



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

KIMMO PENTTINEN
TUOTANNONSEURANTA- JA RAPORTOINTIJÄRJESTELMÄN
KEHITTÄMINEN
Diplomityö

Tarkastaja: professori Seppo Torvi-
nen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 6. maaliskuuta
2013

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

PENTTINEN, KIMMO: Tuotannonseuranta- ja raportointijärjestelmän kehittäminen

Diplomityö, 91 sivua, 20 liitesivua

Toukokuu 2013

Pääaine: Factory Automation

Tarkastaja: professori Seppo Torvinen

Avainsanat: Tuotannonseuranta, Raportointi, Tuotannon kokonaistehokkuus, OEE, Kunnossapito, Ongelmanratkaisumenetelmät, tunnusluvut, automaattinen tiedonkeruu

Tuotannonseurantajärjestelmän avulla kerätään arvokasta dataa tuotantolaitteilta. Sen avulla voidaan tarkkailla tuotteiden ja tuotannon laatua sekä tuotannon suorituskykyä ja aikalajeja. Etenkin automaattisen tiedonkeruun yhteydessä kerätyn tiedon perusominaisuuksien ymmärtäminen on tärkeää, jotta sitä voidaan käyttää tehokkaana takaisinkytkentänä tuotannon- ja kunnossapidon perusrutiineissa. Tässä työssä tutkitaan ja korjataan meijerin pakkaamon tuotannonseurantajärjestelmän tiedonkeruuta, sekä kehitetään raportointiohjelmistoa olemassa olevan järjestelmän ja havaittujen tarpeiden pohjalta.

Työ jakautuu kirjallisuustutkimusosaan ja käytännön työtä ja ratkaisuja esittelevään osioon. Kirjallisuustutkimusosassa perehdytään ensiksi kunnossapidon vaikutuksiin ja erilaisiin kunnossapitostrategioihin, joiden tukena tuotannonseurantajärjestelmän tarjoamia tunnuslukuja voidaan hyödyntää. Tämän jälkeen käsitellään tunnuslukujen keräämistä, erilaisia tuotannon- ja kunnossapidon tunnuslukuja, sekä joitakin ongelmanratkaisu- ja analysointimenetelmiä. Käytännön osiossa esitellään lyhyesti meijerin tuotantoympäristö ja laitteiston nykytila sekä havaitut ongelmat ja kehityskohteet. Lopuksi esitellään järjestelmään toteutetut korjaukset ja ratkaisut sekä jatkokehitysmahdollisuuksia.

Työn tuloksena useimmat järjestelmää vaivanneet vikaepäilyt saatiin paikallistettua ja korjattua sekä järjestelmän tunnuslukujen muodostuminen ja tarkat ominaisuudet selvitettiin. Meijerille kehitettiin vanhan järjestelmän pohjalta raportointijärjestelmä tuotannon kokonaistehokkuuden (Overall Equipment Efficiency, OEE) monipuoliseen seurantaan. Järjestelmän avulla voidaan paikallistaa paremmin tuotannon pullonkauloja ja seurata häiriötietoja sekä trendien kehitystä. Myös tuotannon työntekijöiden omaan seurantaan kehitettiin ominaisuuksia, joiden avulla oikeellisen tiedon kirjaamisen merkitystä korostuu. Järjestelmän avulla vältetään myös käsin tehtävää kirjanpitoa ja laskentaa, sekä raporttien kokoamiseen käytettyä aikaa.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Automation Technology

PENTTINEN, KIMMO: Developing production monitoring and reporting system

Master of Science Thesis, 91 pages, 20 Appendix pages

May 2013

Major: Factory Automation

Examiner: Professor Seppo Torvinen

Keywords: production monitoring, Reporting, Overall Equipment Efficiency, OEE, Maintenance, Problem solving methods, Key performance indicators, Automated data collection

Production monitoring system is used to collect valuable data from production assets. It can be used to monitoring the quality of products and production, production performance and usage of production time. Understanding the characteristics of data is especially important when using automated data collection. This data can be then used as a powerful loopback to daily routines of production and maintenance. In this thesis work, the data collection of a packing department in a dairy is inspected and corrected. The reporting software is also developed based on the existing system and detected needs.

The work is divided in a literal part and a practical part. The literal part discusses about effects of maintenance and different maintenance strategies which can be used with the performance indicators gathered by the production monitoring system. After this gathering of data, some problem solving and analysis methods and performance and maintenance indicators are discussed. Practical part of this thesis introduces the production environment of a dairy and the current state of the production monitoring system as well as detected problems and development needs. The final part outlines the corrections and solutions made on the system. Also recommendations for future improvements are expressed.

As a result of the work, most of the suspected faults were localized and fixed and the characteristics of data collection were clarified. A reporting system for versatile monitoring of overall equipment efficiency (OEE) was developed based on the existing system. New system allows easy localization of production bottlenecks, following failure data and development of trends. Some features were developed also for the use of production personnel to inspect their own work to underline the importance of logging correct information. Overall the system helps to avoid lots of manual accounting and calculations and saves time spent on forming various reports by hand.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Hämeenlinnan osuusmeijerille, joka on maidontuottajien omistama osuuskuntamuotoinen yritys. Hämeenlinnan osuusmeijeri toimii yhteistyössä Arla Ingmanin kanssa. Hämeenlinnan osuusmeijerillä pakataan ja jalostetaan raakamaidosta erilaisia maito-, piimä- ja kermatuotteita. Työn tarkastajana on toiminut TTY:n tuotantotekniikan laitoksen professori Seppo Torvinen ja ohjaajana Hämeenlinnan osuusmeijerin tehdaspalvelupäällikkö Ari Tornberg. Työn tekemisessä on ollut apuna kohdejärjestelmän aikanaan toteuttanut automaatio suunnittelija Risto Lehtomaa FAP Automation OY:stä sekä meijerin PLC-ohjauksista vastaava laitoshuoltaja Tapio Hile.

Haluan kiittää Hämeenlinnan osuusmeijeriä mielenkiintoisesta työstä, joka on myös opettanut minulle paljon. Lisäksi haluan kiittää tietenkin työni tarkastajaa Seppo Torvista hyvistä ja innostavista neuvoista sekä myös työn ohjaajaa Ari Tornbergiä. Erityiskiitokset haluan myös osoittaa Tapio Hileelle, joka on osoittanut suurta mielenkiintoa työtäni kohtaa ja avustanut käytännön toteutuksissa.

Kiitoksen ansaitsevat myös perhe, avopuoliso ja ystävät, joiden ansiosta opiskeluaika on ollut mielekästä.

Tampereella 14. päivänä toukokuuta 2013

Kimmo Penttinen

SISÄLLYS

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimusongelma ja työn tavoitteet.....	1
1.2	Käytetyt menetelmät	1
1.3	Työn rajaus.....	2
1.4	Työn rakenne.....	2
2	Kunnossapito.....	3
2.1	Kunnossapidon vaikutus tuottavuuteen.....	3
2.1.1	Varainhallinta.....	5
2.1.2	Total Cost of Ownership.....	7
2.2	Kunnossapitostrategiat	7
2.2.1	Vikaantumisen ja määritelmät.....	8
2.2.2	Korjaava kunnossapito.....	9
2.2.3	Ehkäisevä kunnossapito	9
2.2.4	Kunnonvalvontaan perustuva ennakkohoolto.....	11
2.2.5	Ennakoiva kunnossapito	12
2.3	Toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito	15
2.4	Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito.....	20
3	Käyttövarmuuden ja kunnossapidon tunnusluvut	22
3.1	Tunnuslukujen kerääminen	22
3.1.1	Automaattinen tiedonkeruu.....	23
3.1.2	Tietojen syöttäminen käsin	24
3.2	Häiriönseuranta ja kunnossapidon suorituskyvyn arviointi	24
3.2.1	Toimintavarmuus, MTBF	25
3.2.2	Keskimääräinen korjauksen odotusaika MWT.....	25
3.2.3	Korjausaika, TTR, MTTR	26
3.2.4	Keskimääräinen seisokkiaika, MDT	26
3.2.5	Asetusaika.....	26
3.3	Tuotannon kokonaistehokkuus, OEE.....	27
3.3.1	OEE:n mittaaminen.....	29
3.3.2	Käytettävyys, A	29
3.3.3	Suorituskyky, P.....	30
3.3.4	Laaduntuotto, Q	31
3.4	Tunnuslukujen analysointi- ja ongelmanratkaisumenetelmät.....	31
3.4.1	Luotettavuuslaskenta	32
3.4.2	Pareto-analyysi.....	33
3.4.3	Porautumisanalyysi.....	35
3.4.4	5W, Five whys	36
3.4.5	Kalanruotokaavio.....	37
3.4.6	Vikapuuanalyysi	38
3.4.7	Vika-vaikutus -analyysi	39
3.4.8	Juurisyyanalyysi.....	40

3.4.9	Muut tunnusluvut ja kustannusten arviointi.....	42
4	Nykytilanne	44
4.1	Prosessin kokonaiskuva	44
4.2	Pakkaushallin tuotantolaitteisto	45
4.2.1	Pakkauskoneet	45
4.2.2	Kuljettimet ja jälkipakkauskoneet	47
4.3	Tuotannonohjausjärjestelmän kokoonpano.....	47
4.3.1	Ohjelmisto.....	48
4.3.2	Laitteisto	50
4.3.3	Tuotantotiedon kirjaaminen	51
4.4	Järjestelmän ongelmat ja havaitut kehitystarpeet.....	51
4.4.1	Järjestelmässä havaitut viat.....	52
4.4.2	Hävikin raportointi.....	53
4.4.3	Raportoinnin ja tulosten konkretisointi	54
4.4.4	Häiriöiden raportointi	55
4.4.5	Tuotantotehokkuuden seuranta	56
5	Ratkaisujen esitleminen.....	58
5.1	Nykytila ja puutteiden korjaus	58
5.1.1	Häiriötiedot	59
5.1.2	Tuotantomäärät	60
5.2	Raportointiohjelmiston uudistukset	62
5.2.1	Toivotut ominaisuudet	64
5.2.2	Tuotannon kokonaistehokkuuden raportit	66
5.2.3	Esimerkki porautumisen ja pareto-analyysin käytöstä	70
5.2.4	Oman toiminnan seuranta	73
6	Tulosten arviointi	75
6.1	Häiriöiden tunnistus	75
6.2	Raporttien muodostaminen ja säästetty aika.....	76
6.3	Raportoinnin ja tulosten konkretisointi.....	77
7	Jatkokehitystoimenpiteet.....	80
7.1	Häiriöntunnistuksen lisääminen ja käyttömahdollisuudet	80
7.1.1	MTBF ja tilastollinen korrelaatio	81
7.1.2	Yhteistyö laitetoimittajien kanssa.....	81
7.2	Reaaliaikainen tuotannonseuranta.....	82
7.2.1	Koko hallin OEE.....	82
7.2.2	Konekohtainen suorituksen seuranta päätteiltä.....	83
7.2.3	Visuaalinen tuotannosuunnittelu	84
7.3	Tietokannan uudistaminen	85
8	Yhteenveto	87
	Lähteet.....	89
	Liite 1: PDCA-sykli	92
	Liite 2: Raportointiohjelman käyttöohje	94

