Aiheen rajauksen perusteella opinnäytetyön tavoitteena oli siis:

- Rakentaa toimiva varaosien varastohallinta Tikka Spikes Oy:n toiminnanohjausjärjestelmään
- Varmistaa kriittisten varaosien riittävyys
- Selkeyttää varaston toimintoja ja järjestystä
- Mahdollistaa varaosakulutuksen vyöryttäminen
- Parantaa tyhjiösintrausuunien ennakkohuoltoa.

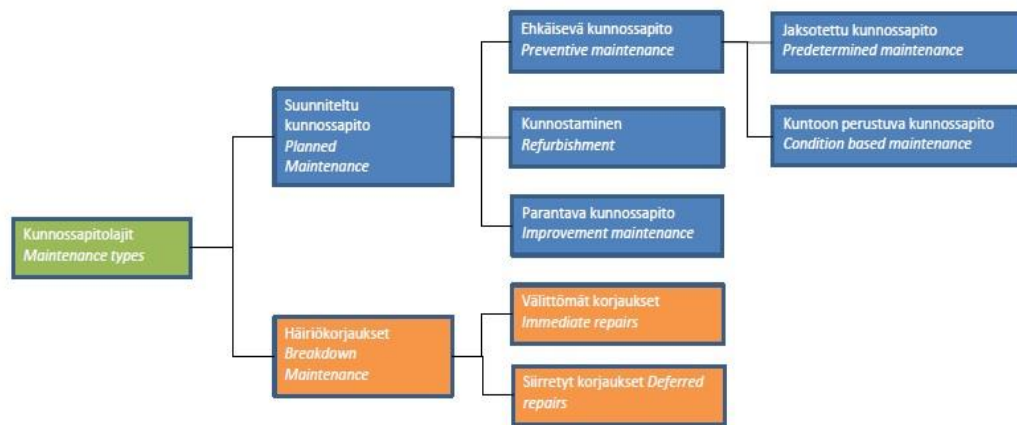
## **2 KUNNOSSAPITO**

### **2.1 Kunnossapidon määritelmä**

Suomen standardoimisliitto määrittelee kunnossapidon standardissa SFS 13306 (2010, 8) seuraavasti:

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

Kunnossapito jaetaan tavallisesti kahteen alalajiin, ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon (SFS 13306 2010, 34). Anthony Smithin mukaan (2004, 20) kaikki tehdyt kunnossapitotyöt voidaan jaotella näihin alalajeihin, eikä niiden välillä ole olemassa ”harmaata aluetta”. Kuviossa 6 on esitetty Jorma Järviön (2012, 47) kuvaus kunnossapitolajeista.



Kuvio 6. Kunnossapitolajit (Järviö 2012, 47)

## 2.2 Korjaava kunnossapito

Anthony M. Smithin (2004, 20) määritelmän mukaan

*Korjaava kunnossapito on suunnittelematonta kunnossapitotyötä, joka tehdään laitteiston tai systeemin suorituskyvyn palauttamiseksi.*

Jokaisella vikaantumisella on vaikutuksensa tuotantolaitokseen. Jotkin vikaantumiset vaikuttavat suoraan tuotannon tehokkuuteen, kun taas toiset voivat aiheuttaa vakavan uhan terveydelle tai ympäristölle. Jokainen vikaantuminen, myös vian korjaaminen, vaikuttaa tuotantolaitoksen toimintaan, sillä korjaaminen sitoo resursseja. (Moubray 1997, 90).

Korjaava kunnossapito on huomattavasti ennakointia kalliimpaa, sillä korjaava kunnossapito on suunnittelematonta, jolloin vikaantumisista johtuvien tuotantokatkosten ajoittumista ei pystytä hallitsemaan. Pelkällä korjaavalla kunnossapidolla huolletut laitteet ovat siten erittäin haavoittuvaisia tuotannonmenetyksille. (Smith 2004, 20–22).

### 2.3 Ennakoiva kunnossapito

Tehokkaan kunnossapidon perusedellytys on hyvin suunniteltu, koordinoitu ja aikataulutettu kunnossapitotyö. Vain tehokkaalla kunnossapidolla voidaan päästä aivan huipputasolle tuotantolaitoksen luotettavuudessa ja toiminnassa. Hyvin toimiva kunnossapito vaatii johtajakseen henkilöitä, jotka suunnittelevat ja koordinoivat aikatauluja ja resursseja. (Nyman & Levitt 2001, 18–19).

Smith (2004, 20) määrittelee ennakoivan kunnossapidon seuraavasti:

*Ennakoiva kunnossapito on tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä, jotka on ennalta suunniteltu suoritettavaksi tietyinä ajanjaksona systeemin tai laitteiston suorituskyvyn ylläpitämiseksi.*

Avainsana ennakoivaan kunnossapitoon on ennalta suunniteltu. Suunnittelun avulla pystytään

1. hallitsemaan vikaantumisista johtuvia tuotantokatkoksia paremmin
2. havaitsemaan alkavat vikaantumiset aikaisemmin
3. löytämään piilevät viat
4. sallimaan vikaantuminen, mikäli se on perusteltua.

(Smith 2004, 20–22).

Ehkäisevän kunnossapidon neljä tehtäväkategoriaa ovat siten

1. jaksotettu korjaus tai uusiminen

- korjaus tai uusiminen riippumatta osan kunnosta tai eliniästä
2. kunnonvalvonta
    - vikaantuminen oireileva ja havaittavissa
  3. vian etsintä
    - vara- tai turvalaitteiden piilevien vikojen löytäminen (Smith 2004, 25)
  4. RTF ja korjaava kunnossapito
    - vikaantumisten tietoinen salliminen.
 (Järviö 2012, 167).

## 2.4 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Ennakkosuunnittelun ympärille on syntynyt koko luotettavuuskeskeisen kunnossapidon ala. Moubrayn mukaan (1997, 18–20) luotettavuuskeskeisen kunnossapidon avulla voidaan saavuttaa

- parempi käytettävyys ja luotettavuus
- parempi työturvallisuus
- parempi tuotannon laatu
- pienemmät ympäristöriskit
- laitteiden pidempi elinikä
- parempi kustannustehokkuus.

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito juontaa juurensa 1970-luvulle Yhdysvaltoihin. United Airlines -nimiselle lentoyhtiölle annettiin toimeksiannoksi raportoida siviililentoliikenteessä käytettyjen koneiden kunnossapidon prosessi. Raportin lopputuloksena oli kaksi melko yllättävää havaintoa:

- Aikataulutetulla kunnossapidolla on vain vähän vaikutusta monimutkaisten koneiden kokonaisluotettavuuteen.
  - On monia koneita, joille ei voida luoda tehokasta aikaan perustuvaa kunnossapito-ohjelmaa.
- (Moubray 1997, 318–322).

RCM-analyysin vaiheet on määritelty standardissa SFS-IEC 60300 (2001, 8) seuraavasti:

- *määritellään järjestelmän ja/tai osajärjestelmän rajat*
- *määritellään kunkin järjestelmän tai osajärjestelmän toiminnot*
- *tunnistetaan toiminnallisesti merkittävät kohteet*
- *tunnistetaan toiminnallisten vikaantumisten syyt*
- *ennustetaan vikaantumisten vaikutukset ja niiden todennäköisyys*
- *käyttäen päätöslogiikkaa luokitellaan toiminnallisesti merkittävien kohteiden vikaantumisten vaikutukset*
- *tunnistetaan soveltuvat ja tehokkaat kunnossapitotehtävät, jotka muodostavat alkuperäisen kunnossapito-ohjelman*
- *suunnitellaan uudelleen laitteet tai prosessi, jos soveltuvaa tehtävää ei tunnisteta*
- *muodostetaan dynaaminen kunnossapito-ohjelma, joka seuraa kunnossapito-ohjelman rutiininomaisesta ja systemaattisesta päivittämisestä ja revisiosta ja jota tukee kunnossapitotietojen valvonta, keruu ja analysointi.*

RCM-analyysi on metodi ehkäisevän kunnossapito-ohjelman luomiseksi. Analyysin lopputuloksena saadaan perusteet sille, onko välttämätöntä tehdä yksittäinen kunnossapitotehtävä. Metodi soveltuu yhtä hyvin muihinkin laitteistoihin kuin vain lentokoneisiin. (SFS-IEC 60300 2001, 8).

## **2.5 ECM-analyysi**

Alkuperäinen RCM-metodi on hyvin raskas ja kallis, sillä metodi ei olela mitään, vaan tutkii kaiken (Järviö 2012, 162). Raskaan klassisen RCM-analyysin ohelle on kehitetty joukko kevyempiä ennakkohuollon suunnittelutyökaluja. Kevyempiä menetelmiä ovat esimerkiksi virtaviivaistettu RCM sekä kokemuskeskeinen kunnossapito. Kevyemmät menetelmät on tarkoitettu tilanteisiin, joissa yrityksessä halutaan tehdä nopeampi yleiskatsaus kokonaisen laitteen ennakkohuollon tehokkuuteen sekä

kartoittaa uusia kustannustehokkaita ennakkohuoltotoimenpiteitä. (Smith 2004, 177–178).

Kokemuskeskeinen kunnossapito koostuu kolmesta erillisestä, mutta lyhyestä vaiheesta, joiden perusteella ECM-analyysi tehdään. Pohjimmiltaan vaiheet juontavat juurensa klassisen RCM-analyysin periaatteisiin. Jokaisen vaiheen perustana on avainkysymys, johon pyritään vastaamaan. ECM-analyysin tekemiseen ei tarvita erillistä ohjelmistoa, vaan analyysi on yhtä helppo tehdä käsin paperille. (Smith 2004, 178).

Tyypillisesti ECM-analyysin tekemiseen menee 2–4 työpäivää. Analyysin tekemisessä tulee käyttää asiantuntijaryhmää, joka koostuu kohdelaitteen kanssa työskentelevistä työntekijöistä. Näin varmistetaan, että asiantuntijaryhmä tuntee laitteen käyttäytymisen mahdollisimman hyvin. ECM-analyysin vaikutukset ennakkohuoltoon jäävät usein pienemmiksi kuin klassisen RCM-projektin, mutta jokainen hyvin suunniteltu ennakkohuoltotoimenpide auttaa nostamaan laitteen käytettävyyttä. (Smith 2004, 182).

## **Vaihe A**

ECM-analyysin ensimmäisessä vaiheessa vastataan kysymykseen, ovatko nykyiset ennakkohuoltotehtävät sekä käyttökelpoisia että tehokkaita. (Smith 2004, 178).

Smithin esimerkki ECM-analyysin vaiheista on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Esimerkki ECM-analyysin vaiheesta A (Smith 2004, 179, muokattu)

1	2	3	4	5	6	7
Current PM tasks	Component Name	Specific Failure Mode Addressed by PM	If Applicable Describe Effect of Failure	Is PM Effective? (Y/N)	Keep Task? RTF? Drop Task? Modify Task?	Describe New or Change to PM & Interval
Inspect Cleanliness of motor air ducts	C92 Compressor motor	Clogged air filter	Motor overheating	Y	Modify Task	New PM to periodically replace filter at 1M w/AE

ECM-analyysin ensimmäisen vaiheen osiot on kuvattu taulukossa 1 seuraavasti:

- Sarakkeessa 1 kuvataan nykyinen ennakkohuoltotoimenpide.
  - Sarakkeessa 2 ilmoitetaan järjestelmän komponentti, johon ennakkohuoltotoimenpiteellä vaikutetaan.
  - Sarakkeessa 3 kuvataan vikamuoto, joka pyritään estämään ennakkohuoltotoimenpiteellä. Mikäli vikamuotoa ei pystytä kuvaamaan, ei ennakkohuoltotoimenpide ole käyttökelpoinen.
  - Sarakkeessa 4 kuvataan vian vaikutukset tarkemmin.
  - Sarakkeessa 5 päätetään, onko ennakkohuoltotoimenpide asiantuntijaryhmän mielestä riittävän kustannustehokas.
  - Sarakkeessa 6 päätetään vastausten perusteella, pitäydytäänkö aikaisemmassa ennakkohuoltotoimenpiteessä, muokataanko toimenpidettä vai sallitaanko vikaantuminen.
  - Sarakkeessa 7 kuvaillaan ennakkohuoltotoimenpiteelle tehdyt muutokset.
- (Smith 2004, 179–180).



## Vaihe B

Toisessa vaiheessa vastataan kysymykseen, olisiko joku lähimenneisyyden korjaavan kunnossapidon toimi voitu välttää jollain sovellettavissa olevalla ennakkohuoltotoimenpiteellä (Smith 2004, 180). Smithin esimerkki ECM-analyysin toisesta vaiheesta on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Esimerkki ECM-analyysin vaiheesta B (Smith 2004, 180, muokattu)

1	2	3	4	5	6	7	8
CM Event Date	Component Name	CM Event Description	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect Description	Failure Effect Warrants	Describe New or Change to PM & Interval
9-Nov- 89	C92 Compressor	Water leak	Air cooler gasket leak	Pinched	Loss of Compression	N	Installation error, PM task not feasible

ECM-analyysin toisen vaiheen osiot on kuvattu taulukossa 2 seuraavasti:

- Sarakkeessa 1 kerrotaan korjaavan kunnossapidon suorittamispäivämäärä.
- Sarakkeessa 2 ilmoitetaan vikaantunut komponentti.
- Sarakkeessa 3 kuvataan lyhyesti häiriökorjaustoimenpiteet.
- Sarakkeessa 4 kuvataan vikamuoto tarkasti.
- Sarakkeessa 5 ilmoitetaan vian syy.
- Sarakkeessa 6 kuvataan vian vaikutukset lyhyesti sekä komponentti- että laitetasolla.
- Sarakkeessa 7 päätetään, ovatko kohdan kuusi vaikutukset niin vakavia, että niiden esiintyminen pitäisi ehkäistä.

- Sarakkeessa 8 määritetään tehokas ja sovellettavissa oleva ennakkohuoltotoimenpide vian ehkäisemiseksi, mikäli kohtaan 7 vastattiin myöntävästi. Lisäksi määritetään huoltojen intervalli.

(Smith 2004, 180–181).

### Vaihe C

Kolmannessa vaiheessa kuvataan ne vikamuodot, jotka eivät tulleet esille vaiheessa A ja B, mutta ovat asiantuntijaryhmän mielestä seurauksiltaan niin vakavat, että niiden esiintyminen tulee ehkäistä (Smith 2004, 181). Smithin erimerkki ECM-analyysin viimeisestä vaiheesta on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Esimerkki ECM-analyysin vaiheesta C (Smith 2004, 181, muokattu)

1	2	3	4	5
Component name	New Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect Description	Describe New PM & Interval
Lube Oil High Temperature	Meter Drift	Age or vibration	Inaccurate indication, possible false trips	Calibrate – 6 M w/AE

- Sarakkeessa 1 ilmoitetaan komponentin nimi.
- Sarakkeessa 2 kuvataan hypoteettinen vikamuoto.
- Sarakkeessa 3 arvioidaan vian syyt.
- Sarakkeessa 4 kuvataan lyhyesti vian vaikutukset sekä komponentti- että laitetasolla.
- Sarakkeessa 5 määritetään tehokas ja sovellettavissa oleva ennakkohuollon toimenpide ja intervalli.

(Smith 2004, 181).

## 2.6 Varaosat

Standardi SFS-EN 13306 (2010, 10) luokittelee kunnossapidon käyttämät osat kolmeen luokkaan:

### ***Kulutusosa***

*Mikä tahansa kohde tai materiaali, mikä kuluu, voidaan vaihtaa uuteen ja yleisesti ottaen ei ole laitekohtainen.*

*Huom. Pääsääntöisesti kulutusosa on suhteellisen halpa kohdelaitteeseen verrattuna.*

### ***Varaosa***

*Kohde, jolla korvataan vastaava kohde tarkoituksena säilyttää koneen alun perin vaadittu toiminta.*

*Huom.1 Alkuperäinen osa voidaan myöhemmin korjata.*

*Huom.2 Englannin kielessä mistä tahansa laitekohtaisesta varaosasta usein käytetään nimitystä replacement item (suom. vaihto-osa).*

### ***Varmistava varaosa (insurance spare part)***

*Varaosa, jota normaalisti ei tarvita koneen elinjakson aikana, mutta jonka puute voi aiheuttaa kohtuuttoman pitkän seisokkiajan.*

*Huom. mikäli varaosa on kallis, se voidaan kirjanpidollisista syistä kapitalisoida (lasketaan käyttöomaisuudeksi).*

## 2.7 Toimintavarmuus

Standardi SFS-EN 13306 (2010, 12) määrittelee toimintavarmuuden:

*Kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson*

Ramesh Gulatin mukaan (2013, 152) on tärkeää ymmärtää toimintavarmuuden (reliability) olevan RCM:ää (Reliability-Centered Maintenance) laajempi käsite. RCM on vain toimintavarmuutta hyödyntävä ennakoivan kunnossapidon työkalu oikeiden ennakkohuoltotoimenpiteiden valintaan.

Toimintavarmuus, eli luotettavuus on yksi suunnittelun osa alue ja se kulkee käsi kädessä kunnossapidettävyyden kanssa. Laite, jolla on hyvä käyttövarmuus sekä kunnossapidettävyyden, toimii vaivattomasti, turvallisesti ja tehokkaasti. Hyvä suunnittelu tarkoittaa kunnossapidon tarpeen minimointia käyttämällä luotettavia komponentteja, osien vaihtojen yksinkertaistamista sekä kunnonvalvonnan mahdollistamista. (Gulati 2013, 152–153).

## 2.8 Kunnossapidon vaikutus tuotannon kokonaistehokkuuteen

Vaikka tuotannon kokonaistehokkuuteen vaikuttavat muutkin tekijät, on kunnossapidolla merkittävä rooli tuotannon kokonaistehokkuuden muodostumisessa. Tuotannon kokonaistehokkuus lasketaan kaavalla

$$OEE = K * N * L$$

jossa

K = Käytettävyys

N = Nopeus

L = Laatu

(PSK 7501 2010, 29).

Termeistä käytettävyys (K) ilmaisee, kuinka suuri osa tehokkaasta työajasta on voitu käyttää itse tuotantoon. Nopeus (N) kertoo, kuinka tehokkaasti tuotantolaitteita on voitu käyttää. Laatu (L) kertoo, kuinka suuri osuus kokonaistuotannosta on laadultaan toimitettavaksi kelpavaa. Hyvä OEE yhdessä hyvän käyttövarmuuden kanssa mahdollistaa paremman käytettävyyden, paremman käyttöasteen sekä luotettavan toiminnan. (Järviö 2012, 59).

OEE soveltuu sekä yksittäisen laitteen että koko tuotantoprosessin tehokkuuden mittaamiseen. Ei ole kuitenkaan mielekästä asettaa tavoitteeksi 100 %:n tehokkuutta koko tuotantolaitokselle, vaan tulee käyttää saavutettavissa olevia tavoitteita. Esimerkiksi 85 % on hyvin yleinen tavoite kokonaistehokkuudeksi tuotantolaitoksessa. (Gulati 2013, 209).

Vuonna 2010 kunnossapidon vuosikirjassa julkaistun Kari Komosen tutkimusten mukaiset suomalaisen teollisuuden tunnusluvut vuosien 2005–2008 tarkasteluvälillä on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Kunnossapidon tunnusluvut Suomessa (Järviö 2012, 34)

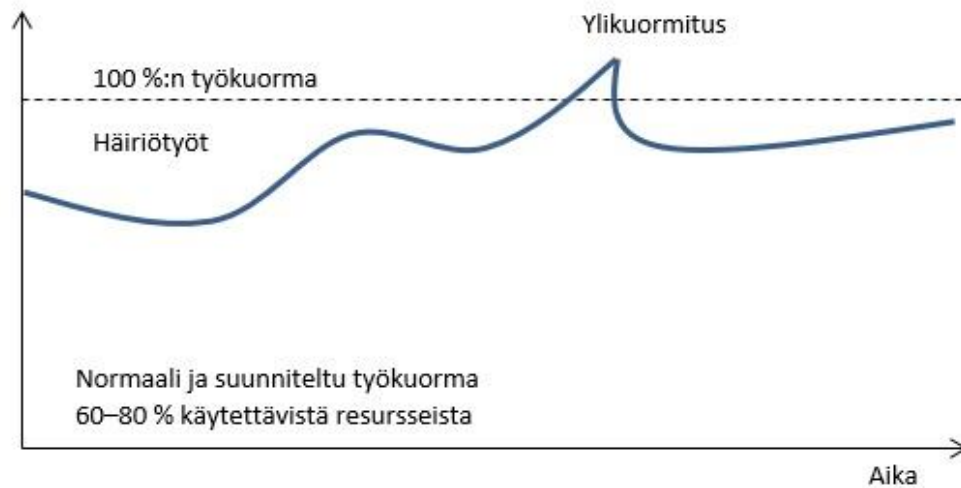
Koneiden keskimääräinen ikä	19,05 v
Käyntiaste	67,08 %
Kokonaiskäytettävyys	83,19 %
KNL/OEE	69,7 %
Kunnossapidosta johtuva epäkäytettävyys	2,66 %

## 2.9 Kuormitussuunnittelu ja kasauma (Backlog)

Kasauma on työtunteina mitattu työkuorma, jota on pyydetty, mutta jota ei ole vielä suoritettu. Kasauman oikeanlainen hallinta on osa hyvää kunnossapidon johtamista. Kasaumaa kertyy ympäristön olosuhteiden aiheuttaman työkuorman mukaan. Jo aloitetun kunnossapitotyön vielä tekemätön työmäärä on osa kasaumaa. Laiminlyödyt ja tekemättä jätetyt työt siirtyvät töiden kasaumaan, mutta kaikki kasaumassa olevat työt eivät ole automaattisesti laiminlyötyjä. (Nyman & Levitt 2001, 35).

Nymanin ja Levittin mukaan (2001, 34) kunnossapidon suunnittelun lähtökohta on ”makro-suunnittelu”, joka tarkoittaa kunnossapidon resurssien optimointia kunnossapidon työmäärän suhteen. Töiden kasauman määrää tulee pitää

mahdollisimman vakiona ja hallittavana siten, että kunnossapidon työmäärän ja resurssien suhde pysyy tasapainoisena. Heinonkosken mukaan (2004, 26) kunnossapitotyö pitää suunnitella siten, että 60–80 %:a työtunneista käytetään suunniteltuihin töihin. Tällöin häiriökorjauksille jää riittävästi aikaa. Mahdollisen ylikuormituksen aikana työt pitää jakaa edeltäville tai tuleville päiville ja viikoille. Kuviossa 7 on esitetty ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon aiheuttaman työkuormituksen kuvaaja. Työkuormituksen tulee olla mahdollisimman etupainotteista, sillä siten töitä on helpompi aikatauluttaa, eikä kasauma pääse kasvamaan liian suureksi.



Kuvio 7. Työkuormituskuvaaja (Heinonkoski 2004, 26, muokattu)

## 2.10 Kunnossapidon mittarointi

Yritykset ovat yrittäneet saada kunnossapidon kokonaisvaltaisesti hallintaansa muuttamalla monin tavoin organisaatiotaan. Silti kunnossapidon hallinta on tuottanut monille vaikeuksia. Syynä tähän on ollut sekä kunnollisten mittareiden puute että kunnollisen kunnossapidon ohjausjärjestelmän puute. (Wireman 1998, 167).

Kunnossapidon tehokkuutta voidaan mitata jakamalla normaalit työtunnit todellisilla työtunneilla. Työtunnit lasketaan saadaan kunnossapidon historiatiedoista. Korjaavan kunnossapidon tehokkuus on yleisesti alle 50 %. (Nyman & Levitt 2001, 99).

Kunnossapidon töiden yleiseen aikataulutuksen ja kasauman laskentaan tulee käyttää voimassaolevaa tietoa kunnossapidon tehokkuudesta. Kunnossapidon historiatiedon perusteella laskettu tehokkuus on aina enemmän tai vähemmän arvio. Siksi laskettua tehokkuutta sovellettaessa tulee ottaa huomioon laskennan tuoma noin +/- 15 %:n epävarmuus huomioon. (Nyman & Levitt 2001, 101).

### **3 MATERIAALINHALLINTA TUOTANTOYRITYKSESSÄ**

#### **3.1 Toiminnanohjaus ja toiminnanohjausjärjestelmät**

Toiminnanohjaus- eli ERP-järjestelmät ovat nousseet merkittäväksi tekijäksi yrityksen kannattavuuden ja kilpailukyvyn edistäjinä. Hyvin toimivalla tietojärjestelmällä pystytään hallitsemaan koko liiketoimintaprosessi aina suunnittelusta toteutukseen. Tämä säästää merkittävästi kustannuksia, kohdentaa yrityksen resurssien käyttöä ja parantaa asiakaspalvelua. Uuden järjestelmän hankkiminen on aina iso ja vaativa prosessi. Järjestelmähankkeen myötä yrityksessä tapahtuu voimakas toimintatapojen ja työtehtävien muutos. (Vilpola & Kouri 2006, 7–9).

Toiminnanohjausjärjestelmää valitessa on suositeltavaa valita järjestelmätoimittaja, joka pystyy joustavasti vastaamaan tarpeisiin ja takaa pitkäaikaisen ylläpidon järjestelmälleen. Pk-yritykset joutuvat useimmin valitsemaan valmiin ohjelmistopakettin, jota räätälöidään vain hyvin vähän yrityksen tarpeisiin. ERP-järjestelmän vaihdos tai sen käytön muutokset voivat aiheuttaa suuriakin määriä datanluontityötä, kuten esimerkiksi hinnastojen tai tuoterakenteiden tekemisen. (Vilpola & Kouri 2006, 14–15).

Hyvä muutosjohtaminen ERP-järjestelmän kohdalla tarkoittaa Vilpolan ja Kourin mukaan (2006, 16) erityisesti projektin vetäjän jatkuvaa seuraamista projektin tilanteesta, ilmenevien ongelmien välitöntä korjaamista sekä käyttäjien toiveiden ja kommenttien kuuntelua.

## **3.2 Materiaalinhallinta**

### **3.2.1 Materiaalinhallinnan vaikutus kustannuksiin**

Materiaalinhallinta on yrityksen raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden hankinnan, varastoinnin ja jakelun hallintaa. Materiaalihankintojen osuus yritysten kustannusrakenteessa on kasvanut suuresti viime vuosikymmeninä. Tämä on aiheuttanut sen, että yritykset ovat pyrkineet pienentämään varastojaan ja lyhentäneet tilaus- ja toimitusprosessien kestoja. Tämä kehitys vaatii hyvää materiaalitoimintojen organisointi- ja hallintaosaamista. Tietotekniikan hyödyntäminen on noussut avainasemaan monimutkaisten toimitusketjujen hallinnassa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 443).

Yleisesti ottaen materiaalihallinnan perustavoitteet ovat:

- **Pitää yllä haluttu palvelutaso.**

Palvelutaso riippuu hankittavien tuotteiden saatavuudesta ja toimitusajan pituudesta. Materiaalihallinnon tulee pystyä vastaamaan tuotannon ja loppuasiakkaan tarpeisiin vaaditulla tavalla. Materiaalitoimintojen palvelutaso määräytyy yrityksen strategisten päätösten mukaan.

- **Minimoida materiaalihallinnan kokonaiskustannukset.**

Nämä kokonaiskustannukset muodostuvat

- ostettavien materiaalien hinnasta
- oston kustannuksista
- kuljetuksesta, vastaanotosta ja tarkastuksesta



- varastoinnista
- jakelusta
- materiaalivirheiden aiheuttamista menetyksistä tuotannossa
- puutekustannuksista
- reklamaatioista.

(Haverila ym. 2009, 443–444).

Materiaalihankinnassa kokonaiskustannus on aina osatekijöiden summa.

Hankintapäätöstä tehdessä tulee pyrkiä kokonaiskustannuksiltaan edullisimpaan ratkaisuun. (Haverila ym. 2009, 443–444).

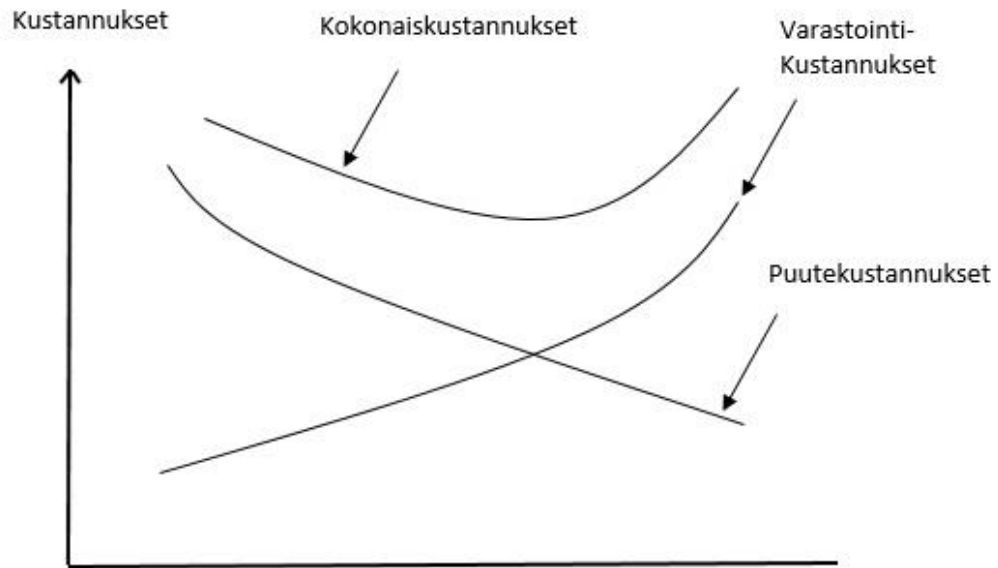
Materiaalinhallinnan kokonaiskustannusten minimoinnissa havaitaan selkeä ristiriita.

Varastotason pienentäminen laskee varastointikustannuksia, mutta samalla hankinta- tai puutekustannukset voivat nousta huomattavasti. Näiden väliltä tuleekin etsiä kuvion 8 mukainen optimi varastotaso, jossa kokonaiskustannukset jäävät pienimmiksi. Haverila ja muut ovat todenneet (2009, 444) että

varastointikustannukset ovat yhteensä 19,5–36 % varaston kokonaisarvosta.

Käytännössä tämä tarkoittaa, että jokaisesta varastossa olevasta 100 000 euron erästä kertyy vuosittain 19500–36000 euroa kustannuksia. Materiaalinhallintaa suunnitellessa ongelmaa pitää lähestyä palvelutason näkökulmasta.

Materiaalinhallinnassa oleellista on halutun palvelutason ylläpitäminen minimikustannuksin, eikä puute- ja varastokustannusten minimointi. (Haverila ym. 2009, 444).



Kuvio 8. Varastotason vaikutus kustannuksiin (Haverila & ym. 2009, 445, muokattu)

### 3.2.2 Materiaalinhallinta kirjanpidossa

Kirjanpito on yrityksille, yhdistyksille, säätiöille sekä liike- ja ammattitoimintaa harjoittaville yksityishenkilöille lakisääteinen velvoite. Yritystoiminnan tavoitteena on tuottaa voittoa ja yrityksen tulos saadaan selville tilinpäätöksestä, joka laaditaan kirjanpidon perusteella. Yrityksen laskentatoimi voidaan jakaa yrityksen ulkoiseen ja sisäiseen laskentatoimeen. Ulkoinen laskentatoimi tuottaa tietoa yrityksen taloudellisesta tilanteesta ulkoisille sidosryhmille, kuten verottajalle, omistajille, rahoittajille, tavarantoimittajille, kilpailijoille ja asiakkaille. Sisäinen laskentatoimi tuottaa taas esimerkiksi investointilaskelmia ja budjetteja yrityksen päätöksenteon perustaksi. (Lindfors 2008, 13).

Tilinpäätös kertoo yrityksen toiminnasta tilikauden ajalta. Verotuksen vuoksi tilikausi on yleensä 12 kuukautta, mutta monessa yrityksessä laaditaan kuukausittain myös välitilinpäätös. Välitilinpäätöksellä yritys pystyy informoimaan yrityksen tilasta johtoa ja muita sidosryhmiä. (Salmivuori 2010, 15). Tilinpäätöksessä vaihto-omaisuuden arvo kirjataan fyysisen inventaarin perusteella. Varaston arvoon luetaan myös matkalla olevat tavarat, mikäli omistusoikeus on siirtynyt ostajalle ja tavarat on kirjattu ostajan kirjanpitoon. Tilinpäätöksessä varaston tavarat on aina laskettava.

Toiminnanohjausjärjestelmästä tulostettu raportti ei riitä tilinpäätökseksi. (Lindfors 2008, 51).

Vaihto-omaisuus näkyy taulukon 5 mukaisesti tuloslaskelmassa varastojen muutoksena ja taseessa vaihtuvina vastattavina. Tuloslaskelmassa varastojen muutokset aiheuttavat merkittävän erän (Salmivuori 2010, 16). Tilikauden lopun varaston arvoa verrataan kauden alun varastoon. Vertailun erotuksella oikaistaan tilikauden myyntiä ja kuluja. Jos yrityksellä on ollut tilikauden aikana ostoja enemmän kuin myyntiä, on kirjanpidossa huomioitava kuinka paljon tavaraa on jäänyt varastoon ja toisaalta, kuinka paljon tilikauden alun varastosta on myyty. (Lindfors 2008, 38).

Taulukko 5. Yksinkertaistettu yrityksen tuloslaskelma (Salmivuori 2010, 15, muokattu)

+ Liikevaihto (tuotteet)
+ Liikevaihto (palvelut)
+ Liikevaihto (palvelusopimukset)
<b>= Liikevaihto yhteensä</b>
- Ostot (raaka-aineet, komponentit, puolivalmisteet, tuotteet, rahti, huolinta jne.)
+/- Varastojen muutos (raaka-aineet, komponentit, puolivalmisteet, tuotteet)
- Ulkopuoliset palvelut
- Henkilöstökulut
- Poistot
- Muut kulut (vuokrat, markkinointi, puhelinkulut jne.)
<b>= Liikevoitto/-tappio (EBITA)</b>

Varaston arvon muodostus perustuu fifo-periaatteeseen. Tällöin ensimmäisenä hankittu tuote poistuu ensimmäisenä. (Lindfors 2008, 51).

Taseessa pysyviin vastattaviin, eli käyttöomaisuuteen, luetaan yrityksen käyttöiältään yli yhden vuoden koneet ja kalusto. Kerralla kuluiksi voidaan kuitenkin kirjata lyhytkestoiset ja hankintahinnaltaan pienet koneet ja kalusto, kun hankintojen todellinen käyttöikä on alle kolme vuotta. Myös yli kolmen vuoden hankinnat on mahdollista elinkeinoverolain puitteissa kirjata vuosikuluiksi, kunhan hankintameno

on enintään 850€ ja pienhankintojen yhteisarvo on enintään 2500€. (Lindfors 2008, 49–50).

### 3.3 Nimikkeet ja nimikerekisterit

Jokaisella yrityksellä on oma tapansa yksilöidä nimikkeensä ja niiden yhdistäminen yritysten välillä on vaikeaa (Emmett 2005, 34). Hokkasen, Karhusen ja Luukkaisen (2004, 94–95) määritelmän mukaan nimike, eli artikkeli, on pienin varastossa tunnistettava, asiallisin perustein muista erottuva kohde, jolle on varastossa annettu oma koodinsa. Esimerkiksi saman tuotteen eri pakkauskooot ovat eri nimikkeitä. Nimikkeistön pariin kuuluvat tuotteet vaihtelevat yritysten käytäntöjen mukaan suuresti. Usein nimikkeistö sisältää kuitenkin esimerkiksi pakkaukset, asennustarvikkeet, muotit, kiinnittimet ja sulautetut ohjelmistot sekä myös varaosat. Nimikkeellä tarkoitetaan siis systemaattista ja standardisoitua tapaa identifioida, koodata ja nimetä fyysinen tuote, tuotteen osa tai komponentti, materiaali tai palvelu (Sääksvuori & Immonen 2002, 19).

Jotta tuotetietoja pystytään hallitsemaan, on yrityksen sisäinen nimikkeistö oltava yhtenäinen, yrityksen oman tai laajemman standardin mukainen. Nimikkeistön rakenne pitää tehdä siten, että se luokittelee nimikkeet eri luokkiin ja niiden alaluokkiin oikealla, loogisella tavalla. Looginen ja selkeä nimikkeistö on helpompi hallita. Looginen nimeäminen helpottaa myös tuotteiden löytämistä varastonhallintajärjestelmästä tai oikeasta fyysisestä varastosta. Nimikkeistöä luodessa tulisi pystyä hahmottamaan eri luokkien ja alaluokkien väliset suhteet ja hierarkiat. Tällaista kuvausta kutsutaan nimikehierarkiaksi. Nimikkeistön luomiselle on olemassa valmiita toimialakohtaisia kansallisia ja kansainvälisiä standardeja. (Sääksvuori & Immonen 2002, 19).

Yritysten laajenemisen ja globalisoitumisen myötä nimikerekisterin hallinnasta ja yhtenäistämisestä on tullut entistä vaikeampaa. Siksi ei aina olekaan järkevää suorittaa laajojen nimikerekisterien yhtenäistämistä, vaan nimikkeiden välillä kannattaa käyttää erilaisia ristiviittauksia. Tämä tarkoittaa, että yritys A:n nimike 1C

tunnetaan yrityksessä B nimikkeellä 2D. (Sääksvuori & Immonen 2002, 20). Ristiviittauksia käytetään, kun halutaan kertoa ostajayritykselle suoraan tilaustiedoissa, millä nimikkeellä tilattu tuote tai palvelu ostajayrityksen omassa järjestelmässä tunnetaan. Ristiviittaus voidaan tehdä esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmän nimiketietokorttiin, mistä tämä näkyy automaattisesti niin sanottuna ulkoisena tunnuksena. (Pohjolainen 2015).

Nimikkeistön yhteneväisyys ostajayrityksen kanssa saattaa olla suurikin kilpailuetu. Näin on esimerkiksi tilanteessa, jossa ostajayritys on toimittajaa huomattavasti suurempi ja suurin osa toimittajayrityksen tilauksista tulee kyseiseltä yritykseltä. Tällä tavoin yritykset integroituvat ja mahdollistavat aikaisempaa suuremman yhteistyön. (Sääksvuori & Immonen 2002, 20).

Kansainvälisen kilpailun kiristyessä yritykset elävät jatkuvan muutospaineen alla. Tästä syystä nimikkeiden hallinta on noussut entistä suurempaan rooliin. Samalla tuotetiedon määrä kasvaa muun muassa kasvavan kilpailun ja kiristyvien budjettien, liiketoiminnan kansainvälistymisen, yritysten fuusioitumisten, toimitusaikojen lyhenemisen, kiristyvien laatuvaatimusten, viranomais- ja teollisuusstandardien yleistymisen sekä kiristyvän lainsäädännön vuoksi. (Sääksvuori & Immonen 2002, 97).

Vaillinainen nimikereisterin hallinta ajaa tuotannon työntekijät sekä tuotantolaitteiden kunnossapitäjät kehittämään omia arkistointitapojaan. Nimikkeen tietoja ryhdytään kirjaamaan esimerkiksi työntekijän mukana kulkevaan vihkoon. Tällöin yritys on ajautunut noidankehään, missä nimikehallinta rapistuu, koska tiedon haku on hankalaa. Tämä saa työntekijät kehittämään omia järjestelmiään, mikä halvaannuttaa nimikkeiden hallintaa entisestään. (Sääksvuori & Immonen 2002, 98).

Nimikereisterin hallintaan voidaan käyttää esimerkiksi PDM-järjestelmiä, erikoistuneita CAD-ohjelmistoja tai ERP-ohjelmistoja. Nimikereisterin siirtäminen järjestelmällä hallittavaksi auttaa Sääksvuoren ja Immosen mukaan (2002, 99–101) saavuttamaan seuraavat muutokset:

- **ajan säästö**
  - tiedon hakemiseen ei tarvitse käyttää aikaa
  - päällekkäisen työn osuus pienenee
  - osien historiatiedot löytyvät
  - yrityksen sisäinen ja ulkoinen palvelutaso nousee
  
- **laadun paraneminen**
  - sertifikaatit ja pöytäkirjat voidaan liittää tuotteeseen
  - standardit ovat kaikkien saatavilla
  - tietoturva paranee
  - toiminnan joustavuus lisääntyy
  
- **sidotun pääoman pieneminen**
  - nimikkeistö vähenee ja standardisoituu
  - varastot pienenevät.

Nimiketiedon hallinta parantaa siis työn tuottavuutta. Suunnittelu- ja tuotekehitysorganisaatiossa jopa neljännes työajasta kuluu tiedon etsimiseen, jakeluun ja yläpitoon. Työn tehokkuutta voidaan mitata mittaamalla tiedon etsintään käytettyä aikaa. (Sääksvuori & Immonen 2002, 103–104).

### **3.4 Varastointi**

#### **3.4.1 Varastoinnin määritelmä**

Matti S. Rauhala määrittelee (2011, 178) varastoinnin yksinkertaistetusti seuraavalla tavalla:

*Varasto on tavaroiden väliaikainen kasautuma, joka toimii puskurina tavarantoimittajilta tulevan tasaisen tavaravirran ja jonkin verran epävakaisen käytön ja kysynnän välillä.*

Varastoihin on perinteisesti suhtauduttu myönteisesti. Suuren varaston on uskottu kertovan yrityksen maksuvalmiudesta. Toisaalta on myös uskottu, että inflaation myötä yleinen hintojen nousu korvaa varastossa olevan sidotun pääoman aiheuttamat tappiot. Suomessa myös vanhat kuluksikirjaamismahdollisuudet ovat rohkaisseet yrityksiä tekemään ns. tilinpäätösostoksia varastoon verotettavan tuloksen pienentämiseksi. Tänä päivänä tällainen ei kuitenkaan ole mahdollista. (Sutinen 1998, 221–222). Hokkasen ja Virtasen mukaan (2012, 72) varastoinnin on siis pystyttävä tuottamaan lisäarvoa yritykselle ja asiakkaalle. Ilman lisäarvon tuottoa varastoiminen on hyödytöntä.

Varastot jaetaan pääsääntöisesti ajatuksellisesti kahteen eri luokkaan varmuus- ja käyttövarastoiksi. Käytännössä nimikkeet sijaitsevat kuitenkin fyysisesti vain yhdessä varastossa samalla tavalla käytettävissä. Normaalisti näitä varastoja käytetään fifo-periaatteella. Käyttövarasto on se varaston osa, jota kulutetaan normaalin kysynnän tyydyttämiseen. Varmuusvarasto on olemassa nimensä mukaisesti varmuuden vuoksi. Se toimii puskurina epätasaista kysyntää ja epävarmaa toimitusaikaa vastaan. Turhan varastoinnin välttämiseksi on varmuusvarasto aina suunniteltava ja pidettävä hallussa. (Rauhala 2011, 180).

Jos varastoa täydennetään harvakseltaan suurissa erissä, sitoutuu varastoon turhaan huomattavasti pääomaa. Pienentämällä saapuvien tilauserien kokoa voidaan saavuttaa alhainen varaston keskiarvo. Tämä kasvattaa varaston kiertonopeutta. On kuitenkin varottava, ettei tilauseriä pienennetä niin suuresti, että tilauskustannukset nousevat korkeammaksi kuin itse erien pienennyksestä saatava säästö. Jotta optimi eräkkö saadaan selville, on tiedettävä tilaus-, vastaanotto- ja käsittelykustannukset jokaisen nimikkeen osalta. (Rauhala 2011, 182).

Varastoinnin kustannuksissa tulee ottaa huomioon ylivarastoinnista aiheutuva kassa-alennuksen menetys. Usein myyjät tarjoavat kassa-alennuksen esimerkiksi maksuehdolla ”14 päivää – 2 %”, jolloin kassa-alennuksen käyttämättä jättäminen tarkoittaisi vuosikoroksi muutettuna 45,9 %:n korkoa. Suunnittelemattoman ostamisen seurauksena kassa-alennus voidaan menettää, kun tilataan liian suuria eräitä. Ylivarastointia voidaan seurata mittaamalla varaston kiertonopeutta. (Rauhala 2011, 183–184).

Välivarastoinnin tarkoitus on siis kunnossapidollisesti ajateltuna pitää tuotannossa tarvittava vaihto-omaisuus (varaosat) lähisäilytyksessä. Kunnossapidon varasto on Hokkasen, Karhusen ja Luukkaisen jaottelun mukaan (2004, 144–145) luonteeltaan

1. tarvikevarasto, jossa säilytetään valmistusprosessin eri vaiheissa tarvittavia apua-aineita ja tarvikkeita
2. työvälinevarasto, jossa säilytetään tarvittavia työvälineitä käyttökertojen välillä.

Hokkasen, Karhusen ja Luukkaisen mukaan (2004, 144–145) työvälinevarastolle on ominaista, että nimikemäärä on suuri, mutta nimikkeiden varastosaldot ovat pieniä. Lisäksi nimikkeiden on löydyttävä varastosta nopeasti ja nimikkeiden säilytys voi vaatia kunnossapitoa.

Logistiikkaprosessia kehittämällä varaston palvelutasoa saadaan parannettua. Prosessi voidaan saada toimimaan tehokkaasti pienessäkin varastossa. (Rauhala 2011, 185).

Varaston suunnittelu ja ohjaus yhteistyössä tavarantoimittajan kanssa voi olla joskus järkevin ratkaisu yrityksen kannalta. Tällöin tavarantoimittaja ottaa vastuun varaston nimikkeiden täydentämisestä ja hallinnoinnista. Todennäköisyys yllättävään materiaalipuutteeseen laskee, kun varasto on tavarantoimittajan hallinnassa. Tällaista varastoa kutsutaan toimittajan hallinnoimaksi varastoksi. (Hoppe 2006, 42).

### **3.4.2 Varastoinnin mittaaminen**

Kuten kaikkea yrityksen toimintaa, myös varastointia halutaan seurata eri mittareilla. Yleisin varaston seuraamisen tunnusluku on varaston kiertonopeus. Varaston kiertonopeus kertoo, montako kertaa vuodessa varasto vaihtuu keskimäärin. Optimaalinen kiertonopeus vaihtelee eri nimikkeiden välillä. Yleisesti ottaen nyrkkisääntö on kuitenkin, että mitä suurempi kate tuotteesta saadaan, sitä



pienempi on sen kiertonopeus. Kiertonopeus kertoo myös varaston sitomasta pääomasta. Mitä pienempi varaston kiertonopeus on, sitä enemmän se sitoo varastoon pääomaa. Varaston kiertonopeus voidaan laskea kaavalla

$$\text{Varaston kiertonopeus} = \frac{\text{Nimikkeen vuotuinen hankintakustannus}}{\text{Nimikkeen varastosaldo loppuhetkellä}}$$

(Sutinen & Antikainen 1996, 302).

Varaston riitto on käänteinen luku varaston kiertonopeudelle. Arvo kertoo, kuinka kauan varastossa riittäisi nimikettä, mikäli sen tilaaminen lopetettaisiin ja sen menekki säilyisi samana.

$$\text{Varaston riitto} = \frac{365 \text{ d}}{\text{Kiertonopeus}}$$

(Sutinen & Antikainen 1996, 303).

Varaston palvelukyky on prosenttilukema, joka kertoo kuinka hyvin varasto pystyy vastaamaan kysyntää. Toisin sanoen varaston palvelukyky tarkoittaa varaston toimitusvalmiutta. Joissain tapauksissa, kuten päivittäistavara-kaupoissa, palvelukyvyn mittaaminen on ongelmallista. Varaosatoiminnassa palvelukyvyn laskeminen on kuitenkin mahdollista.

$$\text{Varaston palvelukyky \%} = \frac{(\text{Kysyntä} - \text{Varastopuute}) * 100}{\text{Kysyntä}}$$

(Sutinen & Antikainen 1996, 304).

Vähittäistavara-kaupassa sekä teollisuuden raaka-aineiden varastoinnissa voidaan lisäksi käyttää lukuisia mittareita, jotka hyödyntävät varaston kokonaisyntiä ja varaston katetuotto-prosenttia. Nämä mittarit eivät kuitenkaan sovellu kovin hyvin kunnossapidon varaosavaraston mittaamiseen. (vrt. Sutinen & Antikainen 1996, 302–304).

Varastokirjanpidon toiminnasta ja tasosta saadaan tietoa keräämällä tilastotietoa inventaarioista. Virheet kirjanpidossa saattavat syntyä inhimillisestä virheestä tai virheestä tietojärjestelmässä. Inventaarion yhteydessä merkitään muistiin, kuinka paljon eroa on tietojärjestelmän ilmoittaman tuotesaldon ja todellisen tuotesaldon välillä. Mikäli inventaarioeroja ei synny, voidaan olla tyytyväisiä. (Hokkanen & Virtanen 2012, 68).

Kunnossapidollisesti kiinnostavia varaston mittareita ovat lisäksi käytettyjen varaosien määrä ja hankintakustannukset vuosittain koko varastossa, sekä hankintakustannukset tuotantoyksikköä kohden.

### **3.4.3 ABC-analyysi varastossa**

Varaston ABC-analyysi pohjautuu 80–20 sääntöön, ns. pareto-suhteeseen. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi

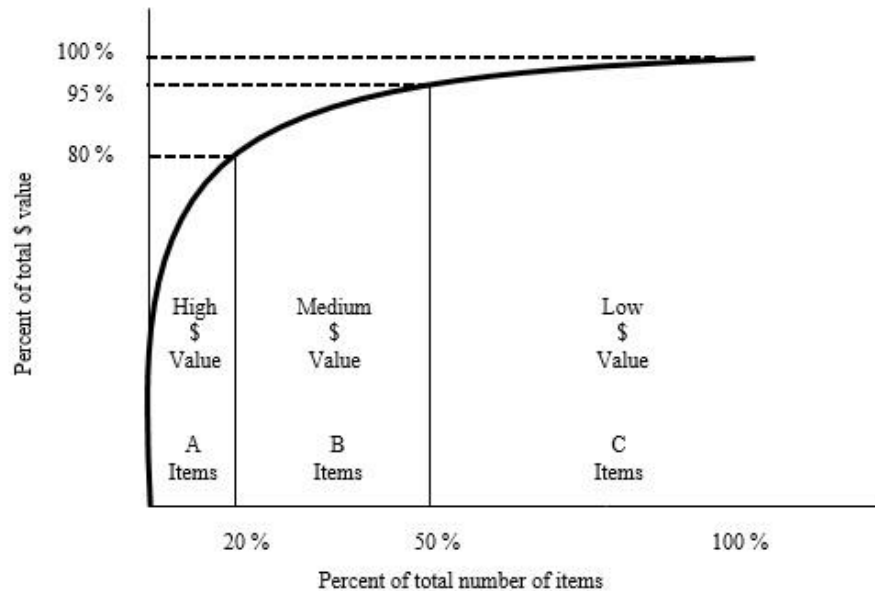
- 20 %:a nimikkeistä tuo 80 %:a myynnistä
- 80 %:a varaston arvosta on sitoutunut 20 %:iin varastoitavista nimikkeistä
- 80 %:a ostotyöstä kohdistuu 20 %:iin nimikkeistä.

Vaikka ohjesääntö ei tarkalleen pidä paikkaansa, se on havaittu hyvin pitkälle suuntaa antavaksi käytännön työelämässä. (Sakki 1986, 43–44).

ABC-analyysi tehdään nimenomaan nimikkeille eikä tuoteryhmille. ABC-analyysissä nimikkeet luetteloidaan esimerkiksi vuosikulutuksen mukaan. ABC-analyysissä nimikkeet ryhmitellään kolmeen luokkaan, joita kutsutaan A:ksi, B:ksi ja C:ksi. (Sakki 1986, 44).

ABC-analyysin nimikejaottelun tarkoitus on, että A-tuotteisiin luetaan ne artikkelit, jotka kattavat vain 10–20 %:a nimikkeistä, mutta aiheuttavat 70–80 %:a varastointikustannuksista. B-tuotteita ovat ne 10–20 %:a nimikkeistä, jotka aiheuttavat 10–15 %:a hankintakustannuksista ja C-tuotteita ovat ne nimikkeet, jotka

määrällisesti vastaavat loppua 70–80 %:a varaston nimikkeiden määrästä, mutta niiden osuus hankintakustannuksista on vain 10–20 %:a. (Sutinen & Antikainen 1996, 304–305). Kuviossa 9 on esitetty varaston tyyppinen yksittäisten nimikkeiden hinnan ja nimikemäärän suhde.



Kuvio 9. Nimikkeiden arvo suhteessa nimikkeiden määrään (Nyman & Levitt 2001, 87, muokattu)

Varastonhallinnassa ABC-analyysiä tulisi hyödyntää siten, että A-ryhmän nimikkeitä tulee pitää varastossa jatkuvasti, mutta niiden määrän tulee pysyä pienenä. A-ryhmän osalta tulee pyrkiä niin keskeytymättömään materiaalivirtaan kuin mahdollista. B-ryhmän osuus varastosta on myös huomattava, mutta niiden seuranta ei ole yhtä aktiivista kuin A-ryhmässä. C-ryhmään kuuluvat nimikkeet, joita tulee olla tarjolla, mutta niiden tarkkailuun ei tule uhrata kovin suuresti resursseja. (Sutinen & Antikainen 1996, 306–307).