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

5W	Yksinkertainen ongelmanratkaisu menetelmä
ADC	Automated data collection, automaattinen tiedonkeruu
Availability, A	Käytettävyys
Asetusaika	Tuotevaihtoon tai säätöihin käytetty aika
CM	Corrective maintenance, korjaava kunnossapito
CMMS	Computerized Maintenance Management System, kunnossapidon tietojärjestelmä
CPU	Central processing unit, prosessori
DCOM	Distributed component object model, Microsoftin kehittämä teknologia ohjelmistokomponenttien väliseen kommunikaatioon
Delphi XE3	Object Pascal-ohjelmointikielellä käytettävä graafinen ohjelmointiympäristö
Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu
FMEA	Failure modes and effects analysis, vika-vaikutusanalyysi
HMI-pääte	Human Machine Interface, käyttöliittymäpaneeli, jolla voidaan ohjata ja tarkkailla laitteistoa.
I/O	Input/Ouput, (Logiikan) sisään-/ulostulot
Juurisyyanalyysi	Askelittainen ongelmanratkaisumenetelmä
KNL	Käytettävyys, nopeus, laatu
Käytettävyys	Tehollisen tuotantoajan osuus suunnitellusta tuotantoajasta
Laaduntuottokyky	Hyväksytyyn tuotannon osuus kokonaistuotannosta
Lean	Johtamisfilosofia, joka pyrkii tuottamattoman toiminnan poistamiseen
MDT	Mean down time, keskimääräinen seisokkiaika
Microsoft Access	Tietokantaohjelmisto
MTBF	Mean time between failures, keskimääräinen häiriöväli
MTTR	Mean time to repair, keskimääräinen korjausaika
MWT	Mean waiting time, keskimääräinen korjauksen odotusaika
Nettokäyntiaika	Aika, joka jää tehollisesta tuotantoajasta nopeushäviöiden ja pienten tuotantokatkosten jälkeen
OEE	Overall equipment efficiency, tuotannon kokonaistehokkuus
OPC	Ole for process control, automaatio-sovelluksissa käytetty avoin tiedonsiirtostandardi
Pareto-analyysi	Tiedonluokittelumenetelmä
PDCA-sykli	Plan-Do-Check-Act -sykli, jatkuvan parantamisen sykli
Performance, P	Suorituskyky
PLC	Programmable logic controller, ohjelmitava logiikka, jota käytetään automaatioprosessien ohjauksessa

PM	Preventive maintenance, ehkäisevä kunnossapito
Porautumisanalyysi	Menetelmä sähköisten tietokantojen tutkimiseen
Pullonkaula	Tuotantonopeutta rajoittava järjestelmän osa
Puretut tuotteet	Hylätty tuotanto
Tuotannonseuranta-järjestelmä	Tietojärjestelmä, joka kerää tuotantotietoa tuotantolaitteilta.
Quality, Q	Laatu. Tekstissä tällä tarkoitetaan OEE:n laaduntuottokyky-parametriä, eli hyväksytyyn tuotannon osuutta
RCA	Root cause analysis, juurisyyanalyysi
RCM	Realiability-centered maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen etätunnistus
SMED	Single minute exchange of die. Tuotevaihtoaikojen minimoimiseen pyrkivä analyytinen menetelmä
Suorituskyky	Tuotantomäärä teoreettisesta maksimituotantomäärästä valitulla ajanjaksolla.
Suunniteltu tuotantoaika	Aika, jolle on suunniteltu tuotantoa
TCO	Total Cost of Ownership, taloudellinen arvio fyysisen varannon suorista ja epäsuorista kustannuksista elinkaaren ajalta.
Tehollinen tuotantoaika	Aika, joka suunnitellusta tuotantoajasta voidaan hyödyntää tuotantoon.
Teoreettinen tuotantoaika	Teoreettinen maksimituotantoaika
Tuottava aika	Aika, jonka kone on tuottanut pysäytyksettä hyväksytyjä tuotteita.
TPM	Total productive maintenance, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito
Vikatiheys	MTBF:n käänteisluku

1 JOHDANTO

Työn aihe saatiin Hämeenlinnan osuusmeijeriltä. Tuotannonseurantajärjestelmän laitteilta keräämien häiriötietojen oikeellisuutta oli epäilty tiedoissa havaittujen puutteiden perusteella. Alkuperäisen tehtävänannon tavoitteena oli tuotannonseurantajärjestelmän nykytilan kartoittaminen, sekä vikaepäilyjen tutkiminen ja korjaaminen. Lisäksi toivottiin ideoita siitä, kuinka raportointiohjelmaa voitaisiin kehittää vastaamaan paremmin meijerin tarpeita. Ohjelmaan toivottiin myös muutamia yksityiskohtaisempia muutoksia. Työn tekemisen ohessa havaittiin myös muita kehityskohteita, joihin pyrittiin etsimään ratkaisua. Suuri osa raportointiohjelmistoon ehdotetuista kehitysideoista myös toteutettiin.

1.1 Tutkimusongelma ja työn tavoitteet

Koska työ oli luonteeltaan kehitystyötä, varsinainen tutkimusongelma muovautui tarkemmin vasta työn osana tehdyn tutkimuksen ja perehtymisen pohjalta. Pääpiirteittäin tarkoituksena oli tutkia kuinka tuotannonseurantajärjestelmää voisi kehittää paremmin tarpeita vastaavaksi.

Meijerillä on alettu vähitellen soveltaa Lean-filosofian toimintamalleja ja tämän tiedon nojalla tavoitteeksi otettiin tuotannonseurantajärjestelmän kehittäminen tuotannon kokonaistehokkuuden (OEE) seurantaan soveltuvaksi. Lisäksi tavoitteena oli helpottaa raporttien muodostamista ja vähentää käsin tehtävää työtä ja kirjanpitoa.

1.2 Käytetyt menetelmät

Järjestelmän häiriöiden kirjautumisen oikeellisuutta tarkasteltiin seuraamalla järjestelmän toimintaa, tutkimalla logiikkaohjelmia, lähdekoodia, tietoyhteyksiä sekä aiheuttamalla mahdollisuuksien mukaan tilanteita, joiden pitäisi laukaista häiriön kirjaaminen. Häiriöiden kirjautumiseen liittyvien ongelmien juurisyitä analysoitiin muutamassa tapauksessa myös 5xMiksi -menetelmällä. Havaittuja ongelmia korjattiin tekemällä muutoksia PLC (Programmable logic controller)- ja PC-ohjelmiin.

Raportointiohjelman kehittämistä varten meijerille hankittiin Delphi XE3 -ohjelmistokehitysympäristö, koska järjestelmä oli kehitetty alun perin Delphillä. Ohjelmisto hankittiin myös silmälläpitäen järjestelmään tulevaisuudessa tehtäviä muutoksia. Kehitysideoita muodostettiin järjestelmän käyttäjien kanssa käytyjen keskustelujen sekä kirjallisuuslähteissä esiteltyjen menetelmien pohjalta.

1.3 Työn rajaus

Työ rajattiin käsittelemään meijerin pakkaamon laitteistoa ja erityisesti tuotannonseurantajärjestelmää ja sen osia. Etenkin työn teoriaosuudessa paneuduttiin tunnuslukujen merkitykseen erityisesti kunnossapidon kannalta.

Työssä yhtenä rajoittavana tekijänä oli, että jälkipakkaus koneiden uudistaminen oli suunnitteilla lähitulevaisuudessa, mutta niiden osalta ei ollut tehty vielä päätöksiä, joten suurempiin investointeihin ei haluttu lähteä niiden osalta. Lisäksi erästä työssä tarvittavaa ohjelmistokomponenttia ei ollut saatavilla vielä tekohetkellä työssä käytetylle uudelle Delphi XE3 -ohjelmointiympäristölle. Tästä syystä tuotantodataa tietokantaan tallentavaan ohjelmistoon, ja näin ollen myös tietokantaan, ei pystytty tekemään muutoksia. Muutoksia pystyttiin tekemään tietokantaa käsittelevään raportointiohjelmistoon sekä PLC-ohjauksille.

1.4 Työn rakenne

Automaattinen tiedonkeruu on tärkeässä osassa työtä. Järjestelmän avulla kerättävien tunnuslukujen merkitystä lähdetään purkamaan yleisemmältä tasolta teoriaosuuden ensimmäisessä luvussa kertomalla kunnossapidon merkityksestä tuottavuuteen ja esittelemällä erilaisia kunnossapitostrategioita. Kunnossapitostrategioiden avulla tunnuslukuihin voidaan vaikuttaa ja tunnuslukuja voidaan myös hyödyntää strategioiden soveltamisessa. Seuraavassa osiossa käsitellään käsin tehtävään ja automaattiseen tiedonkeruuseen liittyviä piirteitä ja esitellään yleisimpiä kunnossapidon ja käyttövarmuuden tunnuslukuja. Lopuksi esitellään joitakin kunnossapidon ja tuotannon ongelmanratkaisumenetelmiä.

Käytännönsuus alkaa luvusta neljä, jossa esitellään lyhyesti meijerin tuotantoympäristö ja tuotannonseurantajärjestelmän kannalta olennainen laitteisto ja ohjelmisto. Käytettyyn tekniikkaan ei kuitenkaan paneuduta tässä työssä syvällisemmin, koska se ei ole työn kannalta olennaisessa osassa. Luvussa käsitellään myös hieman kartoituksen tuloksena järjestelmässä havaittuja vikoja ja niiden korjausta, mutta pääpaino on havaittujen kehitystarpeiden esittelyllä.

Lopuksi esitellään toteutetut ratkaisut ja raportointiohjelman uudistukset sekä arvioidaan lopputuloksia ja niiden merkitystä. Toteuttamatta jääneet ratkaisut esitellään jatkokehitystoimenpiteissä ja lisäksi esitellään muutamia muita ideoita järjestelmän jatkokehittämiseksi.

2 KUNNOSSAPITO

Yleisesti kunnossapidon ajatellaan tarkoittavan laitteiston huoltamista häiriöttömän toiminnan varmistamiseksi ja vikaantuneiden laitteiden toimintakyvyn palauttamista. Etenkin nykyään pitkälle automatisoiduissa tuotantolaitoksissa kunnossapidolla on suuri merkitys laitteiston määrän ja käyttöasteen ollessa myös suurempi. Kunnossapitoon liittyy kuitenkin myös läheisesti varainhallinta ja laitteiston elinkaarikustannusten hallinta. Tyypillisesti laitteiston elinkaarikustannuksista maksimissaan vain hieman yli puolet muodostuu laitteen hankintahinnasta (Klutke 2012, Patton 1994). Tehokkaalla ja suunnitelmallisella kunnossapidolla voidaan saavuttaa huomattavia rahallisia säästöjä ja tuotannon kokonaistehokkuuden lisäystä. (Turunen et al. 2008)

Tässä luvussa esitellään kunnossapidon vaikutuksia tuottavuuteen, erilaisia kunnossapitostrategioita, niihin liittyviä käsitteitä sekä kunnossapitofilosofioita, joissa tuotannonohjausjärjestelmän tarjoamia tunnuslukuja voidaan hyödyntää.