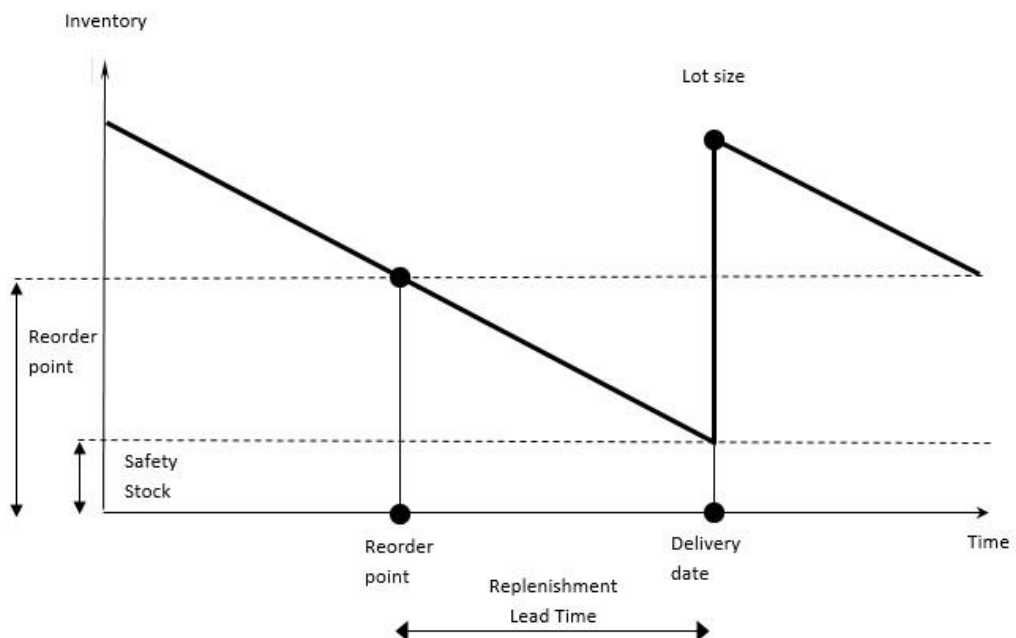
#### 3.4.4 Tilauspisteen ja varmuusvaraston määrittäminen

Kun jonkin nimikkeen määrä varastossa laskee tarpeeksi alhaiseksi, tulee varastohallinnassa käynnistyä välittömästi toimenpiteitä, jotta nimikkeitä saataisiin varastoon lisää ajoissa. Tätä nimikkeiden määrää kutsutaan tilauspisteeksi.

Tilauspisteen tarkoitus on taata nimikkeiden riittävyys odotettavissa olevan kysynnän

mukaisesti varaston täydennyksen vaatiman ajan. Tämän lisäksi on olemassa varmuusvarasto vastaamassa epätasaisesta kysynnästä johtuviin vaihteluihin. (Hoppe 2006, 239–240)

Tilauspisteen määrittämiseksi pitää tietää varmuusvaraston koko, nimikkeiden keskimääräinen kysyntä, sekä nimikkeiden toimitusaika. Varmuusvaraston määrittämiseen tarvitaan tiedot nimikkeiden aiemmasta kulutuksesta tai arvio niiden kysynnästä tulevaisuudessa, toimittajan kyky toimittaa nimikkeitä ajallaan sekä toisaalta myös oman varaston haluttu palvelukyky ja mahdolliset poikkeamat palvelutason vaatimuksissa. (Hoppe 2006, 240)



Kuvio 10. Tilauspistekuvaaja (Hoppe 2006, 243, muokattu)

Kuviossa 10 on esitetty käyttö- ja varmuusvaraston käyttö tilausten saapumisen ja tilauspisteen välillä.

Tiluserän koko lasketaan kaavalla

$$\text{Käyttövarasto} = \text{Keskimääräinen kulutus} * \text{Toimitusaika}$$

Varmuusvaraston koko määritetään kaavalla

$$\text{Varmuusvarasto} = \text{Kysynnän vaihtelu} * \text{Haluttu palvelutaso} * \sqrt{\text{Toimitusaika}}$$

missä kysynnän vaihtelu tarkoittaa historiatiedon perusteella mitattua vaihtelua keskimääräisen kysynnän ja todellisen kysynnän välillä keskihajonnalla mitattuna. Haluttu palvelutaso on varastolle asetettu vaatimus sen palvelutasosta keskihajonnalla mitattuna. Toimitusaika on keskimääräinen aikaväli siitä, kun tilaus on tehty siihen, kun nimike on käytettävissä. Toimitusaika sisältää siis myös mahdollisen yrityksen sisäisen logistisen viiveen. (Emmett 2005, 55–56).

Tilauspiste saadaan laskettua kaavalla

$$\text{Tilauspiste} = \text{Tilauserän koko} + \text{Varmuusvarasto}$$

(Emmett 2005, 55–57).

Taloudellisen tilauserän optimikoko saadaan laskettua Wilsonin kaavalla:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * C_0 * D}{C_i * U}}$$

missä

EOQ	=	taloudellinen ostoerä
$C_0$	=	toimituserän hankintakustannus
D	=	vuosikulutus
$C_i$	=	vuotuinen varastokustannus
U	=	yksikköhinta.

Kaavan suhteen on kuitenkin esitetty kritiikkiä, sillä toimituserän hankintakustannusta ja vuotuista varastointikustannusta on vaikeaa tai mahdotonta määrittää tarkasti. Lisäksi kaavassa ei huomioida kustannusten vaihtelua, eikä varaston haluttua palvelutasoa. Kaava antaa kuitenkin tyhjää paremman

suunnittelulähtökohdan optimaalisten ostoerien suunnitteluun. (Hokkanen, Virtanen & Luukkainen 2004, 155).

### **3.4.5 Varastointi kunnossapidon näkökulmasta**

Suurin osa kunnossapidollisista töistä vaatii tarkoin määrättyjä varaosia ja muuta yleisluonteista kunnossapidollista materiaalia. Pystyäkseen täyttämään tehtävänsä parhaalla mahdollisella tavalla, tarvitsee kunnossapito-organisaatio luotettavaa tukea yrityksen hankinta- tai logistiikkaorganisaatiolta. Kaikki tarvittava materiaali tulisi olla kunnossapidon saatavilla tarvittaessa joko yrityksen omassa varastossa, tai jonkin luotettavan paikallisen jälleenmyyjän varastossa. Tarvittavan materiaalin puuttuminen aiheuttaa välittömästi taloudellisia tappioita yritykselle esimerkiksi tuotannon menetyksenä. Jopa 25 %:a suunnittelemattomasta seisokkiajasta tuotannossa johtuu puuttuvista varaosista tai materiaaleista. (Nyman & Levitt 2001, 79, 81).

Hankinnan, kunnossapidon ja tuotannon tulee tehdä yhteistyötä tarvittavan materiaalin hankinnassa ja hallinnassa. Kunnossapidon näkökulmasta hankinnassa tulee ottaa huomioon se, että joillain erikoisosilla saattaa olla pidemmät toimitusajat. Lisäksi on huomioitava se, että isommissa yrityksissä on mahdollisia sisäisiä logistisia viiveitä. Toisaalta kunnossapito-organisaation pitää optimoida oman varastonsa tilauserien eräkoot, tilauspisteet sekä varmuusvarastot. Myös huoltotöissä mahdollisesti käyttämättä jäänyt materiaali pitää palauttaa asianmukaisesti takaisin varastoon. (Nyman & Levitt 2001, 80).

Kunnossapidossa tarvittavan materiaalin varastonhallinta saattaa olla yrityksen johdon näkökulmasta ristiriitaista, sillä ylisuuren varaosavaraston ylläpito voi johtaa jopa tuotantokatkoksia suurempiin menetyksiin varastoon sitoutuneen pääoman kasvun myötä (Rahim & Ben-Daya 2001, 16). Varastonhallinnan suhteen tehtäviin päätöksiin vaikuttaa kolme taloudellista tekijää: materiaalin oston kustannukset sisältäen hankinnan, varastointikustannukset sekä mahdolliset seurauskustannukset siitä, jos tuotanto pysähtyy materiaalin puutteen vuoksi. (Nyman & Levitt 2001, 81).

Hyvä kunnossapidon suunnittelu ja aikataulutuksen onnistuminen ovat riippuvaisia siitä, että kaikki tarvittavat materiaalit ja varaosat ovat saatavilla oikealla hetkellä. Toisaalta hyvin suunniteltu ja aikataulutettu kunnossapito mahdollistaa varaosien hankkimisen JIT-periaatteella suoraan käytettäväksi suunnitellun seisokin aikana. On kuitenkin muistettava, että kunnossapidon tulee pystyä reagoimaan mahdollisiin yllättäviin ennakoimattomiin vikaantumisiin, jolloin varastossa on oltava tarvittava materiaali valmiina. (Nyman & Levitt 2001, 81).

Kunnossapidon varastointia tulee johtaa siten, että se pystyy vastaamaan koko tuotantolaitoksen tarpeisiin tyydyttävällä tavalla. Kunnossapidon varastoinnin johtamisen politiikkana pitääkin olla jatkuva optimointi, jonka tavoitteena on

- toimittaa oikeat materiaalit oikeaan aikaan oikeaan paikkaan
- välttää liian suurta varastoa
- kohdistaa varaosien käyttö siten, että tuotantolaitteille luodaan luotettavaa historiatietoa
- helpottaa eri osa-alueiden vertailua sähköisellä luetteloinnilla.

(Nyman & Levitt 2001, 82).

Fyysisesti kunnossapidon varasto tulee järjestää siten, että jokainen osa on yksilöity ja helposti löydettävissä. Kaikille nimikkeille nimetään tilauspiste, jota tulee noudattaa, jotta varastoon osataan tilata varaosia ennen kuin ne loppuvat. Varaosien ja työkalujen yksilöinnin pitää olla jatkuva prosessi, jotta varastosaldo pysyy totuudenmukaisena. Jatkuvasti päivittyvästä varaosaluettelosta tulisi löytyä nimikkeen myyjän viitetiedot, varaston sisäiset viitetiedot, kuvailu sanallista hakua varten sekä mille osastolle tai laitteelle varaosa kohdistetaan. Suuremmissa tuotantolaitoksissa tulee varaosaa tilatessa ottaa huomioon myös varaosan toimitus/noutopaikka sekä toimitusaika työn aikataulutuksen huomioiden. (Nyman & Levitt 2001, 89–90).

Kunnossapidon näkökulmasta varaston ABC-luokittelussa osat voidaan Nymanin ja Levittin mukaan (2001, 88) karkeasti jakaa siten, että:

- A-osat ovat mittatilausvalmisteisia tai muuten kriittisiä osia, joita on tyypillisesti käytössä vain yksi kappale koko laitoksessa. Tällaisen osan tai kokoonpanon puute voi johtaa pitkään suunnittelemattomaan seisokkiaikaan ja suuriin tuotannon menetyksiin. Tilausajat ovat usein viikkoja. SFS-EN 13306-standardissa (2010, 10) ”Varmistava varaosa.”
- B-osat ovat standardikokoisia varaosia, joita on yleensä käytössä useampia laitoksen eri laitteissa. Tällaiset osat ovat yleensä hyvin saatavilla toimittajilta. SFS-EN 13306-standardissa (2010, 10) ”Varaosa.”
- C-osat ovat ”rautakauppatavaraa”, kuten pultit ja mutterit. Nämä osat ovat yleensä halpoja ja niitä on saatavissa eri toimittajilta paljon ja nopeasti. SFS-EN 13306-standardissa (2010, 10) ”Kulutusosa.”

Taulukossa 6 on esitetty nimikkeiden luokittelu, ABC-analyysi ja keskeinen palvelutaso.

Taulukko 6. Kunnossapidon ABC-luokittelu (Nyman & Levitt 2001, 88, muokattu)

<b>Criticality</b>	<b>Stock Classification</b>	<b>Percent of Items</b>	<b>Percent of Value</b>	<b>Essential Service Level</b>
<b>A</b>	Insurance Spares Insurance Parts & Other Critical Spares	20%	80 %	100 %  98 %
<b>B</b>	Standard Replacement Parts	30 %	15 %	95 %
<b>C</b>	Hardware Items Small Tools General M&R Supplies	50 %	5 %	90 % 90 % 85 %

Nymanin ja Levittin (2001, 90) mukaan kunnossapidon varaston palvelutason tulee olla 85 % - 100 % osan kriittisyydestä riippuen. Varaston inventaarion



paikkansapitävyys varastonohjausjärjestelmässä tai muussa varaston kirjanpidossa tulisi olla yli 97 %:a.

### 3.4.6 Varaston kehittäminen

Jotta varastoa voidaan lähteä kehittämään, on se ensin tunnettava riittävän hyvin. Käytännössä tämä tarkoittaa tietoa siitä, mitä kehityksen kohteena oleva varaston osa todellisuudessa sisältää. Tämän selvittämiseksi on laadittava luettelo kaikista varastoartikkeleista ja niiden määrästä nykyhetkellä. (Hollier & Cooke 1994, 37).

Kun varastolle on suoritettu inventaario, tulee arvioida jokaisen varastotuotteen kulutus- ja kysyntäarvio. Tällöin on mahdollista parantaa varaston kiertoa nopeutta sekä poistaa varastosta ne tavarat, joille ei ole tarvetta, tai jotka ovat vanhentuneet. Ajantasaiset tiedot varastosta tulee siirtää myös varastokirjanpitoon. (Hollier & Cooke 1994, 37).

Varastokirjanpitoa tarvitaan tehokkaaseen varastovalvontaan. Varastokirjanpidolla ylläpidetään tuotteen perus- ja lisätietoja. Tietojen perusteella tuote voidaan hakea nopeasti koodilla, nimikkeellä tai monella muulla tiedolla. Varastokirjanpidon tehtävä on muun muassa

- selvittää paljonko tavaraa on varastossa nimikkeittäin
- toimia inventoinnin apuvälineenä
- selvittää nimikkeen dynaamiset varastointisuureet
- hälyttää tilaamaan lisää tavaraa
- valvoa tavaran säilyvyyttä.

(Hokkanen & Virtanen 2012, 74).

Hollierin ja Cooken (1994 s. 38–39) mukaan varaston kirjanpidosta on poistettava mahdolliset virhemahdollisuudet esimerkiksi sulkemalla varasto muilta kuin varastohenkilökunnalta, sekä nimeämällä varastolle oma vastuhenkilö, joka pitää huolen varastokirjanpidon paikkansapitävyydestä. Lisäksi on luotava menettelytavat varastokirjanpidon tarkastusta ja hallintaa varten.

### 3.4.7 Varastontarkastukset

Raaka-ainevarastoissa inventointi suoritetaan yleisesti kirjanpitolain velvoittamana tai käytännön tarpeesta (Hokkanen & Virtanen 2012, 67). Varaston konkreettinen inventointi tarkoittaa varastossa olevien tuotteiden laskentaa, mittaamista sekä tulosten kirjaamista. Tuotteiden mittaaminen voi olla esimerkiksi materiaalin painon punnitsemista. Hokkasen & Virtasen (2012, 69) mukaan varastoinventaario onnistuu parhaiten, kun sen suorittaa henkilöstö, joka on päivittäin tekemisissä kyseisen varaston kanssa. Tällöin varmistuu, että inventoijilla on riittävä tuntemus tuotteista sekä niiden sijoittelusta. Ulkopuolista työvoimaa on inventaariossa syytä käyttää harkiten. Varaston inventointi suoritetaan, koska

- tarkistetaan varastokirjanpidon tarkkuus
- varmistetaan varaston arvo taselaskelmassa
- paljastetaan hävikin olemassaolo
- paljastetaan kaikki varaston pidossa ja valvonnassa olevat heikkoudet.

Varaston inventointi voidaan suorittaa kahdella eri tavalla: määräaikaisella kokonaisinventaarilla tai kiertävällä laskennalla (Hollier & Cooke 1994, 121).

#### **Määräaikainen varastoinventaari**

Määräaikainen varastoinventaari tarkoittaa koko varaston läpikäyntiä kerralla ennalta sovituin aikavälein. Yleensä inventaario suoritetaan yhden vuoden välein tilivuoden lopussa. Tämä ei kuitenkaan ole ehdoton määräys inventaariolle, vaan sitä tulisi suorittaa tarpeen ja tarkoituksen mukaan. Varaston inventointi on kuitenkin suuri työ, joten se on suunniteltava ja valmisteltava tarkasti. (Hollier & Cooke 1994, 121).

## **Kiertävä inventointi**

Kiertävä inventointi tunnetaan myös jatkuvana inventointina. Se tarkoittaa varaston jatkuvaa tarkastamista pitkin vuotta ennalta laaditun ohjelman mukaisesti. Tietty määrä tuotteita voidaan laskea esimerkiksi päivittäin. Pohjana voidaan käyttää varaston ABC-analyysiä, jolloin laskenta keskittyy automaattisesti tärkeimpiin tuotteisiin. Itse fyysinen tarkastaminen tapahtuu samoin kuin määräaikaisessa inventoinnissa. Etuna on inventoinnin sulautuminen normaaliin työaikaan, sekä mahdollisuus suorittaa inventointi ilman suurempia järjestelyjä. (Hollier & Cooke 1994, 121).

## **Nollainventaario**

Hokkanen & Virtanen (2012, 69) luokittelevat inventaariotyypiksi myös nollainventaarion, joka tarkoittaa yksittäisen varastotuotteen määrän todenmukaisuuden tarkastamista, kun tietojärjestelmä antaa tavaran saldoksi nolla tai kun tavara loppuu. Virhe voi johtua virheestä varastokirjanpidossa, tai siitä että tavara ei ole oikealla hyllypaikalla.

### **3.4.8 Varaston layout-suunnittelu**

Yritykset eivät usein pääse itse valitsemaan varastonsa fyysisiä tiloja tarkoitusta varten rakennetussa varastossa, vaan useimmiten varastot joudutaan sijoittamaan niihin tuotantorakennuksen tiloihin, jotka jäävät yli tuotantoon vaaditusta tilasta (Emmett 2005, 88).

Varaston layoutin suunnittelussa avainasemassa on varastointiin käytetyn tilan maksimaalinen hyödyntäminen sekä varastossa asiointiin tarvittavan ajan minimointi. Tämä tarkoittaa, että tuotteet ovat sovitussa järjestyksessä ja varaston hyllypaikat ovat hyvin saavutettavissa. Saavutettavuudessa on otettava huomioon esimerkiksi hyllytyksessä tarvittavat koneet, kuten trukit. (Emmett 2005, 90–92).

Varastot koostuvat useimmiten teräsrakenteisista, lattiaan pultatuista kuormalava- ja pientarvikehyllyistä. Hyllyjen sijoituspaikat valitaan ensimmäisen kerran varaston rakentamisen yhteydessä. Hyllyjen sijoittelu ja hyllyjen väliin jäävät käytävät ovat strateginen päätös. Päätökset hyllyjen sijoittelun suhteen tulisi tehdä seuraavien tekijöiden perusteella:

- Mitkä ovat varastorakennuksen fyysiset mitat?
- Millaista materiaalia varastoidaan? Mitkä ovat varastoitavien tuotteiden fyysiset mitat, paino, säilyvyysaika, lavakoot ja ennustetut kysynnän määrät?
- Millaista kalustoa (esimerkiksi trukkeja tai pumppukärryjä) varastossa on käytettävissä?
- Millainen on varaston käyttäjien määrä ja ammattitaito?
- Mikä on varastonhallintajärjestelmän suorituskyky?

(Lahmar 2008, 99–101).

Kuormalavavarastot voidaan jakaa kahteen tyyppiin, matalavarastoon ja korkeavarastoon. Matalavarastoiksi luokitellaan varastot, joissa keräily on mahdollista lattialla seisovalle ihmiselle, eli jotka ovat noin 1,5 metrin korkeudessa. Matalavarastot rakennetaan yleensä noin 5–6,5 metrin vapaakorkeuteen. Tällöin päällekkäisiä kuormalavahyllyjä on 3–5 kappaletta. Korkeavarastoa ovat kaikki tätä korkeammat hyllyt. Enimmäiskorkeutena pidetään kuitenkin noin 12:ta metriä. Kummankin hyllyn ylimmälle tasolle sijoitetusta suosituksen mukaisesta 1100 mm:n lavakuormasta pitää olla vähintään 600 mm katon alapintaan. Tällaisia hyllyn aktiivipaikkojen yläpuolisia lavapaikkoja käytetään yleensä reservien tai hitaasti kiertävien nimikkeiden säilytykseen. (Pouri 1983, 32).

Vastapainotrukkeja käytettäessä varaston hyllyjen välisen käytävän leveyden tulisi olla 3300 mm:ä. Kuormalava on syvyydeltään 1200 mm ja leveydeltään 1000 mm. Lavojen väliin jää noin 100 mm:n väli. Matalavarastoinnissa käytävätarve on 1,125 kertainen lavapaikkojen pinta-alan suhteen. Kun tiedetään tarvittavien lavapaikkojen määrä, pystytään mitoittamaan koko varaston tarvitsema pinta-ala. (Pouri 1983, 34).

Pourin mukaan (1983, 47) varaston liikennöintiin käytetty alue on noin 2,3 kertaa varastointiin käytetyn alueen kokoinen.

Myös pientavaravarastot voidaan jakaa matalan ja korkean tason keräyksen hyllyiksi. Matalan tason keräyksen hyllyissä korkeimpana keräyskorkeutena pidetään 1,8–2,1 metriä lattiatasosta. Keräily korkeasta pientavaravarastosta vaatii erikoisjärjestelyjä, kuten esimerkiksi välitasoja hyllyn viereen. Erilliseksi hyllytysmuodoksi voidaan lueta vielä pitkän tavaran hyllyt. Oksahyllyissä säilytetään esimerkiksi kankimuotoisia nimikkeitä. (Pouri 1983, 35–38).

Kun varastossa käsitellään vaihto-omaisuutta, tarvitaan riittävät työtilat myös vastaanotolle, lähettämölle sekä toimistolle. Pourin mukaan (1983, 39) vastaanottoalueen mitoittamiseen hyvä lähtökohta on varata välivarastotilaa noin 1,5 päivän tavaramäärälle. Lähettämölle vastaava luku on noin 0,8 päivän puskurivarasto.

Kunnossapidon varasto on luonteeltaan hyllyvarasto, joka on kappaletavaroille käytetty rivivarastoinnin sovellus. Rivivarasto koostuu rinnakkain varastoiduista tuotteista ja näiden välisistä käytävistä. Rivivarastointi on tilaa vievää, joten sitä sovelletaan vain herkästi vaurioituvan tavaran varastointiin. Rivivarastot toimivat joko lifo- tai fifo-periaatteella. (Hokkanen & ym. 2004, 147–148).

### **Tuotteiden sijoittelu varastossa**

Nimikkeet jaetaan niiden eri varastointitapojen mukaan esimerkiksi ulkovaraston lava- ja pitkän tavaran nimikkeisiin, sisävaraston lava-, pien- ja pitkän tavaran nimikkeisiin, myrkkymarastonimikkeisiin ja niin edelleen (Pouri 1983, 129).

Nimikkeiden sijoittelu varastohyllyihin vaikuttaa suuresti keräilyn tehokkuuteen. Lahmarin mukaan (2008, 213) eri tutkimuksissa on havaittu, että pohjakuvaltaan epäsymmetrisessä varastossa kysytyimpien tuotteiden sijoittaminen lähimmäksi keräilyaluetta ei välttämättä minimoi keskimääräistä nimikkeen noutamiseen tarvittavaa matkaa.

Yleensä tuotteiden löytämisen perustana varastosta on osoitteisto, joka voidaan kuvata hyllypaikkakartassa tai varaston layoutissa<sup>3</sup> (Hokkanen & Virtanen 2012, 95).

### 3.4.9 Työturvallisuus varastossa

Varastossa työskentely sisältää paljon sekä koneellista että käsin tehtävää nostotyötä. Usein varastoissa automaation aste ei ole kovin suuri, mikä lisää inhimillisen virheen mahdollisuutta (Ackerman 1997, 215–216).

Vaikka erilaiset turvallisuuskoulutukset ovat yleistyneet suuresti, ei koulutus välttämättä saavuta työntekijöitä. Ackermanin mukaan (1997, 216) varastoissa sattuneissa työtapaturmissa itsensä loukanneista vain 28 %:a kertoo saaneensa asianmukaista koulutusta manuaaliseen nostotyöhön. Vain 23 %:a loukkaantuneista oli osallistunut trukkikurssille.

Ackermanin mukaan (1997, 216–218) kaksi tapaturmatyyppiä kattaa lähes kaksi kolmasosaa varastojen työtapaturmista. 38 %:ssa onnettomuuksista syynä oli lihasten, erityisesti alaselänlihasten, liikarasittuminen. 26 %:ssa onnettomuuksista aiheuttajana oli putoava esine. Ackerman jatkaa, että 22 % työntekijöistä sanoi onnettomuuden aiheuttajaksi työskentelytilojen ahtauden.

Tehokkain keino tapaturmien vähentämiseksi on suunnitella uudelleen varaston toiminnot siten, että raskaita nostoja ei tarvitse tehdä. Tämä tarkoittaa esimerkiksi lastaus- ja purkualueiden muutoksia niin, ettei nostoja tai kurkotuksia tarvitse tehdä. Muita ratkaisuja ovat esimerkiksi varastoautomaattien ja siltanoustureiden käyttäminen, mutta niiden asentaminen on kallis varaston uudelleensuunnitteluprojekti. Kustannustehokkain apukeino varaston työtapaturmien vähentämiseksi on henkilöstön kouluttaminen. Erityisen tärkeää on kouluttaa oikeanlaisia nostotekniikoita. (Ackerman 1997, 218–221).

---

<sup>3</sup> ”Layout on vakiintunut termi, jolla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa.” (Haverila & ym. 2009, 475).

Yleisellä siisteydellä ei ole vaikutusta pelkästään varaston, vaan koko tuotantolaitoksen työturvallisuuteen. Yleinen siisteys nostaa myös tuottavuutta, sillä siisteys vähentää odotusaikoja, nopeuttaa nimikkeiden noutamista ja parantaa varaston palvelukykyä. (Ackerman 1997, 223–225).