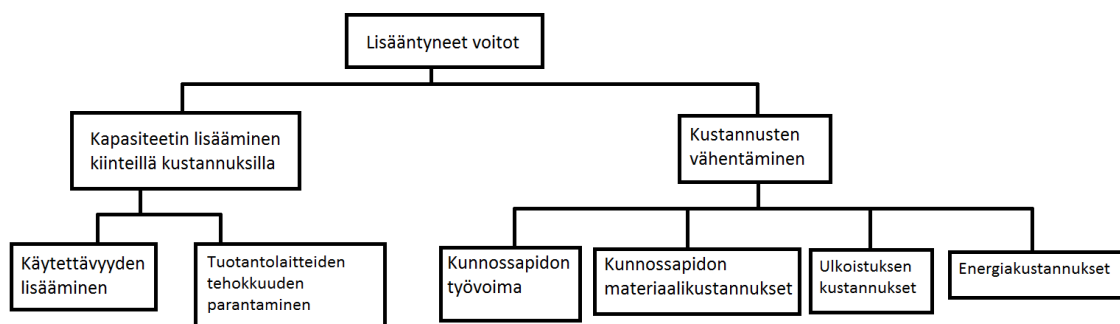
2.1 Kunnossapidon vaikutus tuottavuuteen

Tuottavuudella tarkoitetaan sijoitetun rahan, ajan tai muun panoksen ja saadun lopputuloksen suhdetta. Toisin sanottuna siis saatu hyöty jaettuna tehdyllä työllä. Hyvällä käyttövarmuudella voidaan saavuttaa ympäristöystävällisyyttä, energiansäästöä ja alhaisempia kunnossapitokustannuksia ja siten saavuttaa korkeampaa tuottavuutta ja kilpailukykyä. Tehokkaan kunnossapidon avulla saavutetulla käyttövarmuudella on siis ennen kaikkea taloudellista merkitystä. Nykyään myös hankintaratkaisuja tehdään paljolti elinkaarikustannusten perusteella (Mäki 2000).

Surkeimmillaan kunnossapito yrityksessä saattaa tarkoittaa tuotantolaitteiston korjaamista sen hajotessa. Tällainen kunnossapito heijastuu suoraan tuotannon kokonaistehokkuuden alenemisena (Turunen et al. 2008). Kunnossapito ja siihen liittyvä omaisuudenhallinta on osa-alue, jonka merkitystä ei tule aliarvioida missään yrityksessä. Sen avulla voidaan saavuttaa monenlaista merkittävää strategista markkinaetua, kuten parempaa laatua, suurempaa kapasiteettia sekä kustannusten ja hylkytavarän vähenemistä. Tästä syystä kunnossapitoa tulisikin kehittää jokaisen yrityksen ydinosaamisalueena. (Wireman 2005)

Kunnossapidon vaikutukset tuottoihin ovat usein epäsuoria ja tehdyt investoinnit saattavat synnyttää tuottoja vasta pitkän ajan päästä, mikä vaikeuttaa kunnossapidon kustannusten ja investointien vaikutuksen ymmärtämistä. Kunnossapitostrategian muutosten

vaikutuksia voi joutua helposti odottelemaan yli kaksikin vuotta (Torok&Cordon 2002). Muutokset eivät usein ole teknisesti vaikeita, mutta tahtia hidastaa yrityskulttuurin muuttaminen. Tämä osaltaan saattaa vaikuttaa siihen, että kunnossapidolle ei monissa yrityksissä ole osattu antaa tarpeeksi painoarvoa. Seuraavassa kuvassa (Kuva 2.1 Kunnossapidon vaikutukset kustannuksiin) on esitetty kuinka huolellisella kunnossapitostrategialla on mahdollista vaikuttaa kustannuksiin. Kunnossapitostrategioita esitellään myöhemmin tässä luvussa.



Kuva 2.1 Kunnossapidon vaikutukset kustannuksiin (mukailtu lähteestä Wireman 2005)

Kuvan mallissa esitetään mitä kautta voittoja voidaan kasvattaa kunnossapidon kautta. Voittojen kasvattaminen perustuu kustannusten pienentämiseen ja kapasiteetin kasvattamiseen kiinteillä kuluilla.

Tehokkaalla kunnossapidolla voidaan saada kustannussäästöä esimerkiksi työvoiman kautta. Tämä ei tarkoita työvoiman vähentämistä, vaan ulkopuolisen työvoiman tai alihankkijoiden käytön vähentämistä ja huoltojen suunniteltavuutta ja laskettavuutta. Esimerkiksi, jos kunnossapidon työntekijät joutuvat juoksemaan kiireellisten tapausten perässä, ei jää aikaa ennakointiin ja kehittämiseen – suunnittelemattomia kustannuksia syntyy. Luonnollisesti myös koneiden toimiessa tehokkaasti ja virheellisen tuotannon vähentyessä syntyy myös energian säästöä. (Wireman 2005)

Tavallisesti koneiden kapasiteetista voi mennä seisokkiaikaan jopa enemmän kuin 10–20%. Usein tämä hyväksytään ja tuotannon turvaamiseksi hankitaan ylikapasiteettia ja ylimääräisiä koneita. Tämä kuitenkin heikentää yrityksen kokonaistuottavuutta. Vaikka yrityksellä tai markkinoilla periaatteessa olisikin varaa seisokkiaikaan, se kasvattaa kuluja ja näin ollen pienentää yrityksen voittoja. Usein seisokkiajan ajatellaan olevan ilmaista, mutta kuluja syntyy tuotannonmenetyksen lisäksi ainakin seuraavista syistä (Wireman 2005):

- Käyttökustannukset
- Toimettoman työvoiman kustannukset
- Myöhästyneiden toimitusten kustannukset
- Ylityökustannukset myöhästyneiden aikataulujen kiinniottamiseksi
- Muut juoksevat kustannukset

Seuraava kirjallisuudessa esitetty vapaasti käännetty esimerkki (Wireman 2005) kuvaa hyvin seisokkiajassa piilevää säästöpotentiaalia: ”Erään yrityksen vuosittainen kunnossapidon budjetti on 3 miljoonaa. Oletetaan, että 1/3 budjetista menee hukkaan tehostamattomana kunnossapitoresurssien käyttönä. Tällöin tehostamalla kunnossapitoa olisi mahdollista säästää vuodessa miljoonan verran. Yrityksessä huomataan, että edellisvuonna on ollut huomattavan paljon suunnittelemattomia tuotantokatkoksia, joista vain osa voitaisiin välttää parantamalla kunnossapitoa. Loput johtuvat muun muassa käyttäjien virheistä, raaka-aineista ja tuotannon suunnittelusta. Oletetaan, että kunnossapidosta johtuva seisokkiaika yksinään on arvoltaan 38 miljoonaa ja 50 % parannus on mahdollinen. Tällöin säästöt olisivat 19 miljoonaa. Oletetaan, että tästä summasta 10 % menee kunnossapidon parantamiseen, mikä tarkoittaisi, että säästöt olisivat kuitenkin edelleen 17 miljoonaa vuodessa. Tämä saa esitetyt kunnossapidon tehostamiseen tehdyt säästöt näyttämään suhteellisen pieniltä”.

Toinen kustannus, joka monissa tapauksissa aiheuttaa jopa seisokkeja huomattavammat kustannukset, on jatkuva heikko suorituskyky. Heikko suorituskyky voi johtua esimerkiksi laitteiden kulumisesta, tyhjäkäynnistä, pienistä tuotantokatkoksista tai alentuneesta tuotantonopeudesta. (Turunen et al. 2008; Wireman 2005) Heikko suorituskyky on hankala myös siitä syystä, että suurimmassa osasta tapauksista sitä ei mitata tai siitä ei ilmoiteta. Esimerkiksi tuotantotyöntekijä ei välttämättä huomautta pikkuviasta niin kauan kuin laite toimii, vaikka esimerkiksi vuotava venttiili saattaa hidastaa laitetta tai aiheuttaa toistuvia pieniä tuotantokatkoksia. Vika korjataan usein vasta kun se johtaa tuotantokatkoksen aiheuttavaan laiterikkoon. Heikkoa suorituskykyä vastaan voidaan taistella keräämällä riittävästi oikeanlaista kunnossapitodataa ja kaivamalla ongelman juurisyyt esiin. (Wireman 2005)

Kunnossapito nähdään tyypillisesti kuluina ja kaikki vähennykset kunnossapitobudjetista katsotaan säästöksi. Todellisuudessa varmistamalla maksimaalinen käytettävyys ja suorituskyky voidaan kuitenkin taata investoinneille maksimaalinen hyöty ja parhaimmassa tapauksessa säästyä ylimääräisiltä laiteinvestoinneilta. Maksimaalinen laitteiden hyödyntäminen takaa myös alhaiset tuotantokustannukset ja korkeamman kannattavuuden sekä ympäristöystävällisen toiminnan. Toimintavarmuuden kasvaminen vaikuttaa myös henkilöstön motivaatioon ja viihtyvyyteen. Lisäksi häiriöttömän tuotannon turvin voidaan suunnitella tuotantoa täsmällisemmin sekä pienentää mm. puskurivarastoja ja näin nopeuttaa pääomankiertonopeutta. Suunnitelmallisella kunnossapidolla myös laitteiston kunnossapitokustannukset laskevat tehokkaan kunnossapitoresurssien hyödyntämisen kautta. (Lapinleimu et al. 1997; Narayan 2004; Wireman 2005)

2.1.1 Varainhallinta

Varainhallinnalla (Asset Management) tarkoitetaan yrityksen fyysisten varantojen systemaattista seurantaan koko niiden elinkaaren ajan. Sen tarkoituksena on optimoida yrityksen kokonaistehokkuutta ja kannattavuutta optimoimalla ja kehittämällä käyttömai-

suutta. Laitteen elinkaari muodostuu tavallisesti seuraavista vaiheista: suunnittelu/ hankinta, käyttö/kunnossapito ja käytöstä poistaminen. (Turunen et al. 2008; Visser&Mollentze 2006)

Kunnossapidon ja tuotannon kannalta oleellista on käytön ja kunnossapidon vaihe, jonka aikana syntyviin kustannuksiin ja tehokkuuteen voidaan vaikuttaa kunnossapidon keinoin esimerkiksi maksimoimalla tuotantolaitteiston käytettävyyttä, suorituskykyä ja tuotannon laatua. Kunnossapidolla on kuitenkin myös muita tehtäviä optimaalisen tuoton tavoittelemiseksi. Näihin lukeutuvat muun muassa: (Wireman 2005)

- Kustannussäästöjen tunnistaminen ja toteuttaminen
- Oikeellisen huoltokirjanpidon tekeminen
- Kustannusten seuranta
- Kunnossapitoressurssien optimointi

Kustannussäästöillä tarkoitetaan esimerkiksi laitteistoon tehtyjä säätöjä tai huoltovälin säätämistä niin, että esimerkiksi tuotantoaika saadaan pidennettyä vahingoittamatta laitetta tai laitteiston säätämistä energiatehokkaammaksi. Yleensä huoltoseisokit tulevat kuitenkin lopulta halvemmiksi kuin suunnittelemattomat tuotantokatkokset. Oikeellisen huoltokirjanpidon avulla taas pystytään seuraamaan kunnossapidon tehokkuutta ja laitteiston kuntoa. Jos kirjanpito tehdään käsin, se voi viedä paljon aikaa, jotta kirjanpidosta saadaan irti hyödyllistä tietoa. Automaattisesti kerätyn tiedon avulla voidaan havaita helposti hyödyllisiä trendejä, jos tieto on luotettavaa. Kun laitteiston toiminnasta kerätään tietoa, voidaan tämän perusteella myös analysoida tehtyjä hankintoja. Esimerkiksi jonkin laitteen hankintahinta saattaa olla halpa, mutta elinkaarikustannukset huomattavasti korkeammat. Kustannusseurantaa varten tarvitaan ainakin käytettyjen osien hinta ja luotettavaa tietoa käytetyistä työtunneista. Kunnossapitoressurssien optimoinnilla tarkoitetaan suunnittelua ja aikataulutusta. Tavallisesti yrityksissä, joissa käytetään vain korjaavaa kunnossapitoa, jopa 1/3 kunnossapidon resursseista valuu hukkaan. Siirtymällä suunniteltuun ja aikataulutettuun huoltoon tällainen kunnossapito-organisaatio voi kasvattaa varsinaista aktiivista työaikaa jopa 25 %:sta 60 %:iin. (Wireman 2005). Jotta kunnossapitoa voitaisiin tehokkaasti aikatauluttaa ja suunnitella, tulisi ennakoivan huollon osuus saada 80 %:iin. Tämä on monelle yritykselle suuri haaste ja sen saavuttamiseksi vaaditaan omistautumista tavoitteelle, sillä siirryttäessä suunnitelmalliseen ennakoivaan huoltoon, joutuu tuloksia yleensä odottamaan useamman vuoden ja vastassa ovat myös yrityskulttuurin muospaineet. (Torok&Cordon 2002; Wireman 2010). Ennakoivan huollon kehittämiseksi tarvitaan myös riittävästi historiadataa laitteiston kunnosta ja huolloista.

2.1.2 Total Cost of Ownership

Termillä Total Cost of Ownership (TCO) tarkoitetaan taloudellista arviota fyysisen varannon kaikista suorista ja epäsuorista kustannuksista, jotka syntyvät sen elinkaaren aikana. Tämä näkökulma on tärkeä, sillä usein kymmeniä vuosia käytössä olevien laitteiden muut elinkaarikustannukset ovat huomattavammat kuin itse laitteen hankintahinta. (Sadar et al.2006 & Turunen et al. 2008)

TCO-malliin sisältyy itse hankintahinnan lisäksi myös esimerkiksi käyttäjien koulutuksen kustannukset, seisokkien kustannukset, heikentyneen suorituskyvyn kustannukset, odotusajat, hätätilanteisiin varautumisen kustannukset, lattiatila, sähkö/käyttövoima, kehityskustannukset ja niin edelleen. TCO-hintaa tulisikin käyttää ensisijaisena tehdessä hankintapäätöksiä varsinkin, jos tieto on saatavilla. (Sadar et al. 2006)

Turunen et al. (2008) esittää raportissaan, että kunnossapitokustannukset voivat olla noin 9 % luokkaa TCO:sta ja huonosta suorituskyvystä johtuvat kustannukset jopa 40 % luokkaa. Tästäkin voidaan päätellä, että laitteiston suorituskyvyn parantamisessa on keskimäärin melko paljon parantamisen varaa.

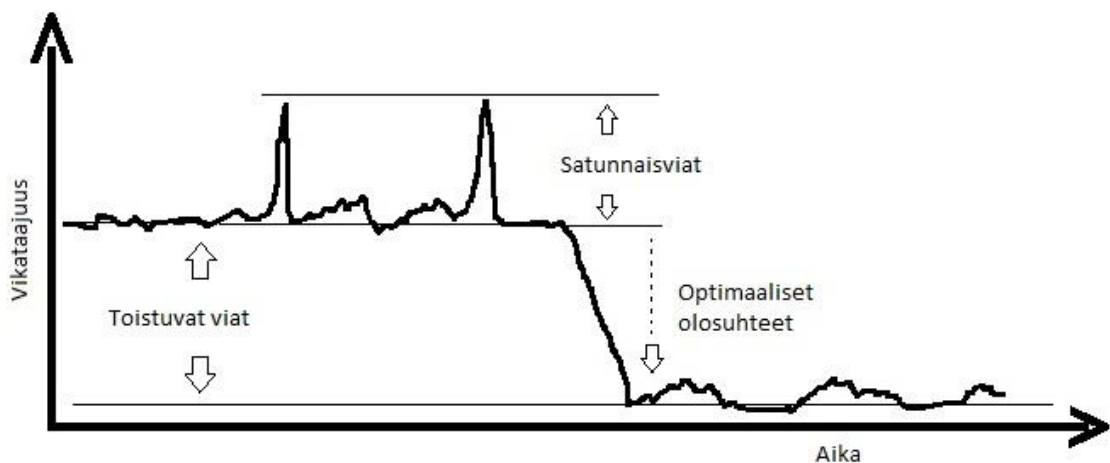
2.2 Kunnossapitostrategiat

Nykyaikainen kunnossapitostrategia ei pohjaudu ainoastaan korjaavaan kunnossapitoon, koska tehokkuustavoitteet on asetettu korkealle, jotta laitteistosta saataisiin mahdollisimman suuri hyöty. Kunnossapitostrategioita on olemassa monenlaisia ja niiden väliltä tulisi valita kuhunkin ympäristöön sopivin. On yleisesti tunnustettua, että minkä tahansa yli 10 tuotannontyöntekijän ja yli 3 tuotantolaitteen yrityksen on mahdollista kasvattaa tehokkuuttaan suunnitelmallisella toiminnalla (Lindley et al. 2008). Ennakoiva kunnossapito on kannattavaa niin kauan kun se säästää enemmän kuin mitä se maksaa. Ennakkoinnin säästöjen ja vikojen aiheuttamien kustannusten arviointi voi kuitenkin olla haasteellista, mutta selvää on että onnistuneella ennakoivalla huollolla kunnossapidon kustannukset ovat tasaisempia ja ne voidaan laskea. Lisäksi kunnossapidon tehokkuus kasvaa, kun toiminta on suunnitelmallista. (Lapinleimu et al. 1997; Lindley et al. 2008; Wireman 2005)

Kirjallisuudessa on esitetty monenlaisia tapoja jaotella kunnossapitostrategioita. Tässä luvussa jaotellaan strategiat korjaavaan, ehkäisevään, kunnonvalvontaan perustuvaan ja ennakoivaan kunnossapitoon. Lisäksi tutustutaan toimintavarmuuskeskeisen kunnossapidon ajatusmalliin, sekä yhteen Lean-filosofian perusajatuksista, kokonaisvaltaiseen tuottavaan kunnossapitoon.

2.2.1 Vikaantumisen ja määritelmät

Vikaantumisella ja vialla on standardeissa omat määritelmänsä, mutta tässä tekstissä puhuttaessa viasta tai häiriöstä tarkoitetaan yleisesti tilannetta, jossa laite ei toimi odotetulla tavalla. Suositeltava termi on myös ”toiminnallinen vikaantuminen”, joka on määritely seuraavasti: laitteen kykenemättömyys toteuttaa käyttäjän edellyttämä toiminto käyttäjän hyväksymällä suorituskyvyllä (Moubrey 1997; Mäki 2000). Kuvassa (Kuva 2.2 Toistuvat ja satunaiset viat) on mukailtu kirjallisuudessa esitettyä (Nakajima 1989) kuvaa toistuvista ja satunnaisista vioista.



Kuva 2.2 Toistuvat ja satunaiset viat (mukailtu lähteestä Nakajima 1989)

Tavallisesti suurimman osan tuotantokatkoksista ja vioista aiheuttavat tavalliset usein toistuvat viat, lukuun ottamatta muutamaa harvinaista satunnaisvikaa. Kunnossapitostrategian tavoitteena on näiden usein toistuvien vikojen eliminointi ja optimaalisten olosuhteiden, joissa vikaantuminen on lähellä nollaa, saavuttaminen (Mäki 2000). Tämä on myös yksi kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon kantavista ajatuksista, jota käsitellään myöhemmin tässä luvussa.

Vikamuoto (failure mode) tarkoittaa vian ilmenemismuotoa ja se voidaan ymmärtää myös seuraavanlaisesti: mikä tahansa tapahtuma, joka johtaa toiminnalliseen vikaan (Moubrey 1997; Mäki 2000). Vikamuoto pyritään usein selvittämään vikatietojen kirjaamisella ja analysoinnilla ja niiden syiden ehkäiseminen ja poistaminen on ennakoivan kunnossapidon lähtökohtana. (Mäki 2000)

Vikaantumismekanismi on fyysinen, kemiallinen tai jokin muu prosessi joka on johtanut vikaantumiseen. Juurisyyanalyysiä käytettäessä joudutaan usein selvittämään vikaantumismekanismi. (Mäki 2000)

Luonnollisesti vialla on myös syy ja seuraus. Syyllä tarkoitetaan lyhyesti vikaantumiseen johtaneen prosessin tai tapahtumaketjun aiheuttajaa. Alkuperäisen syyn määrittämistä voi hankaloittaa se, että vioittuminen voi myös olla monen osasyyn summa. Seu-

raukset taas voidaan jakaa piileviin, turvallisuus- ja ympäristöseurauksiin. (Moubray 1997; Mäki 2000)

2.2.2 Korjaava kunnossapito

Korjaavan kunnossapidon (Corrective Maintenance, CM) ainoana tarkoituksena on saattaa hajonnut tuotantolaite takaisin toimintatilaan mahdollisimman nopeasti. Korjaavassa kunnossapidossa ei yleensä kiinnitetä paljoa huomiota laitteen kunnolle. Periaate on ”jos se toimii, älä koske siihen”. Tällainen ajatustapa on osoittautunut erityisen tehottomaksi ja kalliiksi. Syy menetelmän kalleuteen johtuu pääasiassa kahdesta tekijästä – huono kunnossapidon suunnittelu ja epätäydelliset korjaukset. (Lindley et al. 2008)

Lindley et al. (2008) mukaan pelkän korjaavan kunnossapidon käyttäminen voi tulla jopa 3-4 kertaa kalliimmaksi kuin suunnitelmallinen kunnossapito. Tähän ovat usein syynä tuotannon ja johdon asettamat rajoitteet, mistä johtuen korjaukset on tehtävä kiireellä. Tämä johtaa kunnossapitoressurssien minimaalisen hyödyntämiseen. Jos korjaus tehdään kiireellisesti, ei myöskään yritetä kaivaa ongelman juurisyitä esiin, jotta ongelman toistuminen voitaisiin ehkäistä. Tämä johtaa tiheään korjausväliin, joka taas vähentää laitteen luotettavuutta ja aiheuttaa suunnittelemtomia seisokkeja ja vähentää kokonaistehokkuutta. (Lindley et al 2008)

Korjaavalta kunnossapidolta ei kuitenkaan voida täysin välttyä. Laitteistossa sattuu myös satunnaisia häiriöitä ja yllättäviä häiriöitä, joiden tapahtumista ei voi ennakoida. (Patton 1994) Tällaisia häiriöitä voidaan koettaa ehkäistä esimerkiksi pitämällä kirjaa häiriöiden esiintymistiheydestä. Jos häiriö ei esimerkiksi ole huomattava, mutta aiheuttaa esimerkiksi tuotantokatkoksia, voidaan tietystä häiriötiheydestä päätellä vaikkapa jonkin kuluvan osan vaihtotarvetta tai säätötarvetta perustuen kunnossapitohenkilöstön tietämykseen. Kun tarjolla on tarpeeksi tietoa esimerkiksi kuluvien osien häiriöväleistä, voidaan alkaa soveltaa systemaattisen ennakko- huollon periaatteita ja korvata osat ennen kuin ne ovat täysin hajalla

2.2.3 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito (ennakkohuolto, Preventive Maintenance, PM) voi olla luonteeltaan suunnitelmallista tai systemaattista, joka perustuu kiinteään aikaväliin. Tämä tarkoittaa, että kokemuksen tai suositusten perusteella pidetään kirjaa osien käytöstä ja tarkastetaan tai vaihdetaan osat uusiin tietyin väliajoin. Tällainen huolto soveltuu etenkin kuluville ja edullisille osille, kuten jousille, pulteille, laakereille tai imukupeille jne. Ajatuksena on, että halvat kuluvat osat vaihdetaan ennen kuin ehtii tapahtua suurempaa vahinkoa. (Lapinleimu et al. 1997)