### **3.5 Tilaus-toimitusketjun kehittäminen**

Tilaus-toimitusprosessin sisältö on sen mukainen, millaisena yritys kyseisen prosessin mieltää. Yritykset voivat kokea olevansa enemmän osa toimitusketjua, tai kuten perinteinen näkemys on, oma itsenäinen kokonaisuutensa. Perinteisen toimitusketjun sisältö on säilynyt pitkään samana, ja se saattaa sisältää turhaa ja arvoa lisäämätöntä rutiinivaihtelua. Perinteisessä toimitusketjussa tilaaja käynnistää tilausprosessin kirjaamalla jonkin tarvikkeen tarpeen omaan tilausjärjestelmäänsä. Tästä ostotilaus on kilpailutuksen jälkeen lähetetty myyjälle. Kun lopulta myyjän lähettämä tilaus laskuineen saapuu yritykselle, pitää sekä tilaus että lasku siirtää manuaalisesti yrityksen omaan tietojärjestelmään. Monet näistä vaiheista ovat kuitenkin automatisoitavissa tai ne voidaan poistaa jopa kokonaan. (Sakki 2003, 172–173).

Tilaus-toimitusketjun raskaudesta johtuen on kehitetty erilaisia keinoja tuotteiden yksilöinnin automatisointiin. Tuotteet pyritään koodaamaan yksilöllisesti siten, että maailmanlaajuisestikin voidaan yksilöidä tuote. Koodauksessa voidaan käyttää joko ”kertovaa” tai pelkkää tunnistekoodia. (Sakki 2003, 175).

### **3.6 Etätunnistaminen**

#### **3.6.1 Viivakoodit**

Kaupan alalla oli alun perin käytössä numeerinen yksilöintitekniikka, jossa joka nimikkeellä oli oma yksilöintinumero. Kun koodin lukeminen haluttiin automatisoida, siirryttiin numerosarjaa vastaavan viivasymbolin käyttöön. Viivasymbolissa informaatio on kuvattu tummien ja vaaleiden juovien yhdistelmällä.

Viivasymboli voidaan lukea optisesti, jolloin lukulaite mittaa juovien leveyden ja kombinaation. Viivakoodien käyttö on levinnyt kaupan alalta koko maailman teollisuuden laajuiseksi yksilöintiteknikaksi. Alun perin viivakoodien käytöllä haluttiin nopeuttaa vähittäiskaupan kassatyöskentelyä, mutta sovellettavuutensa ansiosta se on otettu käyttöön lähes kaikilla teollisuuden aloilla. Päivittäistavarakaupan viivakoodeissa hallitsevaksi koodimerkinäkseen maailmanlaajuisesti on noussut EAN-koodi, joka on tyypiltään kertova. EAN-koodin kertovassa koodissa ilmaistaan numerosarjalla sekä viivasymbolilla maatunnus, valmistajanumero, tuotenumero sekä tarkistusnumero. Pelkkä kertova tunnus voi olla käytössä esimerkiksi yrityksen sisäisessä käytössä. (Sakki 2003, 175–177).

Viivakoodit ja lukulaitteet itsessään irrallisina laitteina eivät kuitenkaan tuo lisäarvoa. Viivakoodien käytön lisäarvo yksilöintiprosessissa tulee taustalla olevasta tietojärjestelmästä. Viivakooditekniikan avulla tietojärjestelmä tunnistaa pitkän koodisymbolin nopeasti ja virheettömästi. Viivakoodin avulla voidaan jättää välistä informaation manuaalinen syöttäminen tietojärjestelmään. (Sakki 2003, 177–178).

### **3.6.2 RFID**

RFID on uusi kasvava teknologia materiaalivirran hallintaan ja tiedon keräämiseen. RFID:n avulla materiaalin liikkumisesta saadaan tarkkaa ja luotettavaa tietoa. RFID perustuu radiotaajuuksilla lähetettävään signaaliin, jolla nimikkeet voidaan tunnistaa. Jokaiselle nimikkeelle annetaan oma yksilöitävä ”tägi”. RFID-teknologian avulla varaston hallinnasta tulee tarkempaa ja varastosaldot pitävät tarkemmin paikkansa inventaarion yhteydessä. (Hellström & Wiberg 2010, 345–351).

RFID-tunniste on käytössä erityisesti vaateteollisuudessa ja vaatekaupan alalla. Teollisuudessa RFID-tunnistetta voidaan hyödyntää esimerkiksi siten, että nimikkeitä kuljettavaan vaunuun kiinnitetään RFID-tägi. Tällöin esimerkiksi varaston ovella oleva lukijalaite tunnistaa vaunussa olevien nimikkeiden poistuvan varastosta. Toimiakseen RFID-tägien taustalla oleva tietojärjestelmä pitää olla yhteensopiva RFID-tunnisteiden kanssa. (Puoliväli 2015).



RFID-tägiä ei pystytä lukemaan metallilevyjen läpi, eivätkä RFID-tägit toimi metallilevyille asetettuna, sillä tällöin tägin antenni menee oikosulkuun. RFID-etätunnistimen käyttö on viivakoodia hankalampaa, sillä lukualuetta ei pysty kohdistamaan. Esimerkiksi viivakoodia lukiessa nähdään usein lukulaitteesta tuleva punainen lukualuetta ilmaiseva valo. RFID-tekniikassa tällaista kohdistusta ei kuitenkaan ole, vaan lukulaite ”näkee” lähellä olevat tunniste jokaisesta suunnasta. (Puoliväli 2015).

## 4 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

Ennen opinnäytetyön toteuttamista tehtiin toimeksiantajayrityksen kanssa suunnitelma, millainen opinnäytetyön tulos tulisi käytännössä olla. Työn suorittamista varten haastateltiin varastokirjanpidon tulevia käyttäjiä, eli kunnossapidon asentajia ja työnjohtoa.

### 4.1 Varastonhallinnan kehitys

#### 4.1.1 Työn hahmottelu

Kun varaston kehitystoimet aloitettiin käytännössä, sovittiin Tikka Spikes Oy:n kunnossapitopäällikön Markku Lenkkerin kanssa vielä työn reunaehdoista, jotta työ hahmottuisi paremmin. Nämä reunaehdot olivat seuraavat:

- **Kunnossapidon varaosavarasto tuli liittää Tikka Spikes Oy:ssä jo käytössä olevaan Powered-toiminnanohjausjärjestelmään.**

Käytännössä kunnossapidon varaosavaraston liittäminen toiminnanohjausjärjestelmään onnistui helpommin hyödyntämällä Powered-ohjelmiston varastokirjanpito-ominaisuuksia kuin yrittämällä liittää toista varastonhallintaohjelmistoa toimimaan yhteistyössä Poweredin kanssa. Powered-ohjelmistossa oli valmiina oma varastonhallintamoduuli, jonne oli

mahdollista luoda varastoja. Näihin varastoihin voitiin lisätä nimikkeitä varaosille.

- **Varastokirjanpidon tuli mahdollistaa laitekohtainen varaosien kulutuksen seuraaminen.**

Tämä tarkoitti käytännössä, että jokainen varaosa oli pystyttävä kohdistamaan tietylle koneelle, kun se otettiin varastosta. Varasto-ottoja tehdessä piti siis pystyä valitsemaan konekohtaisesti, missä varaosavarastosta otettua varaosaa käytetään.

- **Varaosavaraston nimikkeet tuli nimetä loogisesti ja yksiselitteisesti.**

Nimeämiskäytäntö selkeyttää varastoa ja tekee varastoinnin helpommin käytettäväksi käyttäjälle. Looginen nimeäminen mahdollistaa myös nimikkeiden hakutoimintojen käyttämisen tehokkaasti.

- **Kunnossapidon varaosavarasto tuli inventoida ja siivota.**

Varastokirjanpidon toiminnan kannalta oli oleellista, että käytetty varasto on siisti ja sisältää vain niitä varaosia, jotka on luokiteltu varastoseurattaviksi. Ennen varaston konkreettista inventointia täytyi selvittää, mitä tietoja inventoitavista varaosista haluttiin kerätä talteen ja liittää Powered-nimikekorttiin.

- **Eri nimikkeiden varastoseurattavuudet tuli määrittää.**

Inventaarion yhteydessä tuli määritellä ne varaosat, joille luodaan nimike Powered-järjestelmään.

- **Varaosavaraston käytettävyydestä piti tehdä mahdollisimman hyvä.**

Varaosien ottamisen varastosta tuli olla helppoa, jotta järjestelmää myös käytettäisiin käytännössä.

Varaston kehittämisen osalta käytännön työ aloitettiin tutustumalla Tikka Spikes Oy:n käyttämän Powered-tuotannonohjausjärjestelmän ominaisuuksiin. Koska yritykseen ei haluttu ottaa käyttöön tuotannonohjausjärjestelmän rinnalle

kunnossapidon omaa toiminnanohjausjärjestelmää, piti käytössä oleva ohjelmisto taivuttaa kunnossapidon käyttöön sopivaksi. Haasteiksi nousivat silloin alkuperäisen toiminnanohjausjärjestelmän räätälöinnin vähyyys ja järjestelmän joustamattomuus muuttuviin tarpeisiin.

Kunnossapidon varaosavaraston nimikkeistö haluttiin rakentaa siten, että ominaisuuksiltaan samanlaiset, mutta eri valmistajan valmistamat varaosat kuuluvat saman nimikkeen alle. Näin välttyttiin useiden lähes identtisten nimikkeiden luomiselta. Tämä edellytti, että varaosa löytyi helposti ominaisuuksiensa perusteella nimikerekisteristä.

### **Työntekijöiden toiveet**

Tätä opinnäytetyötä varten suoritetuissa kunnossapito-osaston henkilöstön haastatteluissa tuli esiin, että varaosajärjestelmän käyttäjät haluavat varaosavaraston kirjanpidon olevan helppokäyttöinen ja erityisesti varaosanimikkeen pikatunnisteiden, esimerkiksi viivakoodien käyttämistä toivottiin.

Varastokirjanpitojärjestelmän haluttiin tekevän ilmoituksen automaattisesti varaosien tilaajalle, kun nimikkeiden lukumäärä varastossa saavuttaa tilauspisteen. Tällöin tilaaja voi ryhtyä kilpailuttamaan varaosia. Varaosavaraston käyttäjät halusivat myös, että varasto järjestellään siten, että samaan koneryhmään kuuluvat varaosat ovat selkeästi omassa paikassaan. Tällöin varaosat eivät sekoitu kulutusosiin, eikä varaosia pääse livahtamaan helposti ohi kirjanpidon.

#### **4.1.2 Powered-toiminnanohjausjärjestelmä**

Tikka Spikes Oy:n käyttämä toiminnanohjausjärjestelmä on Powered. Powered on CGI:n kehittämä toiminnanohjausjärjestelmä teollisuuden tuotannon eri tarpeisiin. Tikka Spikes Oy:lle on luotu tuotannonohjausjärjestelmään varsinaisen tuotannonohjaustietokannan rinnalle erillinen testitietokanta, jossa on mahdollista kokeilla toiminnanohjausjärjestelmän ominaisuuksia häiritsemättä itse tuotannonohjausta (Pohjolainen 2015).

Powered-ohjelmistossa on mahdollista luoda yrityksen sisäisiä varastoja, jonne luotavat nimikkeet on mahdollista sijoittaa. Toimeksiantajayrityksen tuotannonohjausjärjestelmään on luotu jo aiemmin kunnossapidon varasto, jonka tarkoituksena on ollut toimia kunnossapidon varaosien ja työkalujen varastoinnin kirjanpitoa. Kunnossapidon käyttämille varaosille ei kuitenkaan ole koskaan luotu toiminnanohjausjärjestelmään nimikkeitä, joten toiminnanohjausjärjestelmän varastokirjanpito-ominaisuudet ovat jääneet hyödyntämättä.

Powered-ohjelmistolla voidaan esimerkiksi seurata yksittäisen varaston varastosaldoa, varaston käyttöä, varaston arvoa sekä varaston kiertonopeutta. Varaosia pystytään ohjelmistossa varaamaan oikea määrä etukäteen suunniteltuihin ennakkohuoltoihin. Myös varaston nimikkeiden toimittajan tietoja pystytään hallitsemaan Powered-ohjelmistolla. Tämä on hyödyllinen ominaisuus esimerkiksi silloin, kun halutaan vertailla eri toimittajien toimitusvarmuutta tai nimikkeiden hintoja.

Nimikkeiden nimeämiselle Tikka Spikes Oy:llä ei ollut sovittua yrityksen sisäistä standardia. Nimiketunnusten alkuosat oli kirjattu toiminnanohjausjärjestelmään yhdessä sovituin menetelmin ja yhteistä logiikkaa noudattaen, mutta muuten nimeäminen oli ollut hyvin vapaata.

#### **4.1.3 Varaosien kohdistaminen laitteelle**

Jotta tuotantokoneiden varaosien kuluttamisesta aiheutuvat kustannukset voidaan jakaa oikeudenmukaisesti sekä eri tuotanto-osastoille että eri lopputuotteelle, on järjestelmän mahdollistettava kustannusten vyöryttäminen (Tuukkanen 2014).

Varaosien kulutusta haluttiin seurata vain Tikka Spikes Oy:n sisäisessä laskennassa, sillä konekohtainen varaosien kulutus ei näy esimerkiksi yritysten tase-laskelmassa. Tämä tarkoittaa, että Powered-järjestelmässä oli käytettävä yrityksen sisäiseen käyttöön tarkoitettua varasto-otto omaan käyttöön -toimintoa. Varasto-otto omaan käyttöön -toiminnolla otot voidaan raportoida halutuun väliajoin järjestelmästä. Käytännössä varasto-ottoja tehdään siten, että varasto-otolle valitaan etukäteen

määritetty nimikkeen käyttötarkoitus. Käyttötarkoituksia voidaan tehdä Poweredin asetuksista. Kunnossapidon tarvitsemat käyttötarkoitukset luotiin vastaamaan Tikka Spikes Oy:n konekantaa. Näin esimerkiksi tuotantolaite numeroltaan 114 sai käyttötarkoituksen numerokseen 114 ja niin edelleen. Näin varasto-otot kohdentuvat aina oikealle tuotantokoneelle. Kun varasto-ottoja myöhemmin raportoidaan Powered-järjestelmästä, näkyy annettu selite aina varasto-oton kohdalla. Tätä kautta varaosa kohdistuu tuotantokoneille ja siten mahdollistaa kustannusten vyöryttämisen. Lisäksi varasto-otolle voidaan antaa lisätietoja selite-vapaasyöttökenttään. Selite-kenttään syötetään lisätietoa varaosan tarpeesta, kuten esimerkiksi ”vaihdettu kuukausihuollon yhteydessä”.

#### **4.1.4 Nimikkeiden luominen ja nimikehierarkia**

Koska Tikka Spikes Oy:n Powered-järjestelmään ei ollut aiemmin luotu nimikkeitä varaosille, aiheutti tämä Vilpolan ja Kourin (2006, 15) mainitseman suuren datanluontityön. Jokaiselle varaosalle oli inventoinnin yhteydessä luotava nimike Powered-järjestelmään.

Kunnossapidon varastokirjanpidossa haluttiin käyttää Powered-järjestelmään aiemmin luotuja nimikeryhmiä. Näiden nimikeryhmien jatkoksi luotiin täydentävä nimikehierarkia, jossa jokaiselle varaosaryhmälle löytyy oma nimikeluokka. Liitteessä 1 on esitetty Tikka Spikes Oy:lle luotu nimikehierarkia. Nimikehierarkian ylin taso oli luotu Tikka Spikes Oy:n toiminnanohjausjärjestelmään jo aiemmin. Nimikehierarkian alemmat tasot luotiin tämän opinnäytetyön yhteydessä. Nimikkeiden nimiketunnus oli aiemmin yrityksessä annettu muodossa X000 000 000, jossa ensimmäinen kirjain määrittelee nimikkeen käyttötarkoituksen. Esimerkiksi kirjain X tarkoittaa, että kyseessä on varaosa. Kirjaimen jälkeiset kolme numeroa ilmoittavat varaosan pääluokan. Esimerkiksi X010 tarkoittaa, että kyseessä on mekaaninen komponentti. Tämän jälkeen yrityksessä ei ollut käytetty tarkempaa hierarkiaa, vaan pääluokan nimikkeille oli valittu nimiketunnus juoksevan numeron perusteella. Numerointi oli aloitettu tunnuksista X010 000 001 lukien. Opinnäytetyön osana yritykselle kehitettiin nimikehierarkian luomiseen uusi yrityksen sisäinen standardi, joka jakaa nimikkeet loogisemmin alaryhmiin ja joka helpottaa nimikkeiden löytämistä ja auttaa

ymmärtämään alaluokkien välisiä yhteyksiä. Esimerkiksi luokka X010 010 tarkoittaa, että kyseessä on mekaaninen komponentti, jonka alaluokka on laakeri. Tämän jälkeen nimikkeiden numerointi voitiin aloittaa alaluokissa juoksevilla numeroinnilla.

Powered-ohjelmistossa ei ole mahdollista luoda nimikkeiden alaluokille automaattisesti päivittyvää juoksevaa numeroa, joten juoksevaa, varaosan yksilöivää numerosarjaa on pidettävä yllä käsin. Käytännössä tämä tarkoitti, että opinnäytetyötä tehtäessä oli luotava rinnakkainen Excel-tiedosto, jonne kirjattiin käytetyt nimiketunnukset. Erillisen Excel-tiedoston luominen varmisti varaston kirjanpidon tarkkuuden alkuinventointivaiheessa kaksinkertaistamalla kirjanpidon. Lopullinen Excel-hierarkiatiedosto tallennettiin yrityksen sisäiseen verkkoon siten, että se oli kaikkien luettavissa ja käytettävissä.

Nimikkeiden kuvaavan nimen luomiseksi päätettiin hyödyntää Prosessiteollisuuden standardoimiskeskuksen standardia PSK 6501. PSK 6501:n mukainen nimeämiskäytäntö on

Kuvaus – arvokenttä – nimikenttä

Esimerkiksi:

Urakuulalaakeri – 35x72x17 – SKF 6207

tarkoittaa 35 millimetrin akselitapille käyvää, 72 millimetriä ulkohalkaisijaltaan ja 17 millimetriä syvyydeltään olevaa urakuulalaakeria (Tuukkanen 2014).

Nimikentässä käytettiin mahdollisuuksien mukaan standardisoituja tunnisteita, kuten kansallisia sähkönumeroita tai LVI-numeroita. Näitä tunnisteita käyttämällä vältetään luomasta lähes identtisiä nimikkeitä. Yhtenäinen nimeämiskäytäntö helpottaa nimikkeiden hakemista varastokirjanpidosta.

Powered-järjestelmän nimikekorttiin kirjattiin lisäksi seuraavat tiedot nimikkeestä:

- varasto ja hyllypaikka
- kokotiedot
- varastointiyksikkö

- tarvittaessa pakkauskoko
- nimikkeen arvo euroissa
- tarvittaessa viimeinen käyttöpäivä
- nimikkeen tilaaja.

Nimikkeelle määritettiin myös kirjanpidolliset parametrit nimikkeen luonnin yhteydessä. Nimikkeiden kustannukset piti pystyä kohdentamaan Tikka Spikes Oy:n toiminnanohjausjärjestelmän moniyrityskannassa oikealle tehtaalle ja tehtaassa edelleen kunnossapidon osastolle. Powered-järjestelmässä kohdentaminen tapahtuu valitsemalla nimikkeelle oikeat ”kustannuspaikat.” Nämä kustannuspaikat oli Powered-järjestelmässä määritelty jo etukäteen kohdentamaan kustannukset oikein Tikka Spikes Oy:n kirjanpidon tilikartassa. Jotta Powered-järjestelmä osaa käsitellä varaosien arvonnäköalaa oikein, piti nimikkeen tiliöintiryhmäksi valita ennalta luotu parametri ”varaosat.” Tämäkin parametri oli Tikka Spikes Oy:ssä jo valmiiksi ohjelmoitu Powered-järjestelmään.

#### **4.1.5 Varaosien ABC-luokittelu**

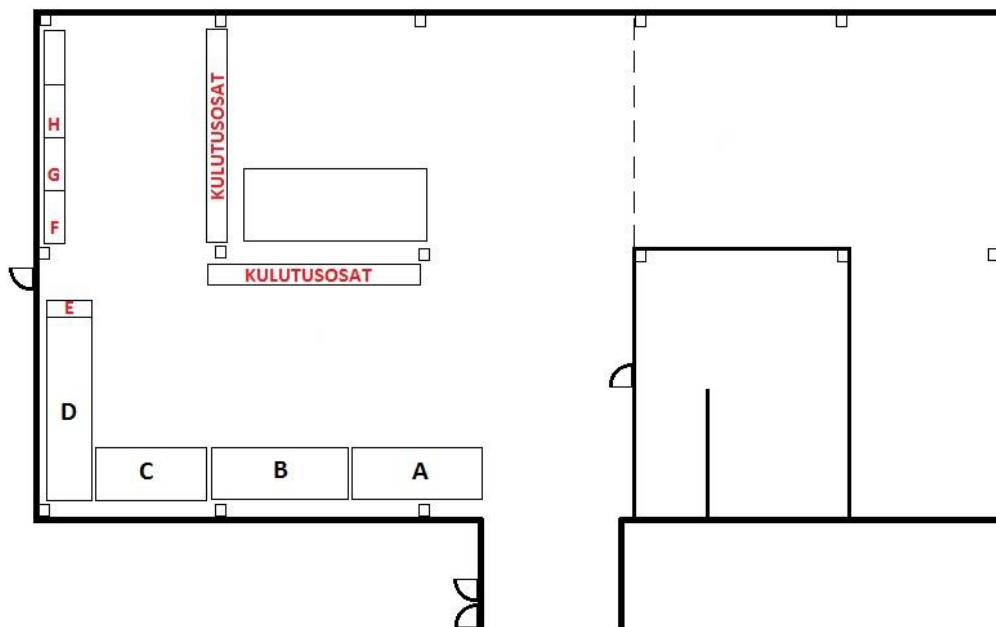
Kunnossapidon varastossa suoritettiin ABC-luokittelu siten, että varastokirjanpito keskittyy kalleimpiin A-osiin sekä osittain B-osiin. Lisäksi omaan hyllyynsä sijoitettiin C-osat eli kulutusosat, joiden seuraamiseen ei kannattanut sijoittaa resursseja (vrt. Sutinen & Antikainen 1996, 306–307) ja joita ei siten otettu varastokirjanpitoon mukaan. Osa C-osista, kuten pultit ja ruuvit, on lisäksi osa ulkopuolisen toimittajan hallitsemaa varastoa, ja näiden osien toimittaja on vastuussa varaston nimikkeiden määrästä.

#### **4.1.6 Fyysisen varaston järjestelyt**

Kunnossapidon varaosavarasto haluttiin järjestellä siten, että yhden koneryhmän varaosat löytyisivät yhdestä hyllystä, toisen koneryhmän varaosat seuraavasta hyllystä ja niin edelleen.

Tikka Spikes Oy:n kunnossapidon varaston layoutia ei muutettu radikaalisti, sillä varaosavarasto pysyi aikaisemmissa tiloissa eikä varastohyllyjä olisi voinut juuri paremmin järjestää. Tikka Spikes Oy:n kunnossapidon sekä kuormalavahyllyt että pientavarahyllyt ovat matalavarastointihyllyjä. Kuormalavahyllyjen edessä on vaadittu 3,3 metrin tila vastapainotrukin työskentelyä varten. Kuormalavahyllyjen ylimmät paikat jätettiin hitaasti kiertävien nimikkeiden varastopaikoiksi. Ylimmistä varastopaikoista jäi myös vaadittu 600 mm:n vapaa tila kattoon nähden. (vrt. Pouri 1983, 32).

Varaston hyllyjen nimeämisessä jatkettiin aikaisemmin aloitettua käytäntöä. Kunnossapidon varastossa olleille kuormalavahyllyille oli aikaisemmin annettu kirjaintunnuksia A–D ja näiden hyllytasojille numeeriset tunnuksia 1–3. Uusien varaosahyllyjen nimeämisestä jatkettiin siis hyllystä E eteenpäin. Hyllytasojille annettiin numeeriset tunnuksia aloitettua logiikkaa noudattaen. Kuviossa 10 on esitetty kunnossapidon varastolle luotu uusi layout, josta selviävät nimettyjen hyllyjen sijainnit.



Kuvio 11. Kunnossapito-osaston layout

Kuvio 10:ssä on esitetty kunnossapidon tilojen layout. A–D-kuormalavahyllyt oli nimetty jo aiemmin, E–H-hyllyt sekä kulutusosien hyllyt nimettiin osana



opinnäytetyötä. Kuten Hokkanen ja Virtanen mainitsivat (2012, 95) varaosavaraston osoitteistona voidaan käyttää layout-kuvaa, mikä helpottaa käyttäjiä hahmottamaan varaston järjestelyt ja löytämään oikean hyllypaikan.

Varastoseurattaville A- ja B-osille luotiin oma hylly, josta varaosia saa ottaa tai jonne voi lisätä varaosia vain kirjanpidon kautta. Kulutusosat taas sijoitettiin omaan hyllyynsä, mistä otettaessa ei tarvitse tehdä varastokirjauksia. Näillä toimilla varmistettiin se, että kulutusosat eivät sekoitu hyllyssä muihin varaosiin. Nämä toimenpiteet paransivat varaston siisteyttä ja käytettävyyttä. Varastoseurattavat osat jaoteltiin pientavara- ja kuormalavahyllyihin niiden koon mukaan.

Lisäksi luotiin tavaran vastaanottoalue, jonka kautta kaikki varaosat tuodaan varastoon. Kooltaan vastaanottoalueesta tehtiin Pourin määritelmää (1983, 39) pienempi, sillä kunnossapitoon virtaava tavaramäärä on huomattavasti keskimääräistä varastoa pienempi. Varastolle jaettiin vastuuhenkilöt, jotka vastaavat tietyn varaston osan siisteydestä ja inventoinnista. Vastuuhenkilöt vastaavat tilauksesta tulleiden varaosien tarkistamisesta sekä lisäämisestä varastoon oikeaoppisesti kirjanpidon kautta. Vastaanottopisteen käytöllä vältetään tilanne, jossa esimerkiksi kunnossapidon ulkopuolinen työntekijä tuo varaosalähetyksen suoraan kunnossapidon tiloihin ja sijoittaa sen mielestään hyvään paikkaan hyllyllä ilman varastokirjausta. Lisäksi koko varaosavaraston käyttö suljettiin Hollierin ja Cooken oppien mukaan (1994, 38–39) muulta kuin kunnossapidon henkilökunnalta.

Varaosavarastolle oli suoritettava alkuinventaarior, jotta varastossa olevat tavarat tunnettaisiin riittävän hyvin. Alkuinventaariorissa hyllyt tyhjennettiin yksitellen tavaroista ja puhdistettiin vuosien saatossa kertyneestä liasta. Nimikkeet jaoteltiin ABC-analyysin mukaan varastoseurattavien tai kulutusosien hyllyyn. Ennen kuin nimikkeet laitettiin takaisin hyllyyn, puhdistettiin myös säilytyslaatikot liasta. Laatikoihin liimattiin myös nimikkeen tunnistetarrat.

Fyysisen varaston inventoiminen ja järjestely oli opinnäytetyön työläin yksittäinen vaihe. Varastossa oli myös runsaasti epäkuranttia tavaraa sekä suoranaista roskaa. Arvottomat jätteet hävitettiin kaatopaikkajätteen mukana. Jätteet, joilla on

rahallinen arvo, kuten kaapelinpätkät sekä romurauta, kerättiin omaan keräyspisteisiinsä odottamaan myyntiä eteenpäin.

Varastossa oli myös runsaasti varaosia, joilla ei ole enää suoraa käyttökohdetta Tikka Spikes Oy:n tuotantolaitteissa mutta joita saatetaan tarvita vielä myöhemmin erillisissä projekteissa. Näitä varaosia olivat esimerkiksi taajuusmuuttajat ja oikosulkumootorit. Nämä varaosat kerättiin samalle kuormalavalle tai samaan laatikkoon ja kirjattiin varastokirjanpitoon. Sitten nämä pitkäaikaissäilytyksen varaosat voitiin siirtää etämmälle kunnossapidon varsinaisesta varaosavarastosta viemästä hyllytilaa. Kyseiset varaosat voidaan kuitenkin helposti löytää varastokirjanpidon avulla.



Kuvio 12. F/G/H-pientavarahylly

Kuviosta 12 nähdään varaston pientavaroiden hyllyt alkuinventoinnin ja nimikkeiden tunnistetarrojen liimauksen jälkeen. Varasto on siisti ja käyttäjille selkeä. Mahdollista varaosavaraston laajenemista varten voidaan hyllytilaa lisätä siirtämällä koneiden tekniset piirustukset toisaalle.



Kuvio 13. D/E-hylly

Kuviosta 13 voidaan nähdä pientavaroiden E-hylly sekä kookkaille varaosille varattu D-hylly. Kaikille nimiketunnuksille on tulostettu viivakoodi, joten varasto-ottojen teko on nopeaa eikä inhimillisiä virheitä pääse syntymään.

#### 4.1.7 Powered kunnossapidon käytössä

Varastojärjestelmän käytettävyyttä varten tutkittiin mahdollisuutta käyttää viivakooditunnistetta. Powered-ohjelmistossa on mahdollista käyttää Viivakoodit-lisämoduulia, mutta kyseinen moduuli on ostettava lisävarusteena ohjelmistoon. Lisäksi ei ollut täyttä varmuutta, pystyykö lisämoduuli tulostamaan juuri halutun tapaisia pikatunnisteita. Edellä mainituista syistä päädyttiin koodaamaan nimikkeiden nimiketunnisteet viivakoodina nimikkeen tietoihin. Kun nimikkeen hyllypaikalle tehtiin kuvion 14 mukaiset tunnistelaput, joissa oli nimikkeen kuvaava nimi (esimerkiksi kiilahihna), lisättiin siihen nimikkeen nimiketunniste sekä ANSI-standardin mukaisena Code 39 -viivakoodina<sup>4</sup> että aakkosnumeerisena merkinä.



Kuvio 14. Nimikkeen tunnistelappu

Kuviossa 14 on esitetty nimikkeen tunnistelappu, jotka liimattiin nimikkeiden hyllypaikoille. Nimiketunnus koodattiin viivakoodiksi (X010020100) tunnistelappuun. Nimiketunnuksessa X ilmaisee kyseessä olevan varaosa, kun taas 010 kertoo kyseessä olevan mekaniikan komponentti. 020 kertoo nimikkeen kuuluvan voimansiirtohihnojen alaluokkaan. Tunnuksen lopun 100 on juokseva numero, joka annettiin järjestyksessä kyseiselle nimikkeelle. Nimikkeen kuvaava nimi annettiin PSK 6501-standardin (1996, 12) mukaisesti. Kiilahihna kertoo, minkä tyyppinen voimansiirtohihna on kyseessä. 15J kertoo kiilahihnan profiilin ja 3550 mm hihnan mitan. Numerokoodi 4249.024.355 on laitevalmistaja Nedschroef Herentalsin antama numerokoodi varaosalle. Tätä numerokoodia käytetään, kun halutaan tilata

<sup>4</sup> Code 39 on David Allaisin alun perin Boeingille 1970-luvulla kehittämä numeroiden, aakkosten sekä kahdeksan erikoismerkin yhtäaikaista käytön mahdollistava viivakoodi. Code 39:n käyttö laajeni nopeasti Boeingiltä Yhdysvaltain puolustusministeriöön ja maan autoteollisuuteen. (Allais 2006, 15–17).

valmistajalta vastaava varaosa tai kunnossapidon omasta varastosta halutaan etsiä laitevalmistajan kuvan mukaista varaosaa. Tunnistelaput tulostettiin BarTender-ohjelmistolla ja Dymo Labelwriter 400 -tarratulostimella.

Varasto-ottojen helpottamiseksi Powered-tuotannonohjausjärjestelmään liitettiin Bluetooth-tekniikkaa käyttävä langaton viivakoodilukija. Tällöin käyttäjä voi kävellä viivakoodilukijan kanssa varaosan viereen. Mikäli käyttäjän ei olisi mahdollista mennä lukijan kanssa varaosan viereen, jouduttaisiin nimikkeen tunnistetarra viivakoodin lukemiseksi kuljettamaan lähelle työskentelypäättettä. Käytetty viivakoodilukija oli malliltaan Baracoda BL 2604. Viivakoodilukija konfiguroitiin siten, että kun käyttäjä lukee viivakoodin lukijalla, siirtyy Powered-järjestelmässä valinta pois nimiketunnus-tietokentästä. Tällöin estettiin käyttäjältä mahdollisuus lukea vahingossa kaksi viivakoodia peräkkäin nimiketunnuskenttään.

Viivakoodi-tunnisteen avulla varasto-otto on helppo ja nopea tehdä, eikä sen käyttämiseen tarvita erillistä lisämoduulia tuotannonohjausjärjestelmään. Käytännössä varasto-otto tapahtuu siten, että käyttäjä valitsee Powered-ohjelmistosta varasto-oton. Powered kysyy, mille nimikkeelle varasto-otto halutaan tehdä. Tällöin käyttäjä voi yksinkertaisesti lukea viivakoodin nimikkeen tunnistelapusta. Tämän jälkeen käyttäjän tarvitsee vain syöttää Poweredin tietokenttään, montako kappaletta nimikettä halutaan ottaa. Kun varasto-otto tallennetaan, vähentää Powered automaattisesti kappalemäärän nimikkeen varastosaldosta. Varasto-oton tekeminen on esitelty tarkemmin liitteessä 2. Nimiketunnusten järjestelmään syöttämisessä vältetään myös manuaalisen syöttämisen inhimillisiltä virheiltä, kun viivakoodatut tunnukset luetaan optisesti.

RFID-tunnistusta ei katsottu järkeväksi toteuttaa, sillä haluttu pikatunnistus pystyttiin toteuttamaan viivakooditekniikalla edullisemmin ja jopa RFID-tunnistusta nopeammin.

Kuten liitteessä kaksi on osoitettu, nimikkeen hakeminen varastokirjanpidosta onnistuu myös ilman nimikkeen viivakoodia. Koska nimikkeille annettiin kuvaileva nimi PSK 6501-standardin (1996, 12) mukaan, voidaan nimikettä hakea kuvailevalla sanalla, kokotiedoilla tai valmistajan osanumerolla. Hakutoiminnossa voidaan käyttää

muotoa \*hakusana\*, jolloin Powered-järjestelmä osaa etsiä hakusanaa nimikkeen kuvailevan nimen osista. Näin löydetään oikea nimike, vaikka tiedettäisiin vain osa nimikkeen arvokentästä tai valmistajan numerosta. Nimikkeen etsiminen varastokirjanpidosta on esitetty tarkemmin liitteessä 2.

Kunnossapidon varaosavaraston nimikkeille syntyy tilausehdotus Powered-järjestelmään, kun nimikkeen varastosaldo saavuttaa tilauspisteen. Tilauspisteen valvonta saatiin nimikkeelle, kun nimikkeen ohjaustietoihin merkittiin nimikkeen olevan mukana tarvelaskennassa. Tilauksen tarpeessa olevat nimikkeet nähdään Powered-järjestelmän hankintaehdotusten muodostus-toiminnolla.

#### **4.1.8 Käyttäjien koulutus**

Varastokirjanpidon käytön suunnittelussa otettiin Vilpolan ja Kourin (2006, 16) ohjeen mukaisesti käyttäjien toiveet huomioon mahdollisimman hyvin. Powered-järjestelmässä kunnossapidon varaosavarastoon luodut nimikkeet kopioitiin Tikka Spikes Oy:n testikantaan, jossa käyttäjät pystyivät harjoittelemaan varaosavaraston käyttöä häiritsemättä tuotannonohjausta. Varaosavaraston käyttäjille tehtiin lisäksi ohje varaston itsenäiseen käyttämiseen. Käyttöohje on esitetty liitteessä 2.

Työturvallisuudessa otettiin huomioon se, ettei raskaita esineitä, kuten esimerkiksi oikosulkumoottoreita enää sijoiteta korkeimmille hyllyille, vaan putoamisvaaran (vrt. Ackerman 1997, 216) vuoksi ne sijoitettiin lattian tasoon. Lisäksi varaston yleisilmettä siistittiin (ks. kuvio 11 ja kuvio 12) huomattavasti työturvallisuuden ja tehokkuuden edistämiseksi (vrt. Ackerman 1997, 223–225). Varaosavaraston käyttäjiä neuvottiin käyttämään oikeita välineitä ja nostoliikkeitä nostotyöhön työturvallisuuden lisäämiseksi.

#### **4.1.9 Inventaarion suunnittelu**

Kirjanpitolain edellyttämänä varastontarkastus on tehtävä vähintään kerran vuodessa (Hokkanen & Virtanen 2012, 67). Koska varaosavarastoa käyttää vain kunnossapidon henkilöstö, päätettiin, että kunnossapito vastaa myös varaosavaraston inventaariosta. Näin varmistuttiin, että inventaariosta tulee mahdollisimman tarkka (vrt. Hokkanen & Virtanen 2012, 69).

Ensimmäinen varastoinventaario päätettiin pitää varastohallintajärjestelmän käyttöönoton jälkeen. Tällöin saadaan tietoa varastokirjanpidon tarkkuudesta sekä nimikkeiden kokonaismäärästä. Seuraava inventaario päätettiin järjestää kalenterivuoden vaihtuessa.

#### **4.2 Tyhjiösintrausuunien ennakkohuolto**

Tikka Spikes Oy:n sintrausuuneille tehtävän ennakkohuolto-ohjelman tekemiseksi päätettiin resurssien niukkuuden johdosta valita luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa soveltava ECM-analyysi. Kohdelaitteeksi valituilla tyhjiösintrausuuneilla ei ollut varsinaista huolto-ohjelmaa, vaan uunien huoltaminen perustui muistinvaraisiin ennakkohuoltotoimiin sekä korjaavaan kunnossapitoon.

##### **4.2.1 Sintraus**

Auton talvirenkaan nasta muodostuu kahdesta osasta, alumiini- tai rautarungosta sekä nastan sydämenä toimivasta kovametallitapista. Kovametallitappi on se nastan osa, joka muodostaa pidon tien pintaan nähden. (Tikka Spikes 2014).

Kovametallitapit valmistetaan kovametallipulverista sintraamalla.

Ennen sintrausta sintrattavat kappaleet, Tikka Spikes Oy:n tapauksessa nastan kovametallitapit, valmistetaan perinteisellä jauhemetallurgisella menetelmällä. Menetelmässä kovametallijauheesta muotoillaan muotissa puristamalla puriste.

Puristettaessa kovametallitapille annetaan sen lopullinen geometria. Puristuksessa annetaan kovametallitapille myös riittävä lujuus jatkokäsittelyä varten. Puristus on kolmivaiheinen, jossa ensimmäisenä muotti täytetään jauheella. Seuraavassa vaiheessa jauhe puristetaan muottiinsa huoneen lämpötilassa. Viimeisessä vaiheessa puriste irrotetaan muotista. Puristusvoima määräytyy kovametallitapin puristussuuntaan kohtisuoran pinnan alan perusteella. (Vierimaa 2011, 108).

Kari Vierimaa kuvaa sintraamisen (2011, 109) seuraavasti:

*Sintrauksessa jauhepuristetta kuumennetaan kontrolloidussa atmosfäärissä pääseosaineen sulamispisteen alapuolella olevassa lämpötilassa tavoitteena puristeen tiivistäminen ja lopullisen lujuuden aikaansaaminen.*

Sintrauksessa kovametallitapin jauhepartikkelit sitoutuvat toisiinsa metallisidoksilla diffuusion avulla. Tällöin kovametallitapin tiheys, lujuus ja sitkeys kasvavat huomattavasti. Sintrausprosessin tärkeimmät tekijät ovat lämpötila, aika ja sintrattavien kappaleiden ympärillä käytettävä kaasu. Myös puristeen alkutiheys sekä jauheen aktiivisuus vaikuttavat sintrautumiseen. Sintrausprosessille on ominaista, että valmiiseen kovametallitappiin jää huokosia 5–10 %. (Vierimaa 2011, 109).

Tikka Spikes Oy:llä on useampia tyhjiösintrausuuneja, joista kaksi toimii lähes identtisellä tekniikalla. Huoltosuunnitelma on tarkoitettu käytettäväksi näille kahdelle uunille.

#### **4.2.2 Tyhjiösintrausuuni**

ECM-analyysin kohdelaitteena oli kaksi tyhjiösintrausuunia. Mallinimeltään SinVac 2- ja SinVac 3 -nimiset uunit on rakennettu ja otettu käyttöön Tikka Spikes Oy:ssä 1990-luvun lopulla. Sintrausprosessin aikana tyhjiösintrausuunin kammiossa vallitsee suurtyhjiö tai hyvä suurtyhjiö ( $< 3 \cdot 10^{-4}$  barin paine) (Valli 1986, 20). Tämän työselostuksen selkeyttämiseksi käytetään kuitenkin pelkästään termiä tyhjiö.



Yleiskuva tyhjiösintrausuunista on esitetty liitteessä 3. Hallitseva objekti yleiskuvassa on sylinterin muotoinen uunin kammio. Uunin kammion sisin osa on työlaatikko, joka koostuu yhteen liitetystä grafiittilevyistä. Grafiittilevyjen välit on liimattu erikoismassalla tarvittavan tiiviyden aikaansaamiseksi. Työlaatikkoon asetetaan uunin panos. Panokseksi kutsutaan sintrattavaa kovametallitappierää. (Sinivaara 2015).

Työlaatikon ympärillä on vastuskehä. Vastukset ovat grafiittiputkia, jotka kiinnittyvät päistään vastuskehään. Vastuskehä toimii kolmivaihejärjestelmässä tähteen kytkettyjen vastusten nollapotentialipisteenä. Vastuksia lämmitetään tuhansien ampeerien virralla. Tikka Spikes Oy:n sintrausprosessissa käytetyt lämpötilat ovat 1300–1500 C°. Lämpötila määräytyy raaka-aineseoksen ja sintratulta kovametallitapilta haluttujen ominaisuuksien perusteella. (Sinivaara 2015).

Uunin kammio ympäröi työlaatikkoa ja vastuskehää. Kammiossa on etuovi, jota käytetään uunin panostamiseen. Uunin takana on etuoven kaltainen takaovi, joka avataan vain huoltotöitä varten. Kammion on oltava erittäin tiivis, jotta ilma ei pääse sisälle uuniin häiritsemään atmosfääriä sintrauksen aikana. Kammiossa on kupariset läpiviennit uunin vastusten sähkönsyöttöä varten. Uunin kammion ulkokehää jäähdytetään kiertävällä jäähdytinnesteellä. (Sinivaara 2015).

Tyhjiö synnytetään uunin kammioon tyhjiöpumpuilla (numero 1 liitteessä 3). Tyhjiöpumppuja on kaksi, jotka ovat kiertomäntäpumppu<sup>5</sup> ja vierintäpumppu<sup>6</sup> eli Roots-pumppu. Tikka Spikes Oy:n tyhjiösintrausuuneissa mäntäpumppu toimii pääpumppuna. Taustapumppuna toimiva Roots-pumppu käynnistetään kun uunin paine alkaa lähestymään vaadittua tyhjiötä. Roots-pumppu toimii sarjaan kytkettynä mäntäpumpun kanssa. (Sinivaara 2015). Kiertomäntäpumpun ja vierintäpumpun yhdistelmää käytetään yleisesti suurten tilavuuksien pumppaamiseen (Vehanen 1986, 109).

---

<sup>5</sup> Kiertomäntäpumpun männän välilyökset ovat tavallisesti noin 0,1 mm luokkaa ja tiivistetty öljyllä. Pumpun rakenne sallii suurten moottoritehojen käytön. (Vehanen 1986, 110)

<sup>6</sup> Vierintäpumpun pesässä pyörii vastakkain kaksi kahdeksikon muotoista roottoria. Roottorit eivät koskaan kosketa toisiaan tai pumpun seinämiä. Välys on tyypillisesti noin 0,1 mm, eikä voitelta tarvita. (Vehanen 1986, 113)

Vahalinja (numero 28 liitteessä 3) johtaa uunin kammioista vahatornin (numero 2 liitteessä 3) kautta tyhjiöpumpuille. Vahalinjaa pitkin kaasut imetään uunista ja uuniin muodostuu tyhjiö. Vahalinja alkaa uunin kammion pohjasta (numero 9 liitteessä 3) ja johtaa suodattimena toimivan vahatornin läpi tyhjiöpumpuille. Vahalinjassa on kaksi vahapyttyä, joihin vahalinjaa pitkin kulkeva parafiini<sup>7</sup> tiivistyy ja lopulta jähmettyy. Ensimmäinen vahapytty (numero 39 liitteessä 3) sijaitsee vahalinjan alussa uunin kammion alla. Toinen vahapytty (numero 36 liitteessä 3) on vahatornin alapuolella. Lisäksi vahalinjassa on metallinen pumpunsuojasihti (numero 6 liitteessä 3) viimeisenä suojaamassa tyhjiöpumppuja vahalinjassa liikkuvilta kiinteiltä kappaleilta. (Sinivaara 2015).

Vahatorni on sylinterimäinen säiliö, joka toimii vahalinjassa suodattimena ennen tyhjiöpumppuja. Vahatornissa on pieniä alumiinisia kappaleita, jotka toimivat kaasupesurina. Kappaleiden pinnan ala on pyritty saamaan mahdollisimman suureksi, jotta kaasun epäpuhtaudet tarttuisivat mahdollisimman tehokkaasti niiden pintaan. Vahatornin sisusta lämmitetään vedellä, jotta jähmettynyt parafiini voidaan sulattaa ja valuttaa vahatornin alla olevaan vahapyttyyn. Vahatornissa kiertävää vettä lämmitetään lämminvesivaraajalla. (Sinivaara 2015).

Uunissa on lisäksi jäähdytyspuhallin, joka tuo uunin kammioon jäähdytysilmaa sintrattavan panoksen lopullisessa jäähdyttämisessä huoneen lämpötilaan sintrausprosessin viimeisessä vaiheessa (Sinivaara 2015). Jäähdytyspuhallinta ei tule sotkea uunin jäähdytysjärjestelmään, jonka tehtävä on jäähdyttää uunin kammion kuorta sintrausprosessin aikana.

#### **4.2.3 Kohteen rajaus**

Kohteen rajoiksi määritettiin koko uunin mekaaniset sekä sähköiset komponentit.

ECM-analyysiin kuuluneet komponentit olivat

- uunin kammio ja ovet
- työlaatikko ja vastukset

---

<sup>7</sup> Parafiiniä tarvitaan kovametallipulverin sidosaineena, jotta puristetut kovametallitapit säilyttävät muotonsa sintraukseen saakka. (Sinivaara 2015)

- vahalinja ja vahatorni
- tyhjiöpumput
- vahatornin lämmitysjärjestelmä
- uunin ohjauskeskus antureineen
- muuntajat
- hydraulikkayksikkö
- jäähdytyspuhallin.

Analyysin ulkopuolelle jätettiin uunin jäähdytysvesi- ja varavoimajärjestelmä, jotka ovat yhteisiä yrityksen muiden sintrausuunien kanssa. Varavoimakone käynnistyy sähkökatkon tullessa automaattisesti ja se tuottaa sähköä, jotta uunit voidaan ajaa hallitusti alas kesken sintrausprosessin. Varavoimakoneen tuottamalla teholla ei voida käyttää uuneja itse sintrausprosessiin. Varavoimakone on oma laitteensa, jolla on olemassa ennakkohuolto-ohjelma. Uunien jäähdytysjärjestelmässä kiertää veden ja glykolin seosta. Jäähdytinnestettä jäähdytetään ulkoilmassa olevalla jäähdyttimellä. Myös jäähdytysjärjestelmän kriittiset komponentit ovat oma laitteensa, jolla on oma ennakkohuolto-ohjelma.

#### **4.2.4 Aikaisempi huolto-ohjelma**

Tyhjiösintrausuunien ennakkohuolto-ohjelman tekemiseksi päätettiin käyttää luotettavuuskeskeisestä kunnossapidosta johdettua ECM-analyysiä. ECM-analyysi tehtiin asiantuntijaryhmässä, johon Tikka Spikes Oy:stä osallistuivat kunnossapitopäällikkö Markku Lenkkeri, käynninvarmistaja Matti Sinivaara, kunnossapito-osaston asentajat ja työnjohto, uunien käyttäjät sekä opinnäytetyön tekijä. ECM-analyysin ensimmäinen vaihe tallennettiin lomakkeeseen. Lomake on liitteessä 4.

ECM-analyysin ensimmäisessä vaiheessa käytiin läpi tyhjiösintrausuuneille aiemmin suoritettuja ennakkohuoltotoimenpiteitä. ECM-analyysin ensimmäinen vaihe kirjattiin ylös kaavakkeeseen, joka on liitteenä neljä. Aiemmat huoltotoimenpiteet jakautuivat kahteen tyyppiin, käyttäjien ja kunnossapitajien suorittamiin huoltotoimenpiteisiin.

### **Käyttäjien suorittamat huoltotoimenpiteet**

Tyhjiösintrausuuneilla ei aiemmin ollut varsinaista ennakkohuolto-ohjelmaa. Sintrausuunien korjaukseen ja huoltoon liittyi paljon ”hiljaista tietoa”, eikä huolto-ohjelmasta ollut olemassa kirjallista versiota. ECM-analyysissä kerättiin sekä uunin käyttäjien että kunnossapidon suorittamat ennakkohuoltotoimenpiteet ECM-analyysin ensimmäiseen lomakkeeseen (ks. liite 4 ECM-analyysin vaihe A). Aiemmin uunien käyttäjät suorittivat omat huoltotoimet aina ennen uutta ajoa uunilla. Käyttäjät tarkastivat ennen ajon aloitusta uunin vahalinjan kaksi vahapyttyä, joihin höyrystynyt parafiini yleensä tiivistyy. Vahapyttyjen puhdistamisen lisäksi käyttäjät tarkastivat pyttyjen tiivisteiden kunnon. Vuotava tiiviste aiheuttaa vuodon vahalinjaan, jolloin uunin tyhjiö heikkenee. Käyttäjät vaihtoivat ennen jokaista ajoa vahalinjan pumpunsuojasihdin puhdistettuun sihtiin. Kun uunin käyttäjät olivat panostaneet uunin, uunin oven vastinpinnat putsattiin ja tarkastettiin ennen oven sulkemista. Lika voi aiheuttaa vuodon uunin oveen, jolloin uuni ei saavuta sintrauksessa vaadittua tyhjiötä. Lopuksi käyttäjät tarkistivat silmämääräisesti, että uunin vastukset ja vastuskehät sekä työlaatikko ovat kunnossa.

### **Kunnossapitäjien suorittamat huoltotoimenpiteet**

Tikka Spikes Oy:n kunnossapito-osasto on aiemmin suorittanut mäntäpumpun öljynvaihdon vaihtelevien intervallien mukaan. Käytössä mäntäpumpun öljyyn kertyy hiiltynyttä parafiiniä, joka voi aiheuttaa pumpun kiinnileikkautumisen tai venttiilikoneiston jumiutumisen. Pumpun kiinnileikkautumisen seurauksena pumpun tyhjiöntuotto lakkaa, eikä uuniin saada sintrauksessa tarvittavaa tyhjiötä. Kesken sintrauksen tapahtuva pumpun kiinnileikkautuminen keskeyttää sintrausprosessin, eikä sintrattavista kovametallitapeista tule halutun kaltaisia. Öljynvaihtoa pidettiin uunin tärkeimpänä ennakkohuollollisena tehtävänä. Kiinnileikkautuneen pumpun puhdistaminen vaati Tikka Spikes Oy:n kokemusten mukaan kahdelta työntekijältä noin kahdeksan tuntia työtä. Lisäksi kiinnileikkautuminen rasittaa aina pumppua mekaanisesti ja vaarana on jopa pumpun rungon vikaantuminen käyttökelvottomaksi.

ECM-analyysin ensimmäisessä vaiheessa päätettiin säilyttää käyttäjien suorittamat huoltotehtävät yhden ajokierron intervallilla. Mäntäpumpun öljynvaihto säilytettiin uudessa ennakkohuolto-ohjelmassa ja öljynvaihdolle sovittiin kiinteä yhden viikon intervalli. Mikäli uunia ajetaan raskaimmalla mahdollisella kuormituksella, arvioitiin yhden viikon olevan optimaalinen vaihtoväli.

Aiemmin kunnossapito oli suorittanut laajemman huollon noin kolmen kuukauden intervallilla. Käytännössä huoltoja kuitenkin saatettiin jättää välistä, jolloin intervalli venyi moninkertaiseksi. Huoltoon kuului vahatornin puhdistus sekä kaasunpesumateriaalin vaihto. Vahatornin sisus puhdistetaan poistamalla lika mekaanisesti sylinterimäisen suodattimen seinämiltä. Huollon yhteydessä käytöstä poistettu kaasunpesumateriaali pestään, jotta puhdistetut nappulat voidaan käyttää myöhemmin uudelleen. Lisäksi huollossa puhdistetaan mekaanisesti vahatorniin saapuvan vahalinjan pää sekä vahatornista lähtevä vahalinjan pää. Höyrystynyt parafiini jähmettyy herkästi näiden putkien suille.