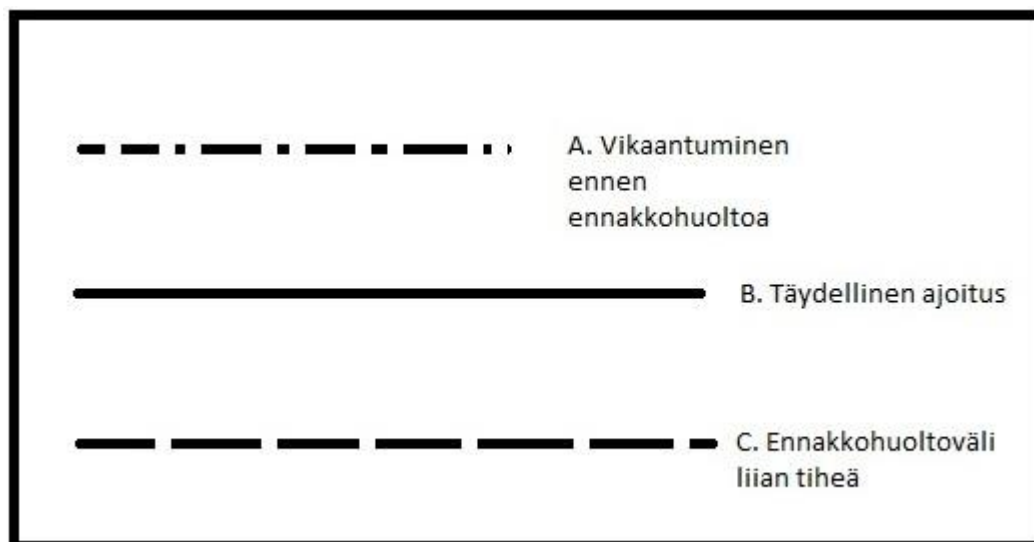
Suunnitelmallisen ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on yrittää eliminoida tarve korjaavalle kunnossapidolle tarkastamalla, huoltamalla tai vaihtamalla laitteen osia tie-

tyin väliajoin. Tarkoituksena on, että laite voidaan huoltaa mahdollisimman otollisella hetkellä, jotta ei tapahdu tuotannonmenetyksiä. Suunnitelmallisen ennakkohuollon avulla kunnossapidon tehokkuus saadaan myös korkeammaksi, kun huoltohenkilökunnan ajankäyttö voidaan suunnitella, eikä varastossa välttämättä tarvitse olla kaikkia osia kaiken aikaa. Valitettavan usein tuotantolaitosten ehkäisevä kunnossapito rajoittuu pelkästään laitteiden rasvaamiseen ja hienosäätöön, vaikka se todellisuudessa vaatii myös aikaa vieviä tarkastuksia ja ongelmien ennakointiin tähtäävää huoltoa. (Lindley 2008; Patton 1994)

Ehkäisevän kunnossapidon soveltamisessa täytyy arvioida myös menetelmän kustannuksia. Jos ennakkohuollon ehkäisevä ongelma on suhteellisen pieni, ei aikaa ja rahaa vaativaan ennakkohuoltoon kannata ryhtyä. Ennakkohuoltoa kannattaa soveltaa kohteissa, joissa vioittuminen voi aiheuttaa suuremmat kustannukset, kuin mitä ennakkohuollosta aiheutuu. Seuraavassa on listattuna tyypillisimpiä syitä ennakkohuollon epäonnistumiselle (Wireman 2005) :

- Huolto-ohjelma on ylimitoitettu
- Tiedonkeräys & raportointi ei toimi
- Standardien ja ohjeiden puute
- Puutteellinen aikataulutusta & aikataulun noudatus
- Liian karkean tason kunnossapito-ohjelma
- Väärä priorisointi
- Ohjelmaa ei kehitetä
- Ei johdon tukea
- Kunnossapitohenkilöstön osaamistaso ei ole riittävä

Parhaiten ennakkohuolto soveltuu sellaisiin kohteisiin, joissa esiintyy tavallisesti toistuvia vikoja tai esimerkiksi kulumista. Menetelmästä ei kuitenkaan ole hyötyä, jos vioittumista ei voida mitenkään päätellä ennen sen aiheuttamia vakavia seuraamuksia. (Lapinleimu et al. 2008; Patton 1994) Parhaimmillaan ennakkohuolto on silloin, jos laitteiston kuntoa voidaan seurata riittävän tarkasti kunnonvalvontaan perustuvalla ennakkohuollolla. Jos automaattinen kunnonvalvonta tai edes käsin tarkastamalla tehty kunnonvalvonta ei kuitenkaan ole mahdollista taloudellisesti tai kannattavaa, voidaan kuitenkin yrittää asettaa ennakkohuollon väli keskimääräisen häiriövälillä perusteella. (Patton 1994) Menetelmää on esitelty kuvassa Kuva 2.3 Ennakkohuollon huoltovälillä säätäminen.



Kuva 2.3 Ennakkohuollon huoltovälin säätäminen (mukailtu lähteestä Patton 1994)

Oletetaan, että kyseessä on laakerin kulumisen. Kuvassa kohdassa A havainnollistetaan kuinka ennakkohuollon väli on asetettu liian pitkäksi. Tässä tilanteessa huoltoväliä tulisi lyhentää. Luultavasti laakerin vaihtaminen tulee halvemmaksi, kuin sen hajoaminen ja siitä aiheutuva vakavampi laiterikko tai suunnittelematon tuotantokatkos. Kohdassa B huoltoväli on täydellinen, mikä on harvinainen tilanne. Kohdassa C ennakkohuollon väli on laitettu liian pitkäksi. Laakeri olisi kestänyt pidempään ja huoltoväli voisi olla pidempi. Huoltovälin hakeminen voi viedä aikaa, jos riittävää historiadataa ei ole saatavilla. Huolimatta keskimääräisen huoltovälin löytymisestä ei voida koskaan silti olla varmoja osien kestävydestä. Osissa saattaa olla valmistusvirheitä, ne voidaan asentaa väärin tai vioittuminen voi johtua käyttäjän virheestä. (Patton 1994)

2.2.4 Kunnonvalvontaan perustuva ennakkohuolto

Kunnonvalvontaan perustuvalla ennakkohuollolla tarkoitetaan sellaista ehkäisevää kunnossapitoa, joka perustuu laitteiston kunnan tarkkailemiseen. Laitteiston kuntoa voidaan tarkastella objektiivisesti esimerkiksi värähtely- tai lämpötila-analyyseillä sekä lukuisilla muilla keinoilla. Objektiiviseen kunnonvalvontaan ei kuitenkaan perehdytä tämän tekstin puitteissa enempää menetelmän kalleuden ja työn laajuuden vuoksi. (Lindley 2008)

Kunnonvalvontaan perustuvaa ennakkohuoltoa voidaan tehdä myös subjektiivisesti, eli visuaalisiin tarkastuksiin. Tämä tarkoittaa ihmisen aisteihin perustuvaa tarkastelua. Tällöin on kuitenkin vaarana, että vikaantumisen aste riippuu tulkitsijasta. (Mäki 2000)

Kunnonvalvonnan tarkoituksena on havaita vikaantumisen alkaminen (”potentiaalinen vika”) sen oireista ennen kuin se johtaa toiminnalliseen vikaan. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi vuotavan putken huomaamista ennen kuin se katkeaa.

2.2.5 Ennakoiva kunnossapito

Korjaavan, ehkäisevän ja kunnonvalvontaan perustuvan kunnossapidon tarkoituksena on ennustaa vikaantumisen ja ehkäistä vikamuodon kehittyminen. Ennakoiva kunnossapito (Proactive Maintenance) tarkoittaa nimensä mukaisesti aktiivista ja systemaattista toimintaa, jonka tavoitteena on vikamuodon ehkäiseminen kaikkien näiden kolmen aiemmin mainitun strategian yhdistelmällä. Jotta menetelmä olisi tehokas, se vaatii tuekseen kattavaa historiatietoa kunnossapidosta ja tehokkaita analyysimenetelmiä. Ennakoivan kunnossapidon ajatukseen liittyy läheisesti myös jatkuvan parantamisen ajatus (Mäki 2000).

Jatkuvan parantamisen ajatuksena on jatkuva kunnossapidon tehokkuuden ja kustannusten arvioiminen. Menetelmän toteuttamisessa voidaan hyödyntää niin sanottua Shewhartin-sykliä, joka perustuu Plan, Do, Check, Act -ongelmanratkaisumalliin (PDCA-sykli) sovellettuna tilastolliseen ohjaukseen. Shewhart-syklissä vaiheet ovat suunnittelu (Plan), aikataulut (Schedule), suoritus (Execute) ja analysointi (analyze). Jokaisen kierroksen jälkeen on tarkoitus tehdä parannuksia edellisellä syklillä kerättyjen tietojen perusteella tavoitteiden saavuttamiseksi. (Narayan 2004)

Suunnitteluvaiheessa määritetään aluksi tavoitteet, joihin tuotantolaitoksen tehokkuuden tulisi ylittää saavuttaakseen tuotannon tavoitteet. Seuraavaksi tunnistetaan ne vikamuodot, jotka estävät meitä pääsemästä näihin tavoitteisiin ja analysoidaan erilaisia menetelmiä ongelman ratkaisemiseksi. Tällä voidaan tarkoittaa esimerkiksi toimivien ja kustannustehokkaiden kunnossapitostrategioiden suunnittelemista. Valitaan korjaavat toimenpiteet ja toteutetaan ne oikeilla aikaväleillä ja riittävän osaamistason omaavalla henkilökunnalla. Samalle laitteelle tehtäviä aikaan perustuvia kunnonvalvonta- ja viantsintätehtäviä voidaan koota yhteen niin kutsutuiksi kunnossapitorutiineiksi. Rutiinien aikana huomatuille alkaville vioille aikataulutetaan ehkäisevä huolto tai ne korjataan ja havaituille toteutuneille vioille tehdään korjaava kunnossapito. Kuten aiemmin mainittiin, ei kaikille laitteen osille kuitenkaan tehdä ehkäisevää huoltoa, vaan jako on tehtävä kustannus-hyöty -analyysin perusteella. Osa tarkasteluista on tehtävä laitteiston ollessa pois tuotannosta ja osan voi tehdä tuotannossa. Tarkastusten avulla voidaan havaita alkavia vikoja ennen kuin ne johtavat tuotantokatkoihin. Tavallisesti alkavien vikojen korjaamiseen kuluva aika on myös helpommin arvioitavissa. (Narayan 2004)

Aikataulutuksen tavoitteena on ajoittaa kunnossapitorutiinit ja toimenpiteet sellaisille ajoille, jolloin tuotanto on vähäisempää tai sitä ei ole, esimerkiksi viikonloppuisin. Jos tuotanto on tauotonta, voidaan huoltotoimenpiteiden viemää aikaa yrittää kompensoida lisäämällä tuotantoa ennen ja jälkeen toimenpiteitä. Myös olemassa olevaa ylikapasiteettia voidaan käyttää hyväksi. Töiden priorisoinnissa ohjenuorana voidaan käyttää sitä, kuinka ne vaikuttavat toimintakykyyn. Tällöin voidaan käyttää esimerkiksi seuraavanlaista luokittelua: ensisijalla ovat suoja- ja turvalaitteet, toiseksi tulevat tuotantolait-

teet ja kolmanneksi kaikki muu. Resurssit tulee myös jakaa tällä perusteella. Resurssien suunnittelussa tulee ottaa myös huomioon henkilöstön osaaminen. Parhaassa tapauksessa jokaisella työntekijällä on oma erityisosaamisalueensa. Huoltojen suunnittelijan vastuulla on huolehtia siitä, että tarvittavat materiaalit, työkalut ja osaaminen ovat saatavilla tarvittaessa. Suunnittelua helpottaa, jos käytetään jonkinlaista sähköistä kunnossapidon tietojärjestelmää (Computerized Maintenance Management System, CMMS). (Narayan 2004)

Työssä työn laatu määrittää sen kuinka luotettavasti laite toimii. Jotta laitteiston luontainen luotettavuus voidaan saavuttaa, tulee niitä käyttää ja huoltaa oikein. Tähän tarvitaan taitoa ja motivaatiota. Taitoa voidaan hankkia kouluttamalla henkilöstöä, mutta motivaation aikaansaaminen voi olla hankalampaa. Ongelmana on usein myös se, että yrityksen johdossa kiinnitetään usein mieluummin huomiota teknisiin yksityiskohtiin, kuin esimerkiksi työympäristöön ja siihen, nauttiiko henkilöstö työstään. Suorituksen tehokkuuteen vaikuttaa olennaisesti myös suunnittelu ja aikataulutus – jos suoritukseen vaadittava laitteisto, dokumentaatio, osat tai työkalut eivät ole saatavilla, tehokkuus kärsii ja hävitään suunnittelulla voitettua aikaa. Suunniteltujen huoltojen toteuttamista aikataulussaan häiritsevät lisäksi myös usein tuotannon asettamat paineet. Loppujen lopuksi oikein tehtyjen suunniteltujen huoltojen toteuttaminen on kuitenkin tuotannon etu. Käytännön syistä Narayan (2004) esittää kuitenkin kirjassaan, että aiemmin mainittujen prioriteettitasojen mukaan tulisi sallia $\pm 10\%$, $\pm 25\%$ ja $\pm 50\%$ tarkkuus suunnitelluista päivämääristä. Jos tämä tarkkuus ylitetään, tulee tämä kirjata ylös jäljitettävyyden vuoksi, sillä ajallaan tehtyjen huoltojen suhde kaikista huolloista on yksi tärkeä tekijä, kun arvioidaan kunnossapidon tuloksia. Huoltojen yhteydessä tulee myös aina kerätä tietoa ja havaintoja, joiden perusteella suunnitteluvaiheessa voidaan tehdä päätöksiä ja korjaavia toimenpiteitä. Onnistuneiden tapausten dokumentaatiota voidaan esimerkiksi käyttää apuna vian paikallistamisessa ja päätöksenteossa vikamuodon mahdollisesti toistuessa tulevaisuudessa. Epäonnistuneiden tapausten dokumentointia voidaan myös hyödyntää korjaavia toimenpiteitä suunniteltaessa. (Mäki 2000; Narayan 2004)

Analysointivaiheessa tutkitaan toimintaa syklin aikana, ei ainoastaan työn toteutusta. Tarkoituksena on myös analysoida sitä, olivatko tehdyt toimenpiteet tarpeellisia ja oikeita. Useissa tapauksissa ehkäisevän kunnossapidon ohjelmat ovat esimerkiksi ylimitoitettuja, josta seuraa, että kunnossapitoa tehdään liikaa, väärille kohteille ja huonosti valituilla aikaväleillä (Mäki 2000). Analysoinnin tarkoituksena on tarkastella tilannetta, niin että tältä vältytään.

Suunnitteluvaiheen analysoinnilla selvitetään, että käsitellään vain niitä systeemejä, joilla on merkitystä turvallisuuden, ympäristön ja tuotannon kannalta. Analysointi on usein aikaa vievää työtä ja siksi tarkasteltavien kohteiden oikea valinta on erityisen tärkeää – aikaa ei kannata hukata sellaisiin kohteisiin, joilla ei ole merkitystä aiemmin mainittujen tekijöiden kannalta. Lopulta saavutettu arvo määräytyy sen perusteella,

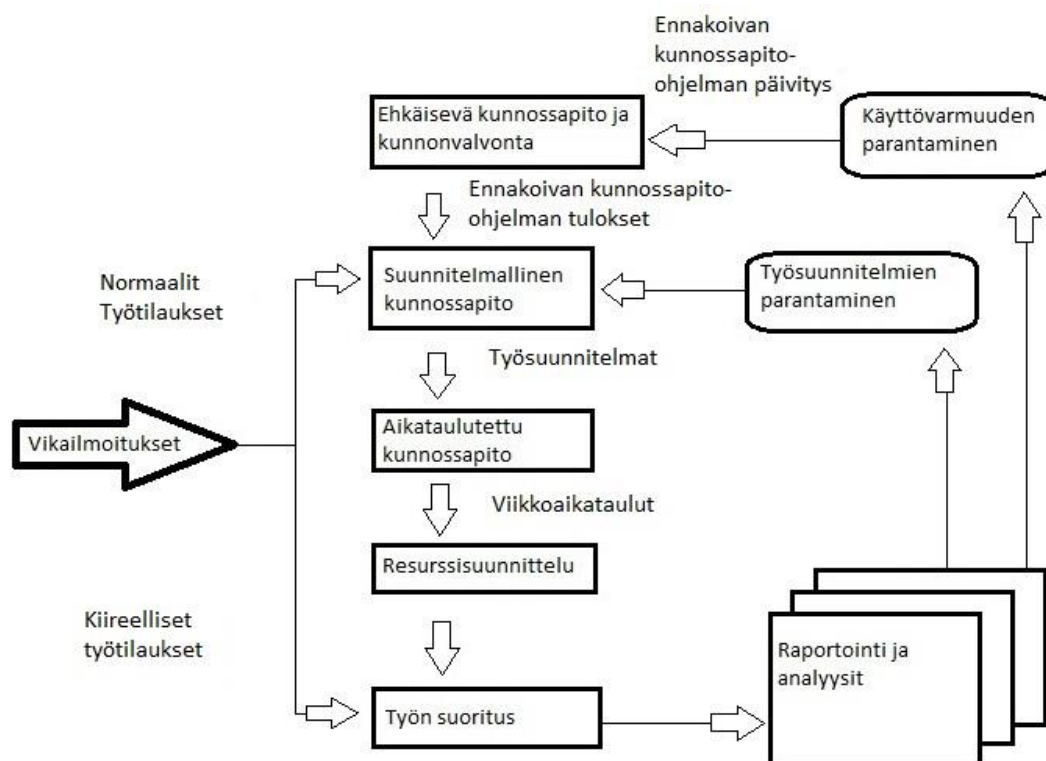
kuinka hyvin tulovirtoja saadaan kasvatettua ja kuinka hyvin kustannuksia saadaan pienennettyä. (Narayan 2004) Itse analyysimenetelmiä esitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

Aikataulutuksen suorituskykyä voidaan arvioida menetetyin ajan suhteella kokonaisaikaan. Menetettyä aikaa syntyy esimerkiksi puuttuvien osien, työkalujen tai muiden resurssien vuoksi. (Narayan 2004)

Suoritusvaiheen suorituskykyä voidaan analysoida monella tavalla, esimerkiksi mittaamalla laitteiston toimintavarmuutta (Mean Time Between Failures, MTBF) tai huoltokatkosten pituutta (Mean Time to Repair, MTTR). Seuraamalla pitkän ajan trendejä valituista suureista voidaan myös tutkia suorituskyvyn kehittymistä ja näin ollen toimenpiteiden tehokkuutta. (Narayan 2004)

Myös itse analyysivaiheen analysoiminen on osa analysointia. Tällöin arvioidaan analyysin perusteella saatuja muutoksia suunnitelmaan. Koska yksi ennakoivan kunnossapidon tarkoituksista on siirtää kunnossapidon painopistettä korjaavasta kunnossapidosta ennakoivampaan suuntaan, voidaan koko prosessin arvioimisessa periaatteessa käyttää näiden suhdetta. Kustannuksia arvioitaessa voidaan käyttää varaosakustannusten lisäksi esimerkiksi töiden tekemiseen käytettyjä työtunteja. Tämä kuitenkin vaatii sen, että jokainen työ ja siihen käytetty aika kirjataan ylös.

Ennakoivalle kunnossapidolle on myös olemassa havainnollisempi ja selkeämpi kokonaismalli, jonka Reimer (1998) on esittänyt. Malli on esitetty alla (Kuva 2.4).



Kuva 2.4 Ennakoivan kunnossapidon kokonaismalli (mukailtu lähteestä Mäki 2000)

Huomattavaa Reimerin mallissa on, että se sisältää kaikki aikaisemmin kuvatut vaiheet, mutta kuvattuna käytännönläheisemmin. Työtilaukset jaotellaan normaaleihin ja kiireellisiin. Molemmista tehdään raportit, joiden pohjalta voidaan tehdä analyyssejä. Näiden perusteella kehitetään suunnittelua ja käyttövarmuutta. Kunnonvalvonnan ja normaalien työtilausten perusteella tehdään työsuunnitelmat, jotka tämän jälkeen aikataulutetaan. Tarvittavien resurssien pohjalta suunnitellaan vasta työlistat, ainoastaan kiireelliset tapaukset ohittavat tämän käsittelyn. Vastuu vikailmoituksista kuuluu sekä tuotanto- että kunnossapitohenkilöstölle (Mäki 2000).

2.3 Toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito

Toinen paljon käytetty ja hyväksytty kunnossapidon ohjausmetodologia on toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito (Reliability Centered Maintenance, RCM). RCM on menetelmä, jonka tavoitteena on muodostaa ehkäisevän kunnossapidon ohjelma, joka mahdollistaa laitteistolta vaaditun turvallisuus- ja käytettävyydystason saavuttamisen ja parantamisen. (Mäki 2000) RCM-menetelmän tavoitteet kuulostavat paljolti samoilta kuin edellä esitellyn ennustavan kunnossapidon ja niitä voidaankin käyttää toisiaan tukevinä menetelminä. RCM eroaa kuitenkin siinä, ettei se rajoitu ainoastaan kunnossapidon maailmaan, kun luotettavuuden parantamiseen etsitään ratkaisuja. (Lindley et al. 2008)

Arvioitaessa järjestelmää toimintavarmuuskeskeisen kunnossapidon avulla pyritään etsimään vastauksia seuraavaan 7 peruskysymykseen: (Moubray 1997)

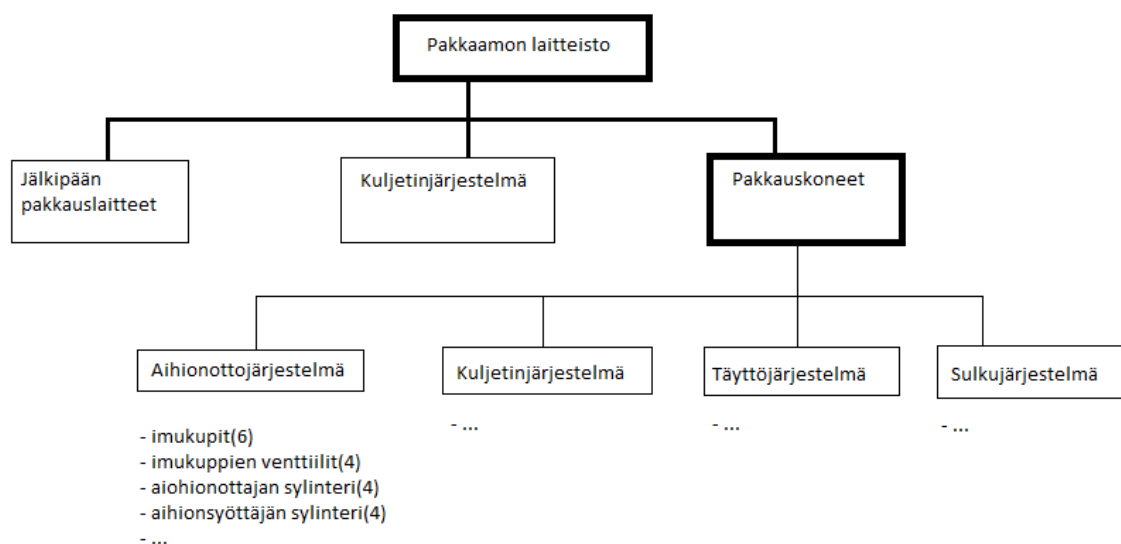
- Mitkä ovat laitteen toiminnot ja millaista suorituskykyä edellytetään?
- Millä tavoin laite epäonnistuu toimintojensa täyttämässä?
- Mitkä ovat kunkin toiminnallisen vian syyt?
- Mitkä ovat vian seuraukset?
- Mitä merkitystä seurauksilla on?
- Miten vika voidaan ennustaa tai ehkäistä?
- Mitä pitäisi tehdä, jos ennaltaehkäisevää toimenpidettä ei ole olemassa?