Uunille oli suoritettu lisäksi epäsäännöllisin väliajoin työlaatikon ja vastuskehien purku, jotta uunin kammiota ja työlaatikkoa voitiin huoltaa paremmin. Purkamisen yhteydessä oli tarkastettu vastusten ja vastuskehien kunto. Heikentyneet vastukset oli vaihdettu tarvittaessa uusiin. Työlaatikon purkamisen jälkeen voitiin helposti tarkistaa ja tarvittaessa puhdistaa uunin kammion ja uunin alla olevan vahapytyn välinen vahalinjan osuus. ECM-analyysissä päätettiin, että uudessa kunnossapito-ohjelmassa työlaatikko puretaan kolmen kuukauden välein tehtävän huollon yhteydessä. Lisäksi uudessa huolto-ohjelmassa työlaatikon liitokset tarkastetaan mahdollisten vuotojen varalta. Kun työlaatikko ja vastukset asetetaan takaisin paikalleen, on erittäin tärkeää tarkastaa, että vastuskehät ovat samassa linjassa keskenään. Lisäksi tulee varmistaa, ettei vastusputkiin kohdistu rakenteellista jännitystä. Rakenteellinen jännitys rasittaa vastusta ja aiheuttaa vastuksen särkymisen heti ensimmäisessä kuumennuksessa. Kasausvaiheessa varmistetaan myös, että vastuskehien väliset ilmaraot sekä vastuskehien ja uunin kammion väliset ilmaraot ovat riittävät. Liian pieni ilmarako aiheuttaa valokaaren oikosulun johdosta. Tällöin on erittäin todennäköistä, että vastuskehä vaurioituu käyttökelvottomaksi.

Liitteessä 4 on esitetty tarkemmin kaikki aikaisemmat ennakkohuollon toimenpiteet. Liitteessä 4 on esitetty myös muutokset, jotka ennakkohuoltotoimenpiteiden intervalleille tehtiin.

#### 4.2.5 Vikahistoria

ECM-analyysin toisessa vaiheessa asiantuntijaryhmän kesken analysoitiin sintrausuuneille tehtyjä häiriökorjauksia. Liitteessä 5 on esitetty sintrausuuneille tehdyn ECM-analyysin vaihe B. Lomakkeeseen kerättiin tietoa sintrausuunien häiriökorjauksista. Kesän 2014 jälkeen tehdyt häiriökorjaukset saatiin opinnäytetyöntekijän tekemästä huoltokalenterista, jonne kunnossapidon työntekijät olivat kirjanneet ylös myös mahdolliset häiriökorjaukset. Huoltokalenteriin oli kirjattu lisäksi kaikkien muiden Tikka Spikes Oy:n tuotantolaitteiden ennakkohuolto-ohjelmat.

Vaikka osa analyysiin osallistuneista työntekijöistä on tehnyt työtä uunien parissa aina niiden käyttöönotosta asti, ei voida olla varmoja, että kaikki uunien häiriökorjaukset muistettiin ottaa huomioon ECM-analyysissä, sillä suurta osaa häiriökorjauksista ei ole kirjattu ylös. Tiedot häiriökorjauksista aina kesään 2014 asti otettiin mukaan analyysiin käyttäjien ja kunnossapitäjien muistinvaraisista tiedoista.

Analyysissä esiin tulleista uunien häiriökorjauksista suurelle osalle voitiin asiantuntijaryhmän mukaan soveltaa tehokkaasti ennakkohuollon toimenpiteitä. Osa häiriökorjauksista oli kuitenkin sellaisia, jotka ovat esiintyneet vain kerran laitteiden 20-vuotisen historian aikana. Näitä vikoja ovat vastusten lämmitystehoa ohjaavan tyristorisäätimen ohjelmakortin vikaantuminen, uunin Omron-ohjauslogiikan lähtömoduulin vikaantuminen sekä vahatornin lämmitysjärjestelmän kiertovesipumpun jumiutuminen. Häiriökorjaukset ja niiden esiintyminen on esitelty liitteessä 5. Vikahistoriaa tutkittaessa nousi esiin rajattu määrä komponentteja.

## **Lämpötila-anturit**

Sintrausuunien lämpötilaa valvotaan erikoisvalmisteisilla lämpötila-antureilla. Anturit altistuvat prosessin aikana kuitenkin niin suurelle lämpötilalle, että ne alkavat vähitellen haurastua. Asiantuntijaryhmän mielestä antureiden haurastumisesta johtuvat vikaantumiset ovat satunnaisia. ECM-analyysin perusteella tehtiin kuitenkin päätös aloittaa antureiden kunnon ja vikaantumisten seuranta. Mikäli jatkossa antureiden vikaantumisessa havaitaan johdonmukaisuutta, voidaan antureihin kohdistaa ennakkohuollon toimenpiteitä.

## **Rootsin pumppu**

ECM-analyysin toisessa vaiheessa vaikeimmaksi kohteeksi muodostui taustapumppuna toimivan Rootsin pumpun jumittuminen. Rootsin pumpun roottorit jumiutuvat, mikäli parafiiniä pääsee kulkeutumaan vahalinjassa pumpulle asti. Asiantuntijaryhmän mukaan ei ollut havaittavissa mitään yhteyttä sintrausprosessin säätöjen tai sintrattavien kovametallitappien raaka-aineen ominaisuuksien sekä Rootsin pumpun jumiutumisen välillä. Myös kerätyn historiatiedon perusteella Rootsin pumpun jumiutuminen oli satunnaista. Roottorien jumittuessa pumpun virtauksen tuotto lakkaa, eikä uuni saavuta riittävää tyhjiötä sintrausprosessia varten. Pumpulle suoritettu korjaavan kunnossapidon toimenpide on pumpun roottorien mekaaninen puhdistaminen.

### **4.2.6 Muut vikamuodot**

ECM-analyysin kolmannessa vaiheessa pohdittiin asiantuntijaryhmän kesken mahdollisia vikamuotoja, jotka seuraustensa vakavuuden perusteella vaatisivat ennakkohuollollisia toimenpiteitä. Mahdollisia vikakohteita miettiessä esiin nousi yllättävän monta kohdetta, joiden ennakkohuollolla voidaan saavuttaa laitteen parempi käytettävyys. Mahdolliset vikakohteet ja vikojen vaikutukset on listattu liitteessä 6 ECM-analyysin vaihe C. Muita mahdollisia vikaantuvia komponentteja analysoitaessa nousi esiin useampia kohteita.

## **Lämminvesivaraaja**

Uunin vahatornissa kiertävä lämmin vesi lämmitetään lämminvesivaraajassa. Lämminvesivaraajasta haihtuu ja vuotaa ennen pitkää vettä pois. Mikäli varaajan veden määrä vähenee liikaa, ei vesimäärä riitä sulattamaan vahatorniin kertyvää parafiiniä. Tämä aiheuttaa vahalinjan tukkeutumisen, mikä taas pysäyttää sintrausprosessin. Lämminvesivaraajan vesimäärän tarkastaminen on suhteellisen helppo ja nopea toimenpide, joten se otettiin uudessa huolto-ohjelmassa mukaan kunnossapidon suorittamaan viikkohuoltoon.

## **Pohjaventtiilin tiiviste**

Kuten aiemmin todettiin, uuteen huolto-ohjelmaan päätettiin lisätä uunin työlaatikon ja vastuskehien purku kolmen kuukauden välein. Työlaatikon purun yhteydessä on myös helppoa tarkastaa vahalinjan alussa olevan venttiilin tiiviste. Rikkoutunut tiiviste aiheuttaa vuodon vahalinjaan, jolloin sintrauksessa tarvittavaa tyhjiötä ei saavuteta. Venttiilin tiivisteen tarkastaminen päätettiin lisätä kolmen kuukauden välein suoritettavaan huoltoon työlaatikon ja vastuskehien purkamisen yhteyteen.

## **Tyhjiöanturit**

Tikka Spikes Oy:llä on laitteisto tyhjiön testaukseen. Uunin tyhjiöanturien kalibrointi pääsee ajan saatossa muuttumaan hieman virheelliseksi. Mikäli tyhjiöanturien näyttämä arvo poikkeaa liikaa todellisesta paineesta, ei sintrausprosessi pysy ohjauslogiikan hallinnassa. Tällöin uuni ei saavuta sintrauksessa vaadittua tyhjiötä ja sintrausprosessi epäonnistuu. Tyhjiöntestauslaitteiston avulla voidaan myös kalibroida tyhjiöanturit. Tämä toimenpide sisällytettiin uuteen huolto-ohjelmaan ja sen intervalliksi asiantuntijaryhmässä päätettiin kolme kuukautta.

## **Mäntäpumpun lautasventtiilit**

Mäntäpumpun venttiilit on aiemmin vaihdettu pumpun kiinnileikkaamisen yhteydessä, koska vaihtotyö on helppoa suorittaa pumpun purkamisen yhteydessä.



Kun öljynvaihtoväli mäntäpumpulle uudessa huolto-ohjelmassa muutettiin viikoksi, on epätodennäköistä, että pumppu leikkautuisi kiinni ollenkaan. Samalla mahdollisuus vaihtaa venttiilit pumpun purkamisen yhteydessä poistuu. Venttiilit kuitenkin keräävät ajan saatossa hiileksi palanutta parafiiniä, jolloin on vaarana että venttiilit eivät sulkeudu täydellisesti. Vaarana on myös venttiilikoneiston jumiutumisen. Vuosihuollon yhteyteen otettiin mukaan pumpun venttiilikoneiston purku ja venttiililautasten vaihto puhtaisiin. Käytetyt venttiililautaset hiotaan puhtaaksi Tikka Spikes Oy:n työkaluosastolla. Hionnan jälkeen lautaset voidaan ottaa uudelleen käyttöön seuraavassa vuosihuollossa.

### **Oven hydrauliiikka**

Uunien ovissa on hydraulikalla toimivat sylinterit, joiden tehtävä on avata uunin ovet. Hydraulikkajärjestelmästä saattaa välillä vuotaa pieniä määriä öljyä. Kun öljyn määrä vähenee liian alhaiseksi, eivät avausylinterit toimi enää normaalisti, ja ovi joudutaan avaamaan mekaanisesti. Öljyn määrän tarkistamiseksi sovittiin uudessa huolto-ohjelmassa puolen vuoden intervalli, sillä vika ei ole kovin kriittinen.

### **Uunin kammio**

Uunin kammioon kertyy käytössä kuona-aineita, jotka kertyvät kammion pohjalle ja vastusten kuparisiin läpivienteihin. Kuona-aineet ovat metalleja, joita tulee sintrattavien kappaleiden mukana. Läpivienteihin kerääntyessään metallit aiheuttavat oikosulun vaaran. Oikosulun aiheuttama valokaari puolestaan rikkoo vastusten läpiviennit. Uunin kammion mekaaninen puhdistaminen päätettiin siksi sisällyttää uuteen huolto-ohjelmaan. Intervalliksi sovittiin kokemuksen perusteella yksi vuosi.

### **UPS-yksikkö**

Uunin ohjauslogiikan toiminta on turvattu UPS-yksiköllä, joka syöttää virtaa logiikalle sähkökatkon tullessa, sillä uunien varavoimalaitteen käynnistysnopeus ei riitä pitämään yllä ohjauslogiikkaa katkeamattomasti. UPS-järjestelmän akuilla on oma viimeinen käyttöpäivänsä. Lisäksi akkujen fyysinen kunto on hyvä tarkistaa vuosittain.

UPS-yksikön kunto voidaan testata kytkemällä järjestelmä irti valtakunnan verkosta ja kuormittamalla yksikköä tämän jälkeen tasaisella kuormalla. Uuden huolto-ohjelman mukaiseen vuosihuoltoon lisättiin UPS-järjestelmän akkujen silmämääräinen tarkastus sekä UPS-laitteen jännitteen testaus.

### **Ohjauskaapin merkkivalot**

Uuden huolto-ohjelman ulkopuolelle jätettiin analyysissä esille tullut ohjauskaapin kehitysmahdollisuus. Uunien käyttäjät tarkastavat ohjauskaapin merkkivalojen toimivuuden ennen jokaista ajoa. Ohjauskaappiin on tehty painonappi, jolla jännite kytketty suoraan merkkivalojen polttimoiden kantaan. Näin löydetään rikkinäiset polttimot. Tarkastus toimii kuitenkin vain osassa merkkivaloja. Prosessikaavioon kuvattujen venttiilien merkkivaloille ei ole vastaavaa toimivuuden testauskytkintä. Uunin käyttäjä ei siten voi olla varma, onko ajon aikana ilmaantunut vika jumiutuneessa venttiilissä, vai onko venttiilin merkkivalo vain palanut. Ennakkohuolto-ohjelman näkökulmasta tarkastuskytkimen rakentaminen olisi aiheellista, mutta analyysissä päätettiin, että sitä ei toteuteta tässä vaiheessa.

### **4.2.7 Tyhjiösintrausuunin ennakkohuolto-ohjelma**

ECM-analyysin perusteella Tikka Spikes Oy:n tyhjiösintrausuuneille tehtiin ennakkohuolto-ohjelma. Huolto-ohjelma on esitetty liitteessä 7. Huolto-ohjelmassa otettiin huomioon operaattorien tekemät pienemmät huolto- ja tarkistustehtävät sekä enemmän työtä vaativat kunnossapidon suorittamat huoltotyöt.

Huoltojen intervallit järkevöitettiin ja standardisoitiin. Intervallit pyrittiin kuitenkin pitämään loogisina. Intervallit jakaantuivat kalenteriajallisesti

- yhden ajokierron välein tehtäviin huoltoihin
- viikon välein tehtäviin huoltoihin
- kolmen kuukauden välein tehtäviin huoltoihin
- yhden vuoden välein tehtäviin huoltoihin.

Lisäksi aloitettiin seuranta joidenkin kriittisten komponenttien kohdalla. Seurannalla pyritään selvittämään komponenttien keskimääräinen vikaantumisväli ja sen avulla saadaan tarkempaa tietoa laitteen käytettävyydestä. Lisäksi tulevaisuudessa Tikka Spikes Oy:n kunnossapito-osastolla jatketaan kesällä 2014 aloitettua huoltotöiden kirjausta. Kirjaukset auttavat perustelemaan entistä tehokkaampien kunnossapidon ennakkohuoltotoimenpiteiden käyttöönottoa.

#### 4.2.8 Kustannukset

Ennakkohuolto-ohjelman kustannuksia arvioidessa ei ollut saatavissa tarkkaa tietoa työn kustannuksesta Tikka Spikes Oy:lle. Tikka Spikes Oy:n tuotannon sekä kunnossapidon työn hintana päätettiin käyttää suomalaisen työtunnin keskihintaa 31,10 € (Länkinen 2013).

Materiaalikustannuksia arvioidessa käytettiin sintrattavien kovametallitappien raaka-aineena käytettävän kovametallipulverin keskihintana ■■■ €/kg (Rautiainen 2015). Kovametallipulverista puristetut kovametallitapit sintrataan omissa astioissaan. Kuhunkin astiaan mahtuu ■■ kg kovametallipulverista puristettuja kovametallitappeja. Astioita mahtuu tyhjiösintrausuuniin uunin mallista riippuen useista kymmenistä yli sataan astiaan. Laskennallisena keskiarvona käytettiin ■■■:ää astiaa.

Yhden sintrattavan kappale-erän raaka-aineiden keskimääräinen arvo voitiin siten laskea:



Lisäksi kustannuksia tulee sintrattavien kappaleiden valmistamisen työkustannuksista sekä sintrauksen työkustannuksista. Sintrausprosessi Tikka Spikes Oy:ssä kestää tavallisesti noin ■■■ tuntia. Työkustannusten arviointia vaikeuttaa se, että kovametallipulverin puristamiseen tarvittu aika vaihtelee suuresti halutun kappaleen ominaisuuksien sekä puristamiseen käytetyn työkalun ominaisuuksien mukaan. Lisäksi sintrausprosessia valvova työntekijä voi valvoa useampia sintrausprosesseja samanaikaisesti.

Työkustannusten huomioimiseksi käytettiin arviota ■ tuntia työtä ■ henkilöltä yhtä sintrattavaa kovametallitappierää kohti. Tuloksen luotettavuuden varmistamiseksi työn määrä arvioitiin hieman todellisuutta matalammaksi. Sintrausprosessissa kuluvaa energiaa ei oteta mukaan laskutoimituksiin. Työn kustannukseksi saadaan

■

Yhteensä kustannukset sintrattavaa kappale-erää kohti ovat siis ■

Uuden huolto-ohjelman työkustannusten laskennassa käytettiin Tikka Spikes Oy:n kokemuksen perusteella saatuja tietoja töiden kestosta. Tyhjiösintrausuunin käyttäjien suorittamat huoltotoimenpiteet ovat nopeita puhdistus- ja tarkastustoimenpiteitä. Toimenpiteiden keskimääräiseksi kestoksi voidaan arvioida 15 minuuttia. Vuodessa yhdellä tyhjiösintrausuunilla voidaan ajaa noin 100 ajokierrosta. Tällöin käyttäjien suorittamien huoltotöiden vuosittaiseksi hinnaksi saatiin

$$31,10 \text{ €/h} * 0,25 \text{ h} * 100 \text{ ajokierrota/a} = 777,5 \text{ €/a}$$

Kunnossapidon viikoittaiset huoltotyöt kestävät Tikka Spikes Oy:n kokemuksen perusteella noin 30 minuuttia. Tällöin viikkohuollot kustantavat

$$31,10 \text{ €/h} * 0,5 \text{ h} * 52 \text{ vko/a} = 808,6 \text{ €/a}$$

Kunnossapidon kolmen kuukauden välein suorittamat suuremmat huoltotyöt vaativat Tikka Spikes Oy:n kokemuksen perusteella kahden työntekijän työpanoksen. Huollon suorittamiseen arvioidaan kokemuksen perusteella menevän kahdeksan työtuntia. Kustannus on tällöin

$$31,10 \text{ €/h} * 2 * 8 \text{ h} * 4 \text{ huolto/a} = 1990,4 \text{ €/a}$$

Lisäksi kunnossapidon suorittama vuosihuolto vaatii kahdelta työntekijältä kahdeksan tunnin työpanoksen. Kustannus on tällöin

$$31,10 \text{ €/h} * 2 * 8 \text{ h} * 1 \text{ huolto/a} = 497,6 \text{ €/a}$$

Yhteensä ennakkohuolto-ohjelman mukaisten töiden suorittamisen kustannuksiksi tuli vuosittain 4074,1 €. Jo yksi sintrausprosessin keskeytymisen tuottaman, tässä työssä arvioidun raaka-ainetappion ennaltaehkäisy riittää kattamaan kunnossapito-ohjelman töiden aiheuttamat kustannukset. Kesän 2014 jälkeen kunnossapitoon on raportoitu neljä tapausta (ks. liite 4), joissa sintrausprosessi on keskeytynyt uunin vikaantumisen vuoksi. Sintrausuunien huolto-ohjelman rahallinen hyöty kertyy, kun otetaan huomioon tuotannonmenetykset. Sintrattavia kovametallitappeja tarvitaan myöhemmin Tikka Spikes Oy:n nastojen kokoonpanolinjalla ja uunin vikaantumisen aiheuttama kovametallitappien puute saattaa pysäyttää koko kokoonpanolinjan.

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

### 5.1 Tulokset ja tavoitteiden saavuttaminen

#### 5.1.1 Kunnossapidon varaosavarasto

Tämän opinnäytetyön ensimmäinen tutkimuskysymys oli: Kuinka kunnossapidon varaosavarasto saadaan hallintaan? Tästä johdettiin alatutkimuskysymykset

1. Mitkä ovat kriittisiä varaosia?
2. Kuinka varmistaa, että kriittisiä varaosia on aina valmiina varastossa?
3. Kuinka nimetä varaosavaraston nimikkeet?
4. Kuinka järjestää fyysinen varasto?

Opinnäytetyön tuloksena saatiin hallittavissa oleva kunnossapidon varaosavarasto.

Tulosten perusteella pystyttiin

1. varmistamaan, että varastossa on aina kriittiseksi luokiteltuja varaosia  
Powered-toiminnanohjausjärjestelmän varastosaldojen ja tilausraja-toiminnon avulla

2. määrittelemään varaosan kriittisyys ABC-jaottelun mukaisesti siten, että varastokirjanpidon resurssit pystytään kohdistamaan tärkeimmiksi luokiteltuihin A- ja B-osiin
3. löytämään helposti standardin mukaisesti nimetyt varaosavaraston nimikkeet, sillä kaikkien nimikkeiden kuvaava nimi on kirjoitusasultaan samanlainen ja nimikkeet ovat siten helposti löydettävissä toiminnanohjausjärjestelmästä
4. toteamaan, että fyysinen varasto järjesteltiin toimivaksi, tehokkaaksi ja työturvalliseksi varastoksi.

Varaosavaraston kohdalla pystyttiin siis vastaamaan päätutkimuskysymykseen sekä siitä johdettuihin alatutkimuskysymyksiin.

Lisäksi voidaan todeta, että tämän opinnäytetyön alussa Tikka Spikes Oy:n varaosavarastolle asettamat reunaehdot saavutettiin täysin:

- Kunnossapidon varaosavarasto luotiin käytössä olevaan Powered-toiminnanohjausjärjestelmään.
- Laitekohtainen varaosien kulutuksen kohdistaminen on mahdollista ja laitekohtaista kulutusta pystytään raportoimaan monipuolisesti.
- Varastoon tuotavat nimikkeet nimettiin standardin mukaan loogisesti ja yksiselitteisesti. Nimeämiskäytäntöä jatketaan yrityksessä myös tulevaisuudessa.
- Kunnossapidon fyysinen varaosavaraston inventoitiin ja siivottiin. Varaston käyttäminen on selkeää, eikä väärinkäsityksiä pääse syntymään.
- Eri nimikkeiden varastoseurattavuudet määritettiin.
- Varaosavaraston käyttämisestä tehtiin helppoa ja inhimillisten virheiden mahdollisuus minimoitiin.

Tätä opinnäytetyötä varten suorittamissani kunnossapidon työntekijöiden haastatteluissa lokakuussa 2014 kävi ilmi varaosavaraston tulevien käyttäjien toiveet varastohallintajärjestelmän ominaisuuksista. Käyttäjien asettamat tavoitteet saavutettiin täysin. Nimikkeiden ottaminen varastosta on nyt mahdollista pikatunnisteen avulla. Järjestelmästä saadaan lisäksi tilausrajat, jolloin kriittisiä varaosia osataan tilata ennalta määrättyssä tilauspisteessä. Varaosavaraston nimikkeet puolestaan järjestettiin siten, että varaosat löytyvät koneryhmäkohtaisesti omasta hyllystään. Tämä helpottaa varaston inventointia ja käytettävyyttä. Varastoseurattavat varaosat ovat myös selkeästi omassa hyllyssään ja kulutusosat varaston toisella puolella omassa hyllyssään. Näin käyttäjät tietävät aina, mitkä varasto-otot kirjataan kirjanpitoon.

### 5.1.2 Tyhjiösintrausuunien ennakkohuolto-ohjelma

Tämän opinnäytetyön toisena tutkimuskysymyksenä oli: Kuinka voidaan ennakoida huoltotöitä kustannustehokkaasti tyhjiösintrausuunilla? Tästä johdettiin alatutkimuskysymykset:

1. Mitkä syyt aiheuttavat tuotannonmenetykset kohdelaitteella?
2. Aiheuttaako jonkin vian seuraus suuren vaaran terveydelle tai ympäristölle?
3. Mitkä toimenpiteet ovat ennakkohuollollisesti järkeviä?
4. Mikä on toimenpiteiden väli ajallisesti?
5. Mitkä vikaantumiset sallitaan?

ECM-analyysin avulla tehdyn ennakkohuolto-ohjelman perusteella pystytään ennakkohuoltamaan tyhjiösintrausuuneja kustannustehokkaasti. ECM-analyysin avulla

- tunnetaan viat, joiden seuraus aiheuttaa suuren vaaran terveydelle tai ympäristölle
- tunnetaan syyt, jotka ovat aiheuttaneet tuotannonmenetykset sintrausuunilla

- määritettiin ennakkohuollollisesti järkevät toimenpiteet siten, että tuotannonmenetysten kokonaisarvoa pystytään laskemaan sekä uunin käytettävyyttä nostamaan ennakkohuollon kustannusten pysyessä kohtuullisina
- määritettiin ennakkohuoltotoimenpiteiden tehokas intervalli kokemusperäisesti
- määritettiin sallittavat vikaantumiset.

Ennakkohuollon suunnittelussa tehtiin ECM-analyysi, jonka avulla voitiin tehdä ennakkohuolto-ohjelma rajallisin resurssein suhteellisen laajaan laitteeseen. Tavoitteena oli laatia ennakkohuoltosuunnitelma, joka toimii kirjallisena dokumenttina siitä, mitä huoltotoimenpiteitä uunien määräaikaishuollot sisältävät. Ennakkohuoltosuunnitelman mukaiset huollot

- ovat kustannustehokkaita
- parantavat uunin käytettävyyttä
- pienentävät tuotannonmenetyksiä.

## **5.2 Jatkokehitys**

### **5.2.1 Varastonhallinta**

Kunnossapidon varaosavaraston jatkokehityksenä voidaan toteuttaa myös kulutusosien varastoseuranta niin kutsutulla kaksilaatikkojärjestelmällä. Kaksilaatikkojärjestelmässä samat nimikkeet ovat kahdessa eri laatikossa, joista toisen tyhjentyminen toimii tilausimpulssina. Powered-toiminnanohjausjärjestelmä tukee kaksilaatikkojärjestelmän käyttöä.

Etätunnistamisen yleistyessä on myös Tikka Spikes Oy:ssä käynnistetty tunnustelut mahdollisuudesta käyttää etätunnisteita tuotannonohjauksessa. Tuotannon etätunnisteiden käyttöönoton yhteydessä olisi myös kustannustehokasta ottaa



etätunnisteet käyttöön myös kunnossapidon varaosavarastossa. Powered-toiminnanohjausjärjestelmä mahdollistaa etätunnisteiden käytön, joten tämän opinnäytetyön yhteydessä tehdyn varaosavaraston nimikkeiden luonnin luonnollinen jatkumo olisi etätunnisteiden liittäminen varaosavaraston nimikkeisiin.