Kunnossapidollisten menetelmien lisäksi syitä riittämättömään toimintavarmuuteen voidaan etsiä myös laitteiston suunnittelusta, toimintamenetelmistä, koulutuksesta tai muusta kunnossapidon ulkopuolisesta seikasta. (Lindley et al. 2008) Standardissa SFS-IEC 60300-3-11 (1999) kuvataan RCM-prosessille seuraavat vaiheet:

- Tunnistetaan toiminnallisesti merkittävät kohteet
- Määritellään järjestelmän ja/tai osajärjestelmän rajat
- Määritellään kunkin järjestelmän/osajärjestelmän toiminnot
- Tunnistetaan kunkin kohteen osalta toiminnallisen vikaantumisen syyt
- Ennustetaan vikaantumisen vaikutukset ja niiden todennäköisyys
- Käyttäen päätöslogiikkaa luokitellaan toiminnallisesti merkittävien kohteiden vikaantumisen vaikutukset
- Tunnistetaan soveltuvat ja tehokkaat kunnossapitotehtävät, jotka muodostavat alkuperäisen kunnossapito-ohjelman
- Suunnitellaan uudelleen laitteet tai prosessi, jos soveltuvaa menetelmää ei tunnusteta
- Muodostetaan dynaaminen kunnossapito-ohjelma, joka on seurausta kunnossapito-ohjelman rutiininomaisesta ja systemaattisesta päivittämisestä ja revisioista ja jota päivitetään valvomalla, keräämällä ja analysoimalla kunnossapitotietoja.

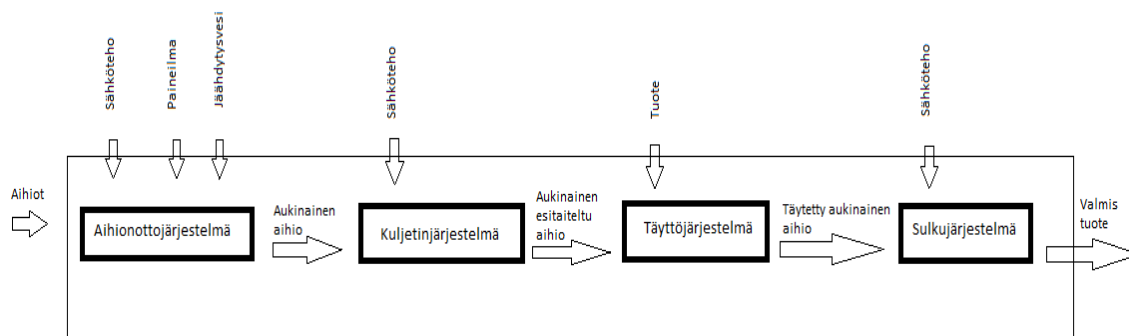
Ensimmäisessä vaiheessa valitaan ne kohteet, jotka kannattaa ottaa mukaan analyysiin. RCM-analyysi on aikaa vievä toimenpide ja tämän vaiheen tarkoituksena on karsia epäoleelliset kohteet pois. Olennaisia ovat sellaiset kohteet, joilla on vaikutusta tuotantolaitoksen käytettävyydelle, toimintakyvylle, laadulle, kustannuksille turvallisuudelle tai ympäristövaikutuksille. Analyysin kohde kannattaa myös valita niin, että sen tuloksena saadaan mahdollisimman suuri hyöty. Tähän voidaan käyttää Pareto-analyysia. Kohteen valintaperusteena voidaan käyttää seisokkiaikoja tai kunnossapitokustannuksia. (Campbell & Reyes-Picknell 2006; Gulati & Smith 2009)

Seuraavassa vaiheessa määritetään valitun järjestelmän tai osajärjestelmän rajat. Tämä helpottaa myös järjestelmän hahmottamista. Kuvassa (Kuva 2.5) on esitetty kuvitteellisesti kuinka esimerkiksi meijerin pakkaamon laitteisto voitaisiin jaotella.



Kuva 2.5 Esimerkki järjestelmän rajojen määrittelystä

Kolmannessa vaiheessa tehdään kuvaukset kunkin järjestelmän toiminnoista. Tätä on demonstroitu esimerkinomaisesti alla olevassa kuvassa (Kuva 2.6).



Kuva 2.6 Toimintojen määrittely

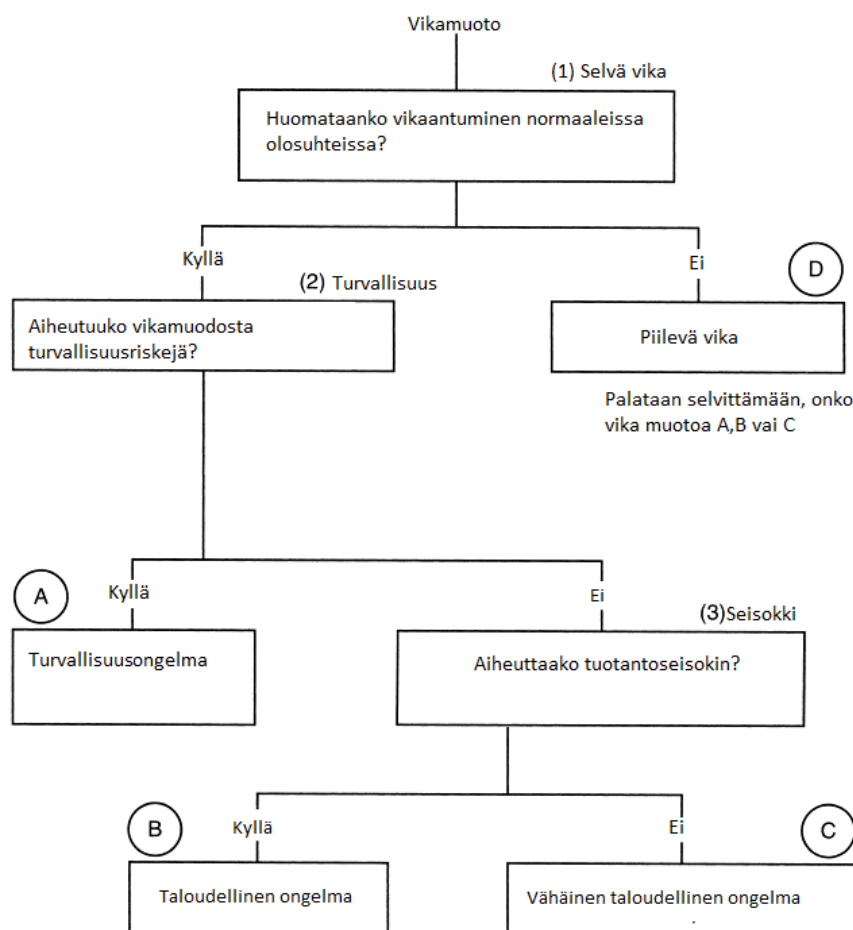
Neljännessä vaiheessa tarkoituksena on tunnistaa syyt, jotka johtavat toiminnalliseen vikaantumiseen. Arvio tehdään kaikille osajärjestelmille ja sen aikana pohditaan millä tavoin laitteisto epäonnistuu sille asetetussa tehtävässä. Jos järjestelmä on jaettu oikein toiminnallisiin kokonaisuuksiin, jaottelu on yleensä melko yksinkertaista. (Lindley et al. 2008) Esimerkiksi Kuva 2.6 sulkujärjestelmän tehtäviä ja toiminnallisia vikoja voitaisiin listata seuraavassa taulukossa (Taulukko 2.1) esitetyllä tavalla.

Taulukko 2.1 Toiminnallisten vikojen määrittely

Toiminto	Toiminnallinen vika	Kuvaus
1.		Aihion liimapintojen lämmittäminen
	1.1	Lämpötila on liian matala
	1.2	Lämpötila on liian korkea
2.		Liimapintojen painaminen yhteen
	2.1	Aihion ei tule ehjänä ulos

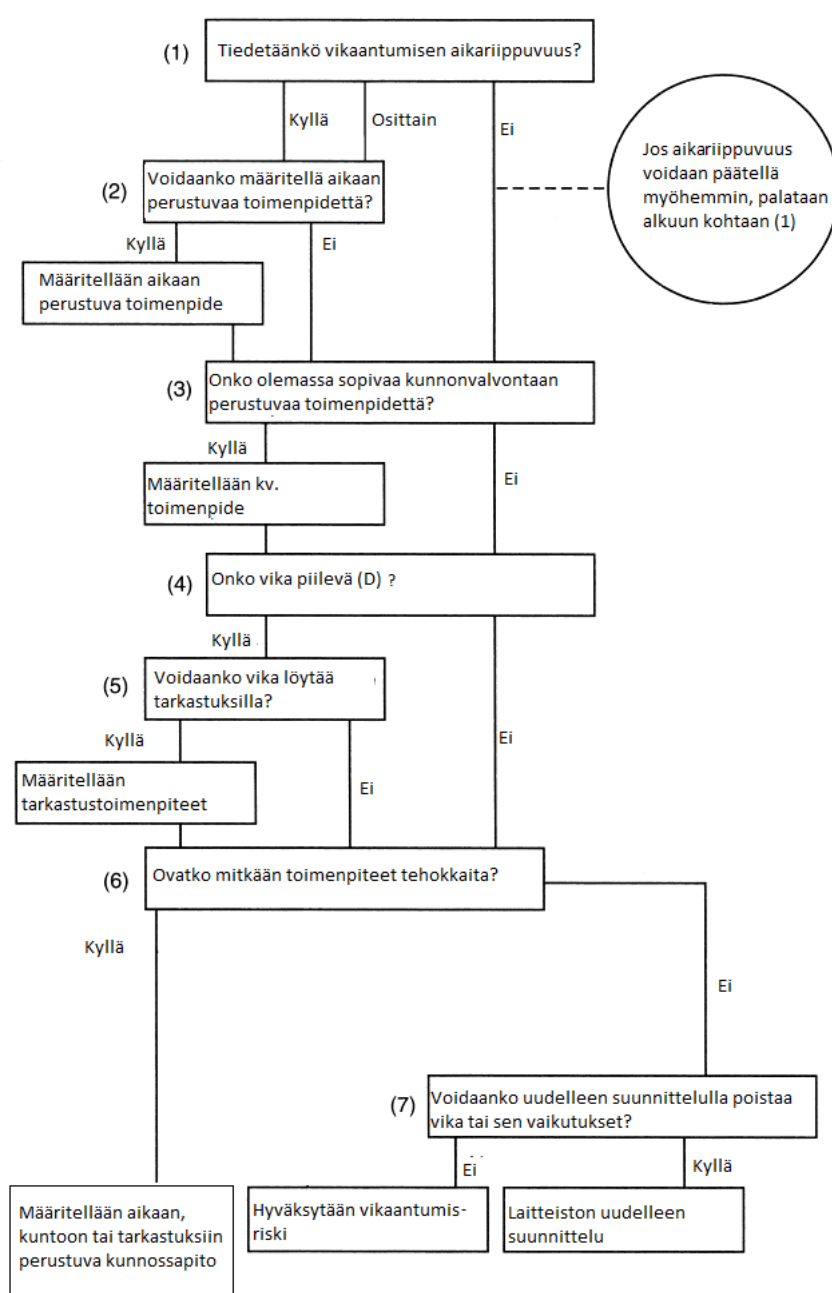
Seuraavassa vaiheessa jokaisesta toiminnallisesta viasta määritetään vikamuodot ja syyt. Lisäksi listataan vian vaikutukset järjestelmän eri osiin. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi luvussa 3.4.7 tarkemmin esiteltävää vika-vaikutusanalyysiä. Vaikutusten perusteella päätellään kannattaako kunkin vikamuodon analysoimista viedä seuraavaan vaiheeseen. (Lindley et al. 2008) Tässä vaiheessa RCM-analyysia etenkin korostuu järjestelmätuntemus ja huolellisen tutkimuksen merkitys. Etenkin vian syy ja vikamuoto menevät helposti sekaisin. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että yleensä syy on usein virheellinen toiminta tai erehdys kun taas vikamuoto on se, jonka eliminoimiseksi ennakoivan kunnossapidon toimia pitää suunnitella (Mäki 2000) Jos vikamuodon aiheuttajana on esimerkiksi virheet toimintatavoissa, ei tämän vikamuodon suhteen analyysia kannata viedä pidemmälle. Tällöin on pyrittävä muuttamaan itse toimintatapoja.