### **5.2.2 Ennakkohuolto**

Sintrausuuneille suoritettu ECM-analyysi on tarkoitettu tilanteisiin, joissa laitteelle halutaan tehdä johdonmukainen ja kustannustehokas ennakkohuolto-ohjelma rajoitetuin resurssein (Smith 2004, 178). Ennakkohuolto-ohjelmasta ei voida olettaa syntyvän siten yhtä yksityiskohtaista kuin klassisen RCM-analyysin oppien mukaan tehdystä ennakkohuolto-ohjelmasta. Luonnollinen jatkokehitys ennakkohuolto-ohjelmille olisi klassisen RCM-analyysin tekeminen. RCM-analyysillä ennakkohuolto-ohjelmasta saadaan vieläkin aukottomampi ja näin ennakoimattomien tuotantokatkosten määrä vähenee.

Ennakkohuolto-ohjelman tekemiseen käytettäviä ECM- ja RCM-analyysejä voidaan käyttää myös muuhun Tikka Spikes Oy:n tuotantokonekantaan. Johdonmukaisten ennakkohuolto-ohjelmien avulla muiden tuotantokoneiden elinkaarta pystytään jatkamaan, ja tuotannon kokonaistehokkuus saadaan kasvamaan (vrt. Järviö 2012, 59).

## **6 POHDINTA**

### **6.1 Tulosten tarkastelu teoriaa vasten**

Varaston toimivuus perustuu siitä käytettävissä olevaan tietoon. Tikka Spikes Oy:n kunnossapidon varaosavarastolle luotu varastokirjanpito mahdollistaa suuren tietomäärän keräämisen ja käsittelyn. Mahdollisuus saada reaaliaikaista tietoa auttaa siten myös Tikka Spikes Oy:n kunnossapito-osastoa nostamaan varaston palveluastetta ja tehostamaan varastoon sitoutuneen pääoman kiertoa. (vrt. Hokkanen & Virtanen 2012, 121–122).

Jorma Järviön mukaan (2000, 21–22) luotettavuuskeskeisen kunnossapidon analyysien seurauksena syntyy kunnossapito-osastolle lista määräaikaishuolloista. Huoltojen tekijät saavat analyysin seurauksena päivitetyt ohjeet huoltojen tekemiseen. Lisäksi saadaan lista keinoista laitteen suorituskyvyn parantamiseksi sekä ohjeet haitallisten tilanteiden välttämiseksi.

Tikka Spikes Oy:n tyhjiösintrausuuneille tehty ECM-analyysi antoi Järviön edellä kuvailemat tulokset. Tehdyn ECM-analyysin tuloksena saatiin lista suoritettavista ennakkohuoltotoista. Anthony Smithin mukaan (2004, 178) ECM-analyysin avulla voidaan tehdä yleiskatsaus laitteen ennakkohuoltotoimenpiteisiin. Tikka Spikes Oy:n tyhjiösintrausuunien ennakkohuolto-ohjelmasta ei siten tullut yhtä yksityiskohtainen ja tarkka kuin klassisen RCM-analyysin avulla olisi voitu saavuttaa. Luotu ennakkohuolto-ohjelma on kuitenkin muutos aikaisempaan korjaavan kunnossapidon sekä suullisten huolto-ohjelmien kulttuuriin.

Tämän opinnäytetyön tulos pyrkii nostamaan yrityksen tuottavuutta parantamalla sintrausuunien käytettävyyttä. Opinnäytetyön voidaankin katsoa vahvistavan Järviön väite (2000, 9, 22) siitä, että luotettavuuskeskeisen kunnossapidon analyysit tarjoavat työkalut yrityksen kilpailukyvyn nostamiseen yhä kiristyvässä globaalissa kilpailussa. Jotta opinnäytetyön tulosten todellinen hyöty tulee esiin Tikka Spikes Oy:n tuottavuuden ja kilpailukyvyn vahvistumisena, on tässä vaiheessa erityisen tärkeää ottaa ennakkohuolto-ohjelma oikeasti käyttöön.

Mahdollisuudet opinnäytetyössä laaditun ennakkohuolto-ohjelman menestymiselle ovat hyvät. Opinnäytetyö vältti muun muassa John Moubrayn mainitseman (1997, 286) vaaran väärin sovelletusta luotettavuuskeskeisen kunnossapidon analyysistä. Moubrayn mukaan riittämätön koulutus ja muutosvastarinta ovat yleisiä syitä analyysin epäonnistumiseen. Nämä johtavat usein lähes samanlaiseen ennakkohuolto-ohjelmaan analyysiä edeltäneen ennakkohuolto-ohjelman kanssa. Moubray varoittaa myös (1997, 286), että liian vetäjäkeskeinen analyysi johtaa epäonnistuneeseen ennakkohuolto-ohjelmaan. Mikäli laitteen kanssa päivittäin työskentelevät henkilöt eivät osallistu analyysin tekemiseen, on vaarana, että ennakkohuolto-ohjelmasta tulee liian ylimalkainen. Tämä johtuu esimerkiksi siitä,

että vetäjä ei voi yksin tuntea kohdelaitteen toimintaa niin perinpohjaisesti, että huolto-ohjelmasta tulisi kaikin osin pätevä ja johdonmukainen.

Ennakkohuolto-ohjelmasta tehtiin virallinen kirjallinen dokumentti aikaisemman hiljaisen tiedon sijaan. Ennakkohuolto-ohjelmaan lisättiin myös useita uusia ennakkohuoltotoimenpiteitä, joten Moubrayn maalaama (1997, 286) uhkakuva lähes identtisenä pysyvistä huolto-ohjelmasta ei käynyt toteen. Ennakkohuolto-ohjelman tekemiseen (ECM-analyysiin) osallistuivat kohdelaitteen kanssa työskennelleet henkilöt, joten analyysistä ei tullut liian vetäjäkeskeinen. Voidaankin siis olettaa, että henkilökunnan kynnys ottaa ennakkohuolto-ohjelma käyttöön on matala.

## 6.2 Luotettavuuden arviointi

Tietoperustan luotettavuuden varmistamiseksi tässä opinnäytetyössä kaikki keskeiset termit pyrittiin määrittelemään kansallisten ja kansainvälisten standardien kautta. Tutkimuksen luotettavuutta pyrittiin myös lisäämään käyttämällä laajaa ja riittävää aineistoa. Opinnäytetyötä varten aineistoa hankittiin eri lähteistä, kuten haastatteluista ja alaa käsittelevästä teoria- ja tutkimuskirjallisuudesta. Aineiston tulkinta tehtiin monilähteisenä synteesisinä eri lähteistä saatua tietoa yhdistämällä (vrt. Kananen 2014, 153). siten eri tutkimusmenetelmillä kerätyn tiedon synnyttämä aineistotriangulaatio lisää tutkimuksen luotettavuutta (vrt. Kananen 2009, 115–116).

Tutkimuksen luotettavuuden varmistamiseksi opinnäytetyön toteutus kuvattiin ja dokumentoitiin mahdollisimman tarkasti (vrt. Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2007, 227). Aineiston tuottamisen olosuhteet pyrittiin myös kertomaan mahdollisimman selvästi ja totuudenmukaisesti. Tutkimusotetta pyrittiin lisäksi analysoimaan jatkuvasti ja tuloksia terästettiin vertaamalla niitä jatkuvasti teoriapohjaan (vrt. Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2007, 260).

Kuten Hirsijärvi, Remes ja Sajavaara opettavat (2007, 228), tulosten luotettavuuden varmistamiseksi opinnäytetyön tekijän tekemät tulosten tulkinnat esitettiin mahdollisimman kattavasti. Päätelmät pyrittiin perustelemaan aukottomasti ja Tulosten tukemiseksi esitettiin kuviot varaston layoutin muodostumisesta sekä

varaston yleisilmeen muutoksista (ks. kuvio 11, kuvio 12 ja kuvio 13). Lisäksi ECM-analyysin tarkka dokumentointi (ks. liitteet 4-7) mahdollistaa tämän opinnäytetyön lukijalle ratkaisupolun tarkistamisen.

Jorma Kanasen mukaan (2014, 149) tutkimusongelman ja tutkimuskysymysten oikea määrittäminen lisää tutkimuksen sisältövaliditeettia. Tämän opinnäytetyön tutkimusongelman ja tutkimuskysymysten määrittäminen onnistui sekä varastonhallinnan että ennakkohuollon osalta, sillä määritettyjen kysymysten pohjalta osattiin hakea oikeanlaista tietoa oikeista lähteistä. Tiedonhankinnan perusteella hankittua tietoa pystyttiin analysoimaan oikeilla menetelmillä ja tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset.

Opinnäytetyön tuloksena syntynyt varastonhallintajärjestelmä otettiin innokkaasti vastaan Tikka Spikes Oy:n kunnossapidon henkilökunnassa. Työntekijät pitävät varaston uutta ilmettä siistinä ja erinomaisena työskentely-ympäristönä. Työntekijät pitävät varastonhallinnan käytettävyyttä erinomaisena, ja erityisesti varaston uusi varaosien vastaanottoalue sai kiitosta.

Huolto-ohjelman tekemiseksi tehtiin käyttöhenkilöstön haastatteluja, joiden pohjalta tehtiin ECM-analyysi. Analyysin avulla haastatteluista nostettiin esiin merkittävimmät kohteet. Lähdeaineiston hyvän tuntemuksen avulla analyysin perusteella pystyttiin tekemään vaatimuksia vastaava huolto-ohjelma.

ECM-analyysin perusteella tehty ennakkohuolto-ohjelma esiteltiin ja hyväksytettiin ennen käyttöönottoa analyysissä mukana olleilla henkilöillä. Haastateltavat vahvistivat tutkimuksen tulokset ja ECM-analyysin vaiheiden oikean tulkinnan. Palaute ennakkohuolto-ohjelmasta oli positiivista. Ennakkohuolto-ohjelma otettiin käyttöön Tikka Spikes Oy:ssä heti ECM-analyysin valmistuttua.

### **6.3 Prosessin hallinta**

Tämän opinnäytetyön tietoperustaa rakentaessa perehdyin varastointia käsittelevään kirjallisuuteen, sillä minulla ei ole aikaisempaa kokemusta tai opintoja

varastonhallinnasta. Varastointia käsittelevästä tietoperustasta tuli siten laaja. RCM-analyysin vetämiseen minulla on valmiudet koulutukseni perusteella, joten ennakkohuoltosuunnitelman tekeminen oli osa-alueista helpompi sekä opinnäytetyön kirjoittamisen että käytännössä tehdyn analyysityön osalta.

Tätä opinnäytetyötä varten tietoa haettiin systemaattisesti eri lähteistä ja esimerkiksi tiedonhakuun käytetyt asiasanat tarkistettiin asiasanastoista. Asiasanojen ja asiasanoista muodostettujen hakulauseiden avulla tietoa haettiin lukuisista tietokannoista, kuten esimerkiksi Janetista, Keski-kirjastojen tietokannasta sekä Emerald Journalsista. Opinnäytetyön lähteitä tarkasteltiin kriittisesti ja jokaisen lähteen luotettavuutta arvioitiin.

Tämän opinnäytetyön kaksi osaa osoittautuivat ennakoitua suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Kummankin osan täysipainoinen läpivienti vaati suuren määrän työtä. Kokonaisuudet olisi ehkä voinut erottaa toisistaan keskittyen opinnäytetyössä vain toiseen osakokonaisuuteen. Valitsemalla joko varaosavaraston tai ennakkohuolto-ohjelman kehityksen kohteeksi, olisi opinnäytetyön kokonaisuudesta tullut yhtenäisempi. Sekä varaosavaraston kehitys että ennakkohuollon laadinta liittyvät kuitenkin käytännön työelämässä lähekkäin toisiinsa ja ovat molemmat osa kunnossapidon toiminnanohjausta, joten opinnäytetyön sisällöstä ei tullut liian poukkoileva.

Ajallisesti opinnäytetyön toteutus oli suunniteltu erittäin tiukaksi, vaikka tietoperustan rakentaminen voitiinkin aloittaa jo syksyllä 2014. Kehitystyö aloitettiin Tikka Spikes Oy:ssä Tammikuussa 2015. Tiukasta aikataulusta huolimatta opinnäytetyö valmistui suunnitellussa ajassa Maaliskuun 2015 loppuun mennessä.

#### **6.4 Johtopäätökset**

Tikka Spikes Oy:n koko tuotantokonekannalla on valtava potentiaali nostaa tuotannon kokonaistehokkuutta. Muun muassa luotettavuuskeskeinen kunnossapito tarjoaa työkalut kokonaistehokkuuden nostamiseen ilman investointia uusiin tuotantolaitteisiin. Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon hyödyt kertaantuvatkin

tuotannossa parempana seisokkien hallintana, nousseena käytettävyytenä sekä parempana laatuna.

Kuten tässä opinnäytetyössä on havainnollistettu, varaosavarasto pystytään ottamaan yksinkertaisin, mutta määrätietoisin toimenpitein haltuun. Varaston pitäminen hallussa vaatii resursseja, mutta tehokkaasti toimiva varasto maksaa itsensä takaisin parempana saavutettavuutena sekä tarkkuutena. Lisäksi voidaan todeta, että ECM-analyysin avulla pystytään luomaan pienillä resursseilla laaja ennakkohuolto-ohjelma suhteellisen monimutkaiseen tuotantolaitteeseen.

Tämän opinnäytetyön tulosten todellinen hyöty tulee esiin kuitenkin vasta sitten, kun tuloksena saadut varastokirjanpitojärjestelmä ja ennakkohuolto-ohjelma on otettu pysyväksi osaksi Tikka Spikes Oy:n kunnossapidon varaosavarastointi- ja ennakkohuoltoprosesseja.

## LÄHTEET

Ackerman, K. 1997. Practical handbook of warehousing. 4<sup>th</sup> ed. London: Chapman & Hall.

Allais, D. 2006. AIDC Memoirs. Muistelmat. AIDC 100. Viitattu 1.3.2015.  
[http://aidc100.org/files/Allais- David Memoirs.pdf](http://aidc100.org/files/Allais-David-Memoirs.pdf)

Emmett, S. 2005. Excellence in warehouse management. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons.

Gulati, R. 2013. Maintenance and reliability best practices. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Industrial Press.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6 p. Tampere: Infacs.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13 uud. p. Helsinki: Tammi.

Heinonkoski, R. 2004. Koneautomaation kunnossapito. 2. uud. p. Helsinki: Opetushallitus.

Hellström, D. & Wiberg, M. 2010. Improving inventory accuracy using RFID technology: a case study. Assembly Automation Volume 30 Issue 4, 345–351. Viitattu 11.11.2014. <Http://www.jamk.fi/kirjasto>, Nelli-portaali, Emerald Journals.

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2004. Logistisen ajattelun perusteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Hokkanen, S. & Virtanen, S. 2012. Varastonhoitajan käsikirja. Kangasniemi: Sho Business Development.

Hollier, R. H. & Cooke, C. 1994. Tuotantoyritysten varastojen hallinta. Helsinki: Rastor.

Hoppe, M. 2006. Inventory optimization with SAP. Boston: Galileo Press.

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

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito – Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5 uud. p. Helsinki: KP-Media.

Kananen, J. 2009. Toimintatutkimus yritysten kehittämisessä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

- Kananen, J. 2014. Laadullinen tutkimus opinnäytetyönä : Miten kirjoitan kvalitatiivisen opinnäytetyön vaihe vaiheelta. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kunnossapito menestystekijänä. N.d. Artikkelit Opetushallituksen oppimateriaaleissa. Viitattu 9.2.2015. [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_1-1\\_mita\\_on\\_kunnossapito.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html)
- Lahmar, M. 2008. Facility logistics. Boca Raton, FL: Auerbach Publications.
- Laitakari, A.V. 1943. Kertomus Tikkakosken tehtaan 50-vuotisesta toiminnasta 1893–1943. Tikkakoski: Tikkakoski Oy.
- Lenkkeri, M. 2015. Kunnossapitopäällikkö. Tikka Spikes Oy. Haastattelu 12.1.2015.
- Lindfors, H. 2008, Kirjanpito käytännönläheisesti. Helsinki: Helsingin seudun kauppakamari.
- Länkinen, T. 2013. Näin paljon maksaa suomalainen työ. Yle uutiset 10.9.2013. Viitattu 1.3.2015. [http://yle.fi/uutiset/nain\\_paljon\\_maksaa\\_suomalainen\\_työ/6823399](http://yle.fi/uutiset/nain_paljon_maksaa_suomalainen_työ/6823399)
- Moubray, J. 1997. Reliability-centered maintenance. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Mäkinen, M. 1983. Oy Tikkakoski Ab 90 vuotta teollisuutta Tikkakoskella 1893–1983. Tikkakoski: Tikkakoski Oy.
- Nyman, D. & Levitt, J. 2001. Maintenance planning, scheduling & coordinating. New York: Industrial Press.
- Pohjolainen, K. 2015. Tietohallintopäällikkö. Tikka Spikes Oy. Haastattelu 9.1.2015.
- Pouri, R. 1983. Varastojen suunnittelu. Helsinki: Rastor.
- PSK 6501. 1996. Teollisuuden tavaroiden nimikeohjeet. Helsinki: Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus. Viitattu 25.1.2015. <http://www.jamk.fi/kirjasto>. Nelli-portaali, PSK Standardit.
- PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2.p. Helsinki: Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus. Viitattu 25.1.2015. <http://www.jamk.fi/kirjasto>. Nelli-portaali, PSK Standardit.
- Puoliväli, A. 2015. Toimitusjohtaja. Aksulit Oy. Haastattelu 3.2.2015.
- Rahim, M.A. & Ben-Daya, M. 2001. Integrated models in production planning, inventory, quality and maintenance. Boston (Mass.): Kluwer Academic.
- Rauhala, M. 2011. Osta oikein, ansaitse enemmän. Helsinki: Talentum.

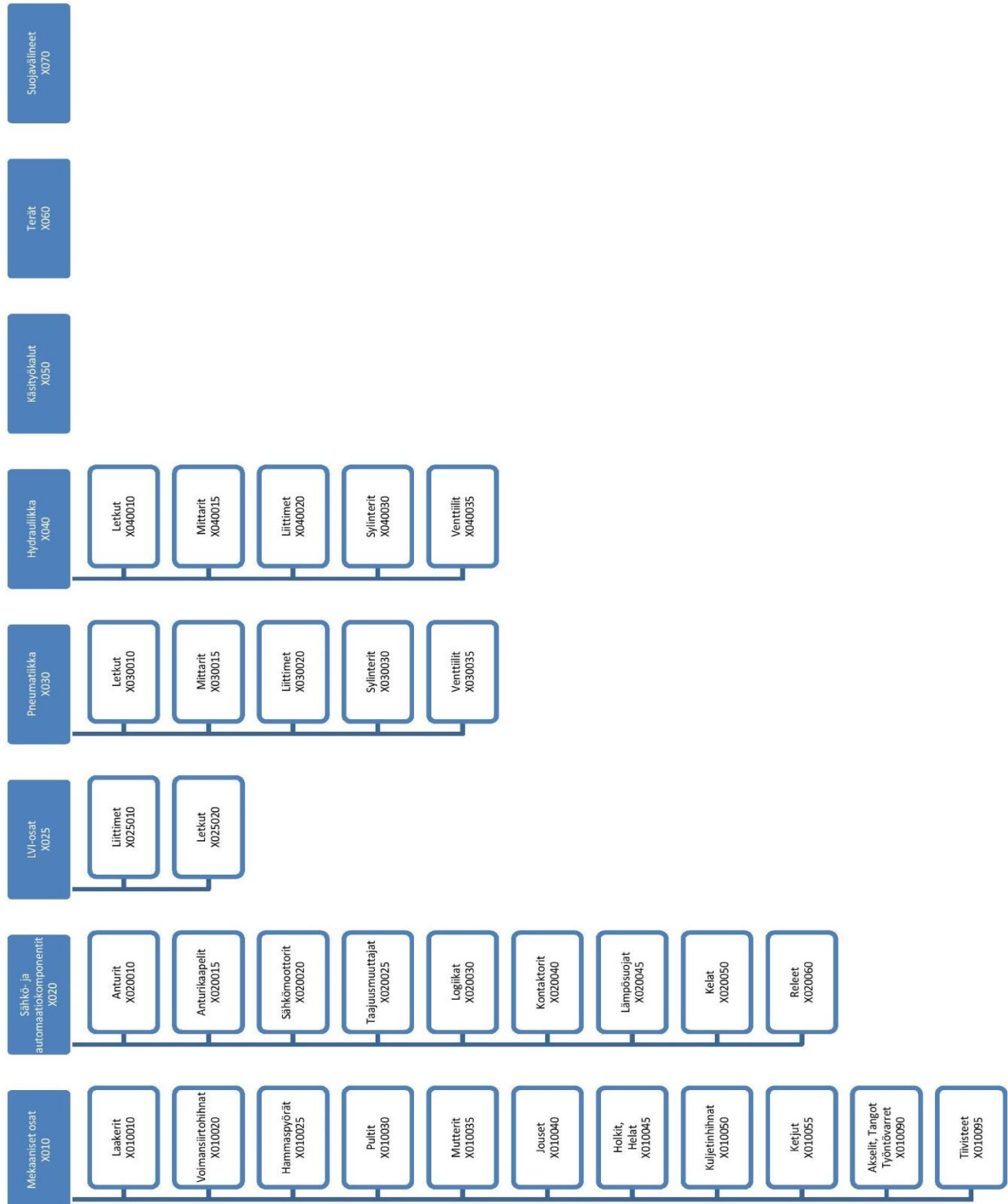


- Rautiainen, J. 2015. Tuotantopäällikkö. Tikka Spikes Oy. Haastattelu 27.2.2015.
- Sakki, J. 1986. Käytännön materiaalin ohjaus kaupassa ja teollisuudessa. Espoo: Weilin+Göös.
- Sakki, J. 2003. Tilaus-toimitusketjun hallinta. 6. uud. p. Espoo: Jouni Sakki.
- Salmivuori, J. 2010. Vaihto-omaisuuden hallinta pk-yrityksessä käytännönläheisesti. Helsinki: Helsingin kamari.
- SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 2.p. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Viitattu 24.1.2015. <http://www.jamk.fi/kirjasto>, Nelli-portaali, SFS online.
- SFS-IEC 60300. 2001. Luotettavuuden hallinta. Toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Viitattu 15.2.2015. <http://www.jamk.fi/kirjasto>, Nelli-portaali, SFS online.
- Sinivaara, M. 2015. Käynninvarmistaja. Tikka Spikes Oy. Haastattelu 17.2.2015.
- Smith, A. & Hinchcliffe, G. 2004. RCM Gateway to world class maintenance. Amsterdam: Butterworth-Heinemann.
- Sutinen, M. 1998. Kaikki mitä olet halunnut tietää yritystoiminnasta, mutta et ole tiennyt keneltä kysyä. 8. uud. p. Kuopio: Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu.
- Sutinen, M. & Antikainen, A. 1996. PK-yrittäjän käsikirja. Helsinki: Kauppakaari.
- Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. Tuotetiedon hallinta – PDM. Helsinki: Satku.
- Tikka Spikes Oy. 2014. Yritysesittely Tikka Spikesin intranetissä 22.5.2014. Viitattu 15.10.2014.
- Tompuri, V. 2010. Mobiilikunnossapito lisää tuottavuutta. Energia 9, 26–27.
- Tuukkanen, H. 2014. Opettaja. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Kunnossapidon kustannus seuranta opintojaksolla Kunnossapidon toiminnanohjaus Jyväskylän ammattikorkeakoulun virtuaaliympäristössä. Viitattu 14.1.2015 <http://www.optima.jamk.fi>.
- Valli, K. 1986. Tyhjiötekniikan fysikaalisia perusteita. Julkaisussa: Tyhjiötekniikka. Helsinki: Insinööritieto.
- Vierimaa, K. 2011. Jauhemetallurgiset valmistusmenetelmät. Julkaisussa: Valmistustekniikka. 14. p. Helsinki: Otatieto.
- Vilpola, I., Kouri, I. 2006. Toiminnanohjausjärjestelmän hankinta C-CEI-menetelmän avulla. Helsinki: Teknologiatieto Teknova.
- Vehanen, A. 1986. Pumput. Julkaisussa: Tyhjiötekniikka. Helsinki: Insinööritieto.

Wireman, T. 1998. Developing performance indicators for managing maintenance. New York: Industrial Press, Inc.

# LIITTEET

## Liite 1. Tikka Spikes Oy:n nimikehierarkia



## Liite 2. Pikaohje Poweredin käyttöön

## OHJE POWEREDIN KÄYTTÖÖN

## 1. Varasto-oton tekeminen

The screenshot shows the 'Tikka sp Pow 2013 TUOTANTO' application. The main window is titled '05. Varasto' and contains a 'Varasto-otto oma käyttö' form. A search window titled 'Etsi Varasto' is open on the right, displaying a table of warehouse items.

The search window table contains the following data:

Nimiketunnus	Var	Erätunniste	La	Varasto	Varastopaik.
B030		106207		10PV	PV
B030		106208		10PV	PV
B030		106208		10Trans	InTransit
B030		106209		10PV	PV
B030		106209		10Trans	InTransit
B030		106257		10PV	PV
B030		106257		10Trans	InTransit
B030		13003-20		10PV	PV
B030		13003-21		10PV	PV
B030		4116		10PV	PV
B030		4117		10PV	PV
B030		4117		10Trans	InTransit
B030		4118		10PV	PV
B030		4119		10PV	PV
B030		4119		10PV_Karani	Karani
B037/B				10RT	RT
B037/B		12046-9		10PV	PV
B037/B		12083-13*		10PV	PV
B037/B		12083-14		10PV	PV

The main form has the following fields and controls:

- 1:** '05. Varasto' in the left sidebar.
- 2:** 'Varasto-otto oma käyttö' in the sidebar.
- 3:** Magnifying glass icon to enlarge the form.
- 4:** 'Nimiketunnus' dropdown menu.
- 5:** 'Määrä' input field.
- 6:** 'Käyttötarkoitus' dropdown menu.
- 7:** 'Selite' input field.
- 8:** Save icon (floppy disk) to save the withdrawal.

1. Valitse sivuvalikosta 05. Varasto
2. Valitse avautuvasta valikosta "Varasto-otto oma käyttö" tuplaklikkaamalla
3. Paina suurennuslasi-kuvaketta
4. Valitse avautuvasta valikosta "Nimiketunnus"-tietokenttä aktiiviseksi. Lue viivakoodilukijalla halutun varaosan viivakoodi.
5. Kirjoita "Määrä"-tietokenttään monta kappaletta varaosaa otat.
6. Valitse "Käyttötarkoitus"-tietokenttään, mille tuotantokoneelle varaosa otetaan. Esim. koneelle 114 valitaan numero 114.
7. "Selite"-tietokenttään voit antaa lisätietoa varaosan tarpeesta. Esim. "Vaihdettu vuosihuollon yhteydessä"
8. Lopuksi tallenna varasto-otto painamalla levykkeen kuvaa. Kun varasto-otto tallentuu onnistuneesti, kaikki tietokentät muuttuvat tyhjiksi.

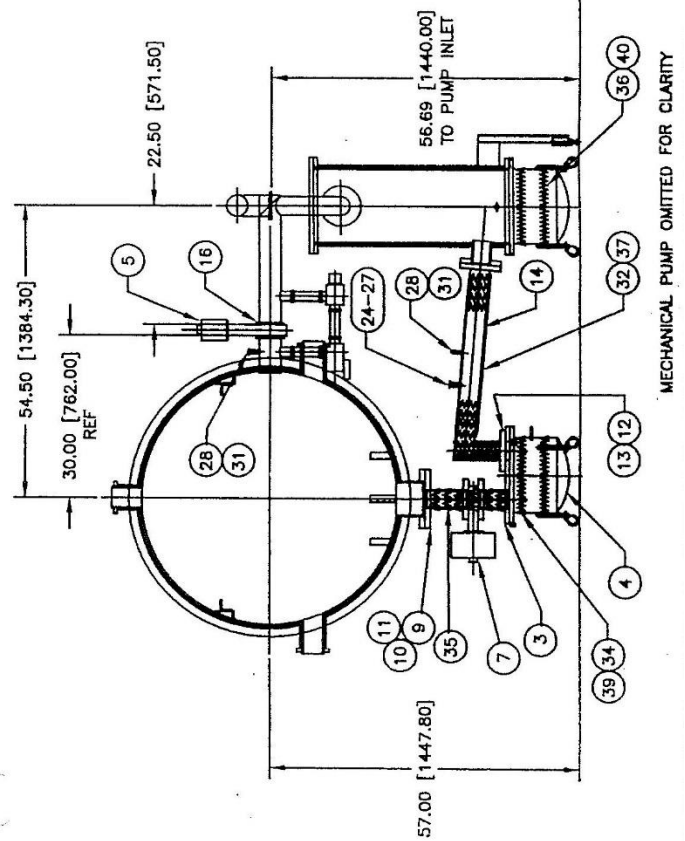
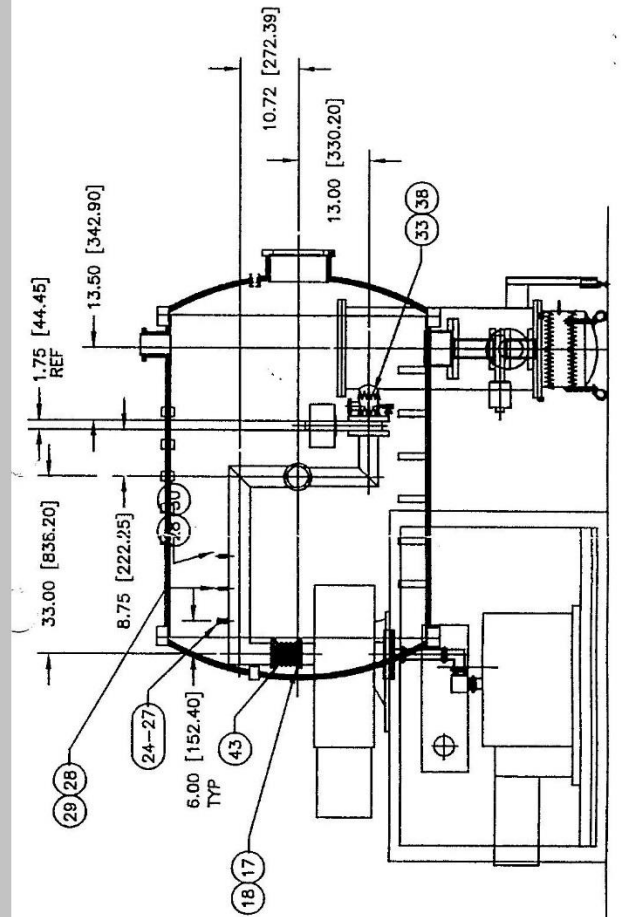
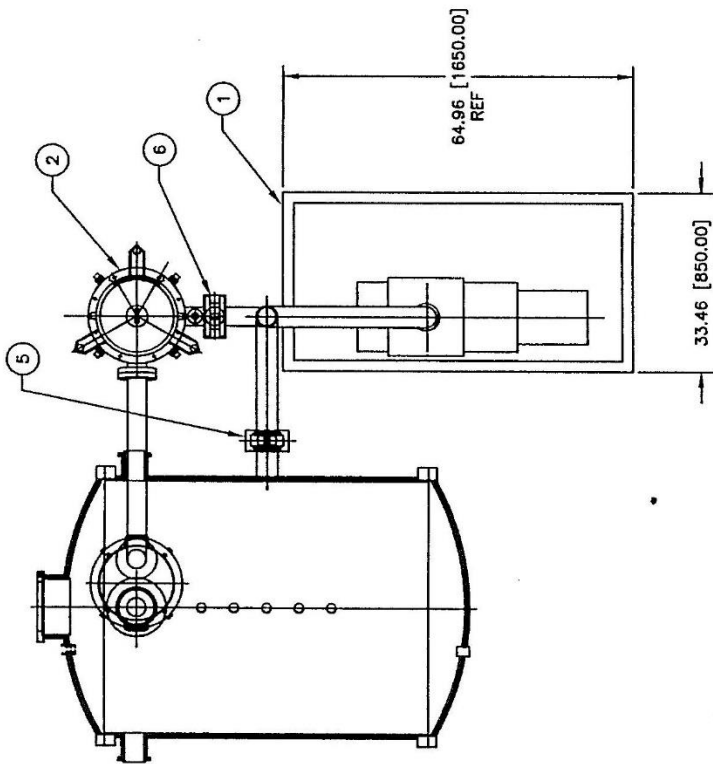
## 2. Nimikkeen etsiminen varastosta

The screenshot shows the 'Tikka sp Pow 2013 TUOTANTO' application. The left sidebar has '06. Tuotehallinta' selected (1). The top navigation bar has 'Nimike' selected (2). The toolbar has a magnifying glass icon (3). A search window 'Selailu' is open, showing a table with two rows. The second row is selected: 'X010030106 Varmuusputti - M12 - 9075873.4.01' (4). The main window shows the 'Perustiedot' and 'Ohjaukset' sections for the selected item. The 'Saldot' button in the toolbar is highlighted (5).

1. Valitse valikosta 06. Tuotehallinta
2. Valitse avautuvasta valikosta "Nimike" tuplaklikkaamalla
3. Paina suurennuslasin kuvaa "Selailu"-ikkunan avaamiseksi
4. Kirjoita hakusana "Nimikkeen nimi"-tietokenttään. Käytä muotoa \*hakusana\*. Valitse oikea varaosa hakutuloksista.
5. Varastosaldon ja hyllypaikan näkee vaihtamalla "Saldot"-välilehdelle.

Liite 3. Tyhjiösintrausuunin yleiskuva

Peitetty salassapitosopimuksen perusteella



MECHANICAL PUMP OMITTED FOR CLARITY

## Liite 4. ECM-analyysin vaihe A

1	2	3	4	5	6	7
<b>Nykyinen ennakkohuolto-toimenpide</b>	<b>Komponentin nimi</b>	<b>Vikamuoto johon ennakkohuolto kohdistuu</b>	<b>Kuvaa vian vaikutukset, jos mahdollista</b>	<b>Onko EH-toimenpide tehokas?</b>	<b>Säilytetäänkö toimenpide, sallitaanko vikaantumisen vai muutetaanko toimenpidettä?</b>	<b>Kuvaa muutokset EH-toimenpiteeseen ja intervalliin</b>
Vahapyttyjen puhdistus ja tiivisteen kunnon tarkastaminen	Vahapytty 1 ja vahapytty 2	Vahalinja tukkeutunut	Uuni ei saavuta tyhjiötä. Sintrausprosessia ei voida aloittaa tai se keskeytyy	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Intervallina säilytetään yksi ajokierto
Vahapytty 1:n ja 2:n välisen putken (pohjaputken) puhtauden varmistaminen	Pohjaputki	Vahalinja tukkeutunut	Uuni ei saavuta tyhjiötä. Sintrausprosessia ei voida aloittaa tai se keskeytyy	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Intervallina säilytetään yksi ajokierto
Pumpunsuojasihdin vaihto puhdistettuun sihtiin	Pumpunsuoja-verkkosihti vahalinjassa	Pumpun öljyyn sekoittunut parafiiniä	Pumpun kiinnileikkautuminen. Pumppu ei tuota tyhjiötä. Sintrausprosessi keskeytyy	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Intervallina säilytetään yksi ajokierto
Ovitiivisteen putsaus ja vastinpintojen tarkastus	Tyhjiöuunin panostusovi	Uunissa vuoto	Tarvittavaa tyhjiötä ei saavuteta. Sintrausprosessi epäonnistuu.	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Intervallina säilytetään yksi ajokierto
Uunin sisustan kammion silmämääräinen tarkastus	Uunin vastukset	Vastus oikosulussa uunin runkoon	Vastukset oikosulussa uunin runkoa vasten. Vastukset palavat käyttökelvottomiksi. Valokaari.	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Intervallina säilytetään yksi ajokierto
Työlaatikon ja kammion välisen paine-eromittarin putken puhdistaminen	Työlaatikon ja kammion välinen paine-ero mittari	Putki tukkeutunut	Työlaatikon paine ei hallinnassa. Sintrausprosessi ei hallinnassa	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Intervallina säilytetään yksi ajokierto
Merkkivalojen tarkastaminen	Uunin ohjauskeskus	Venttiilit eivät avaudu	Operaattorit seuraavat sintrausprosessia ohjauskaapin merkkivaloista. Sintrausprosessi mahdollisesti epäonnistuu, jos prosessi ei hallinnassa	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Intervallina säilytetään yksi ajokierto
Tyhjiöpumpun öljyn vaihtaminen	Leybold-mäntä-pumppu	Öljyyn sekoittunut parafiiniä	Pumpun kiinnileikkautuminen. Pumppu ei tuota tyhjiötä. Sintrausprosessi keskeytyy	Kyllä	Toimenpidettä muutetaan	Öljynvaihdon intervalliksi muutetaan yksi viikko.
Vahatornin puhdistus	Vahatorni	Kaasunpesuri tukkeutunut	Vahalinja tukkeutunut. Uuni ei saavuta tyhjiötä. Sintrausprosessi keskeytyy tai ei voida aloittaa	Kyllä	Toimenpidettä muutetaan	Intervalliksi muutetaan kolme kuukautta

Kaasunpesu- nappuloiden vaihto	Vahatorni	Kaasu ei peseidy	Parafiiniä pääsee tyhjiöpumppuun. Pumpun kiinni- leikkautuminen. Pumppu ei tuota tyhjiötä. Sintraus- prosessi keskeytyy	Kyllä	Toimenpidettä muutetaan	Intervalliksi muutetaan kolme kuukautta
Vahatornin yläputken lähdön putsaus	Vahatorni	Kaasunpesuri tukkeutunut	Vahalinja tukkeutunut. Uuni ei saavuta tyhjiötä. Sintrausprosessi keskeytyy tai ei voida aloittaa	Kyllä	Toimenpidettä muutetaan	Intervalliksi muutetaan kolme kuukautta
Vahatornin alaputken tulon putsaus	Vahatorni	Kaasunpesuri tukkeutunut	Vahalinja tukkeutunut. Uuni ei saavuta tyhjiötä. Sintrausprosessi keskeytyy tai ei voida aloittaa	Kyllä	Toimenpidettä muutetaan	Intervalliksi muutetaan kolme kuukautta
Työlaatikon ja vahapytty 1:n välisen putken puhdistus	Vahalinja	Vahalinja tukkeutunut	Uuni ei saavuta tyhjiötä. Sintrausprosessi keskeytyy tai ei voida aloittaa	Kyllä	Toimenpidettä muutetaan	Intervalliksi muutetaan kolme kuukautta
Vastuksien samansuuntaisuuden tarkastaminen kasaamisen jälkeen	Vastuskehä	Vastus poikki	Vastus rakenteellisesti jännittynyt. Vastus katkeaa lämmetessä. Valokaari. Sintrausprosessi keskeytyy.	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Tarkastus suoritetaan aina työlaatikon kasaamisen yhteydessä.
Vastusten rakenteellisen jännitteettömyyden tarkastaminen	Vastusputket	Vastus poikki	Vastus katkeaa lämmetessä. Valokaari. Sintrausprosessi keskeytyy.	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Tarkastus suoritetaan aina työlaatikon kasaamisen yhteydessä.
Vastuskehien ilmavälin tarkastus	Vastuskehä	Vastuskehät oikosulussa	Valokaari. Vastuskehät vaurioituvat käyttökelvottomiksi. Sintrausprosessi keskeytyy	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Tarkastus suoritetaan aina työlaatikon kasaamisen yhteydessä.
Työlaatikon saumojen tiiveyden tarkastus	Työlaatikko	Työlaatikko ei tiivis	Työlaatikon paine ei pysy hallinnassa. Sintrausprosessi mahdollisesti epäonnistuu	Kyllä	Toimenpide säilytetään	Tarkastus suoritetaan aina työlaatikon kasaamisen yhteydessä.



## Liite 5. ECM-analyysin vaihe B

1	2	3	4	5	6	7	8
Korjaus päivämäärä	Komponentin nimi	Korjaus-toimenpiteen kuvaus	Vikamuoto	Vian syy	Vian vaikutuksen kuvaus	Vian vaikutus vaatii EHToimenpiteen (K/E)	Kuvaa uutta tai muutettua EHToimenpidettä
14.10.2014	Roots-pumppu	Roots pumpun mekaaninen puhdistaminen	Pumpun lamellit jumiutuneet	Parafiini tukkinut pumpun lamellit	Uuni ei saavuta riittävää tyhjiötä. Sintrausprosessi epäonnistuu	Ei	Vika vaikea tai mahdoton ennakoida
-	Vahalinjan ensimmäinen venttiili (Pohjaventtiili)	Venttiili käännetään käsiohjauksella oikeaan asentoon	Jumiutunut venttiili	Parafiini tukkinut venttiilin	Uuni ei saavuta riittävää tyhjiötä. Sintrausprosessi epäonnistuu	Kyllä	Venttiilin puhdistus / tarkastus 3 kk huollon yhteydessä
-	Vahatornin vedenkierron venttiilit	Venttiili käännetään käsiohjauksella oikeaan asentoon	Jumiutunut venttiili	Vikamuotoa ei selvitetty	Vahatorni ei lämpene. Vahatorni voi tukkeutua. Sintrausprosessi voi keskeytyä	Ei	Vika vaikea tai mahdoton ennakoida
10.12.2014	Lämpöanturi	Lämpöanturin vaihtaminen	Lämpötilansäädin näyttää hyvin suuria (>3000) lukemaa	Lämpöanturi haurastunut ja katkennut vanhetessaan	Vara-anturi käytössä. Sintrausprosessin lämpötila ei hallinnassa. Sintrausprosessi epäonnistuu.	Kyllä	Anturin vikaantumisen ja ryhdytään keräämään tietoa. Ennakoiva huolto mahdollista tulevaisuudessa
2.2.2015	Lämminvesivaraaja	Lämpötilan säätimen säätö	Lämmitysvesi ei tarpeeksi lämmintä	Lämpötilansäädin unohtanut asetusarvon sa sähkökatkon johdosta.	Vahatornin tukkeutumismahdollisuus. Sintrausprosessi epäonnistuu	Ei	Vikaa mahdoton ennakoida.
12.8.2014	Vahapytty	Vahapytyn pesu ja uudet kaasun pesunappulat	Vahatorni tukossa	Parafiini kertynyt kaasun pesunappuloihin ja vahatorniin	Uuni ei saavuta riittävää tyhjiötä. Sintrausprosessi epäonnistuu	Kyllä	Vahatornin säännöllinen puhdistus ja kaasunpesumateriaalin vaihtaminen puhtaisiin. 3 kk intervalli.
14.8.2014	Mäntäpumppu	Venttiileiden vaihto. Öljyn vaihto	Mäntäpumppu kuumenee	Öljy sakkautunut	Mäntäpumpun mahdollinen kiinnileikkautuminen. Uunin tyhjiön menettäminen. Sintrausprosessi keskeytyy.	Kyllä	Mäntäpumpun öljyn vaihto yhden viikon intervallilla. Venttiilien vaihto vuosihuollossa
26.1.2015	Paineanturi	Anturin vaihto uuteen ja kaikkien painelähettimien testaus.	Kammion painemittaus näyttää väärää lukemaa	Paineanturin mittapäähän kertyy parafiiniä. Puhdistus ei onnistu	Uuni ei saavuta riittävää tyhjiötä. Sintrausprosessi epäonnistuu	Kyllä	Paineantureiden testaus ja kalibrointi 3 kk huollon yhteydessä

28.1.2015	Työlaatikko	Työlaatikon purkaminen ja liitosten uudelleen rakentaminen tiiviksi. Työlaatikkoon vaihdetaan uudet grafiittilevyt.	Matalapaineajo ei toimi	Työlaatikon tiiveys pettänyt vanhetessaan	Työlaatikon paine ei hallinnassa. Sintrausprosessi ei hallinnassa. Sintrausprosessi mahdollisesti epäonnistuu	Kyllä	Työlaatikon irroitus kammioista ja tiiveyden tarkastaminen 3 kk huollossa.
Kesä 2013	Magneettiventtiilit	Venttiilien vaihto/puhdistus	Venttiilit jumittavat	Paineilmaverkossa vettä	Sintrausprosessi ei hallussa.	Kyllä	Paineilmaverkko on kuivauksen tarkastaminen. Ei kuulu uunin huolto-ohjelmaan vaan kompressorin huoltoon.
-	Vastuksen läpivienti	Läpiviennin vaihto	vastuksen virran arvo heittelee	läpivienti sulanut. kuonan kerryttyä läpivientiin	Sintrausprosessi ei hallussa.	Kyllä	Uunin kammion ja vastusten läpivientien puhdistus vuosittain
-	jäähdytyspuhaltimen tuloventtiili	venttiilini tiivisteiden vaihto	venttiili jumiutui	tiiviste haurastunut	Uuni ei saavuta tyhjiötä. Sintrausprosessi ei mahdollista.	Ei	Vika vaikea tai mahdoton ennakoita
-	työlaatikon ovi	sulkupaineen paineen säätö	ovi ei sulkeudu	sylinterin voima ei riittävä. Paine säädetty liian pieneksi.	Työlaatikkoo ei voida sulkea. Sintrausprosessi mahdollisesti epäonnistuu.	Kyllä	Oikean paineen säätäminen. Oikean säätötekniikan opettaminen
-	Tyristorisäädin	Ohjelmakortin vaihto	Vastukset ei lämpene	Tyristorisäätimen ohjainkortti vioittunut	Uuni lämpene. Sintrausprosessi ei mahdollinen.	Ei	Vika esiintynyt kerran 20 vuoden aikana. Ei mahdollista ennakoita
13.8.2014	Ohjauslogiikka	Lähtömodulin vaihto	Toimilaitteet eivät ohjaudu	Logiikan lähtömoduli vikaantunut	Sintrausprosessi ei hallittavissa	Ei	Vika esiintynyt kerran 20 vuoden aikana. Ei mahdollista ennakoita
-	Kiertovesipumppu	Pumpun vaihto	Vesi ei kierrä vahatornissa	Pumpun juoksupyörä kulunut/jumiintunut	Vahatorni tukkeutuu. Sintrausprosessi epäonnistuu	Ei	Vika esiintynyt kerran 20 vuoden aikana. Ei mahdollista ennakoita
kevät 2014	Oven rajakytkin	Rajakytkimen säätö	Sintrausohjelman logiikan ohjelma ei käynnisty	Ovirajakytkin liian kaukana.	Ohjelmalla ei lupaa käynnistyä, sillä ei tietoa oven kiinnioloista. Sintrausprosessia ei voida aloittaa.	Kyllä	Ovirajan säädön tarkastus 3 kk huollossa

## Liite 6. ECM-analyysin vaihe C

1	2	3	4	5
Komponentin nimi	Mahdollinen vikamuoto	Vian syy	Vian vaikutusten kuvaus	Uuden EH-toimenpiteen ja intervallin kuvaus
Lämminvesivaraaja	Vesivaraajan vesi liian vähissä.	Vesi haihtuu tai vuotaa pois järjestelmästä	Vahatorni ei lämpene. Kaasupesuri tukkeutuu. Uuni ei saavuta tyhjiötä. Sintrausprosessi keskeytyy	Vesivaraajan vesimäärän tarkistus viikoittain.
Tyhjiöanturit	Anturin arvo poikkeaa todellisesta paineesta	Anturin säädöt muuttuneet	Sintrausyhjiön todellinen paine poikkeaa halutusta. Sintrausprosessi epäonnistuu.	Kalibrointi ja tarkastus 3 kk välein
Mäntäpumpun venttiilikoneisto	Venttiilit jumiutuvat	Venttiileihin kertynyt parafiiniä	Venttiilit jumiutuvat. Pumppu ei tuota tyhjiötä. Sintrausprosessi keskeytyy	Venttiileiden vaihto vuosittain
Ovenavausjärjestelmä	Ovi ei avaudu	Öljy vuotanut pois järjestelmästä	Oven avausventtiilit eivät avaudu. Ovi pitää avata mekaanisesti.	Öljyn määrän tarkistus vuosittain
Uunin kammio	Vastusten läpiviennit oikosulussa	Uunin kammioon kertynyt kuona-aineita.	Vastusten läpiviennit oikosulussa. Valokaari. Läpiviennit sulavat käyttökelvottomiksi	Uunin kammion mekaaninen puhdistaminen vuosittain
Uunin kammio	Vastuskehien ilmavälin tarkastaminen	Vastuskehät vääntyneet. Ilmaväli ei riittävä eristämään	Vastuskehät oikosulussa. Valokaari. Vastuskehät rikkoutuvat käyttökelvottomiksi	Vastuskehien ilmavälin tarkastaminen 3 kk välein
Ohjauskaapin merkkivalot	Merkkivalon polttimo palanut	Polttimon elinikä täynnä	Käyttäjä ei voi tarkkailla venttiilien toimintaa. Sintrausprosessi epäonnistuu, mikäli esim. venttiilit eivät avaudu.	Merkkivalojen polttimoiden tarkastaminen. Mahdollisesti tarkastuskytkimen rakentaminen. (FF)
Pohjaventtiili	Tiiviste vuotaa	Tiiviste palanut/kulunut	Uunissa vuoto. tarvittavaa tyhjiötä ei saavuteta. Sintrausprosessi epäonnistuu	Tiivisteiden kunnon tarkastaminen työlaatikon purun yhteydessä (3 kk)
UPS	UPS:sa ei jännitettä	Akku vanhentunut/purkautunut	Sähkökatkon tullessa ohjauslogiikka sammuu	UPS akkujen silmämääräinen tarkastus sekä jännitteen koeistus vuosittain. (FF)

## Liite 7. Tyhjiösintrausuunin ennakkohuolto-ohjelma

Intervalli	Suorittaja	Komponentti	Huoltotoimenpide	OK	Huom.
yksi ajokierto	oper.	Vahapytty 1 ja 2	Vahapyttyjen puhdistus ja tiivisteiden kunnan tarkastaminen		
yksi ajokierto	oper.	Pumpunsuojasihti	Sihdin vaihto puhdistettuun		
yksi ajokierto	oper.	Uunin kammio	Silmämääräinen tarkastus		
yksi ajokierto	oper.	Etuoven tiiviste	Ovitiivisteiden putsaus ja vastinpintojen tarkastus		
yksi ajokierto	oper.	Ohjauskaappi	Merkkivalojen toimivuuden tarkastaminen		
yksi ajokierto	oper.	Työlaatikon ja kammion välinen paine-eromittari	Paine-eromittarin putken tarkastus/ puhdistus		
1 vko	kunnossapito	Mäntäpumppu	Mäntäpumpun öljyn vaihto		
1 vko	kunnossapito	Vesivaraaja	Vesivaraajan veden määrän tarkastaminen		
3 kk	kunnossapito	Vahatorni	Vahatornin kaasunpesunappuloiden vaihto		
3 kk	kunnossapito	Vahatorni	Vahatornin mekaaninen puhdistaminen		
3 kk	kunnossapito	Vahatornin lähtöputki	Vahatornin lähtöputken mekaaninen putsaus		
3 kk	kunnossapito	Vahatornin tuloputki	Vahatornin tuloputken mekaaninen putsaus		
3 kk	kunnossapito	Työlaatikko	Työlaatikon purku ja työlaatikon saumojen tiiveyden tarkastaminen		
3 kk	kunnossapito	Vastuskehä	Vastuskehän ja vastusten kunnan silmämääräinen tarkastaminen		
3 kk	kunnossapito	Vahalinja	Vahalinjan mekaaninen puhdistus uunin kammion ja vahapytty 1:n väliltä		
3 kk	kunnossapito	Vastukset	Vastusten rakenteellisen jännitteettömyyden ja vastuskehien samansuuntaisuuden tarkastaminen työlaatikon kasauksessa		<b>Huom! Suoritettava erittäin huolellisesti</b>

3 kk	kunnossapito	Vastuskehä	Vastuskehien riittävän ilmavälin (10 mm) tarkastaminen		<b>Huom! Suoritettava erittäin huolellisesti</b>
3 kk	kunnossapito	Pohjaventtiili	Tiivisteiden kunnan tarkastaminen työlaatikon purun yhteydessä		
3 kk	kunnossapito	Ovirajakytkin	Ovirajakytkimen säädön tarkastaminen		
3 kk	kunnossapito	Tyhjiöanturit	Tyhjiöantureiden silmämääräinen tarkastaminen ja kalibrointi		
1 vuosi	kunnossapito	Mäntäpumppu	Venttiilien vaihto/hionta		
1 vuosi	kunnossapito	Oven hydraulijärjestelmä	öljyn määrän tarkastaminen		
1 vuosi	kunnossapito	Uunin kammio	Uunin kammion mekaaninen puhdistaminen ja vastusten läpivientien tarkastaminen		
1 vuosi	kunnossapito	UPS	UPS:n akkujen silmämääräinen tarkastaminen ja akkujen jännitteen koeistus		