Valittujen vikamuotojen vaikutukset luokitellaan kuvassa (Kuva 2.7) esitetyllä päätöslogiikka-analyysilla. Viat luokitellaan piileviin ja havaittaviin, sekä turvallisuus ongelmiin ja taloudellisiin sekä vähäisiin taloudellisiin ongelmiin. Kun tulokset on listattu, niitä voidaan hyödyntää seuraavassa vaiheessa valittaessa kunnossapitotoimenpiteitä. Tämän vaiheen jälkeen pitäisi olla selvillä, mitkä vikamuodoista vaikuttavat eniten kustannuksiin. Näitä vikamuotoja kannattaa yrittää poistaa ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteillä. (Hinchcliffe & Smith 2003)



Kuva 2.7 Päätöslogiikan käyttäminen (mukailtu lähteestä Hinchcliffe & Smith 2003)

Kuva 2.8 esittää kunnossapidon toimenpiteen valitsemiseen käytettävä päätöksentekologiikan. Jos tuloksena saadaan useampi vaihtoehto kuin yksi, tulee punnita vaihtoehtoja kustannustehokkuuden kannalta. Vertailuun tulee aina ottaa mukaan vaihtoehto vikaantumisen hyväksymisen kustannuksista. Kuitenkin, jos kyseessä on turvallisuusriski eikä mikään ehkäisevä toimenpide ole mahdollinen, on uudelleensuunnittelu tällöin väistämätöntä (Hinchcliffe & Smith 2003). Kustannustehokkuutta arvioitaessa voidaan ottaa vertailuun esimerkiksi riittäviin kunnossapitotoimenpiteisiin tarvittavat kustannukset sekä varaosakustannukset ja seisokkijajan tai laiterikon välttämisen tuomat kustannussäästöt. Kun arviointi on tehty, listataan kullekin vikamuodolle ehdotetut toimenpiteet, niiden tehokkuus ja valittu toimenpide. Lisäksi voidaan arvioida vian esiintymistäajuutta esimerkiksi historiatiedon perusteella.



Kuva 2.8 Kunnossapitotoimenpiteen valinta (mukailtu lähteestä Hinchcliffe & Smith 2003)

Lopulta, kun kunnossapito-ohjelma on muodostettu, sen tehokkuutta arvioidaan jatkuvasti kerätyn tiedon perusteella ja päivitetään tarvittaessa. Tässä vaiheessa kunnollisten historiatietojen olemassaololla on suuri merkitys. Analysoimalla tapahtunutta voidaan esimerkiksi arvioida kustannustehokkuutta ja tarvittaessa päivittää kunnossapito-ohjelmaa ja menetelmiä onnistumisen perusteella. Jos vertailukohtaa ei ole, on mahdollista tarkkailla toimenpiteiden vaikutusta ja kunnossapidon kehitystä.

RCM-menetelmien hyödyntäminen vaatii myös paljon aikaa ja paneutumista sekä laitteiston ymmärtämystä. Se voidaan ajatella suurena projektina, jonka käynnistäminen vaatii huolellista valmistelua. Kuitenkin järjestelmällisten vaiheiden avulla menetelmä vaikuttaa hyvin käyttökelpoiselta. Myös kirjallisuudessa on esitetty monia viitteitä siitä kuinka onnistuneella ja kattavalla RCM-analyysillä on onnistuttu parantamaan huomattavasti kunnossapidon tehokkuutta ja laatua sekä laitteiston hyötysuhdetta. Myös RCM-menetelmän soveltamisessa merkittävimäksi ongelmaksi nousevat organisaatiomuutokset. (Wireman 2005) Usein myös tuotantolaitoksissa syntyvän luotettavan kunnossapitotiedon vähäisyyden vuoksi niiden käyttöarvo kunnossapito-ohjelman optimoinnissa saattaa olla vähäinen (Mäki 2000).

2.4 Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito (Total Productive Maintenance, TPM) on ylemmän tason tuotannollinen filosofia. Se perustuu tuotannon ja kunnossapidon yhteiseen ponnisteluun kohti tuottavaa kunnossapitoa ja maksimaalista laitteiden kokonaishyötysuhdetta (Overall Equipment Efficiency, OEE). Lisäksi tavoitteena on kaikenlaisen hukan minimointi ja nollatoleranssi onnettomuuksien, valmistusvikojen ja laitteiston vikaantumisen suhteen. OEE on tunnusluku, jonka muodostumiseen vaikuttavat niin tuotannolliset, kuin kunnossapidollisetkin seikat. (Geng 2004; Mäki 2000) OEE:ta käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa. TPM ei varsinaisesti liity työn aihepiiriin, mutta sitä käsitellään lyhyesti, koska se liittyy olennaisesti OEE:n käsitteeseen ja menetelmiin, joilla OEE:hen voidaan vaikuttaa myös muilla kuin suoraan kunnossapidollisilla menetelmillä. TPM-filosofian alle liittyy monia tavoitteita, joista seuraavaksi esitellään muutama pääkohta.

Yksi TPM-filosofian pääajatuksista on niin kutsuttu autonominen kunnossapito. Tämä tarkoittaa sitä, että prosessia lähinnä olevat laitteiden käyttäjät, operaattorit, hoitavat osan päivittäisistä yksinkertaisista kunnossapitorutiineista. Tähän voi kuulua esimerkiksi laitteiden puhdistus, jonka aikana voidaan tehdä erilaisia tarkastustoimenpiteitä, säätämistä, kiristystä tai voitelua. Vaativimmat kunnossapitotoimenpiteet ja tarkastelut jätetään kunnossapidon tehtäväksi. Olennaista ajatusmallissa on myös, että laitteiden käyttäjät ymmärtävät myös laitteiston todellisen toiminnan ja suorituskyvyn. Tavoitteena on myös sitouttaa operaattorit tavoitteisiin ja pitämään huolta tuotantolaitteista, kuin ne olisivat heidän omiaan. Operaattorit ovat yleensä lähinnä laitetta ja tunnistavat hel-

poiten poikkeavuudet sen normaalissa toiminnassa. Menetelmän hyödyntäminen vaatii sitoutumista monella tasolla. Sekä tuotannon ja huollon johdon että muun henkilöstön tulee tuntea TPM-filosofian periaatteet ja hyödyt. Kunnossapitohenkilöstön tulee kouluttaa tuotantohenkilöstölle turvalliset ja oikeat kunnossapitotoimenpiteet, joihin tuotantohenkilöstön pitää myös sitoutua. Tuotantohenkilöstön tulee myös säännöllisesti kirjata ylös tietoja laitteiston toiminnasta ja tekemistään tarkastuksista ja havainnoista. (Lindley et al. 2008)

TPM-filosofia hyödyntää myös aikaisemmin käsiteltyjä ennakoivan kunnossapidon menetelmiä. Ajatuksena on, että kun tuotantohenkilöstä pystyy hoitamaan osan kunnossapitotoimenpiteistä itse, jää kunnossapidolle enemmän aikaa ennakoiviin toimenpiteisiin. Suunnitelmallisella kunnossapidolla voidaan laskea suunnittelemattoman kunnossapidon kustannuksia, mutta liika suunnitelmallisuus voi nostaa kustannuksia. TPM pyrkii kokonaiskustannusten minimointiin tasapainoisella kunnossapidon suunnittelulla. TPM:n kanssa hyödynnetään tavallisesti myös esiteltyjä RCM-menetelmiä. (Lindley et al. 2008)

Kolmantena pääpainona TPM-filosofiassa on kunnossapidon vähentäminen. Tähän pyritään laitteiston suunnittelun ja automaattiseen kunnonvalvontaan perustuvan kunnossapidon avulla. Laitteistonsuunnitteluun pyritään vaikuttamaan yhteistyössä laitetoimittajien kanssa. Tarjoamalle heille tietoa kunnossapidosta voidaan pyrkiä kehittämään laitteita kohti helpompaa kunnossapitoa ja parempaa soveltuvuutta autonomiseen kunnossapitoon. Lisäksi laitetoimittajilla on usein tarjolla dataa siitä, kuinka usein laitteistolle kannattaa tehdä esimerkiksi tarkastuksia ja suunniteltua huoltoa. (Lindley et al. 2008)

Lindley (2008) vertaa kirjassaan TPM-filosofiaa auton omistamiseen. Auton omistaja (laitteen operaattori) tekee autoonsa tavallisesti pieniä ylläpitotoimenpiteitä, kuten öljynvaihtoa ja ilmanpaineiden tarkastusta. Kohdattaessa suurempia ja vaikeampia ongelmia apuun kutsutaan automekaanikko (kunnossapito). Kuitenkin suurin osa perinteisistä organisaatiosta käsittelee tuotantolaitteistoaan aivan kuin se olisi vuokra-auto.

3 KÄYTTÖVARMUUDEN JA KUNNOSSAPIDON TUNNUSLUVUT

Tässä luvussa käsiteltävät tunnusluvut voidaan jakaa periaatteessa kahteen kategoriaan – puhtaasti kunnossapidon suorituskykyä mittaaviin ja kunnossapitotoimintaa tukeviin, sekä tuotannon kokonaistehokkuutta mittaaviin tunnuslukuihin. Jälkimmäiseen vaikuttaa myös tuotantohenkilöstön ja koko organisaation tehokkuus. Erilaisten tunnuslukujen avulla voidaan seurata ja ohjata yrityksen toimintaa – mitä et mittaa, sitä et voi ohjata. Tunnusluvuista on usein järkevää jalostaa informaatiota, jota voidaan käyttää hyväksi päätöksenteossa. Niiden havainnollistamiseksi voidaan muodostaa esimerkiksi erilaisia trendejä tai kuvaajia, joista nähdään helpommin ja nopeammin tapahtuneet muutokset ja kokonaiskuva. Tunnuslukuja voidaan käyttää myös arvioitaessa toiminnan kustannuksia, mikä on hyvin oleellista esimerkiksi kunnossapitostrategioiden ja tuotannon toimintatapojen kustannustehokkuutta arvioidessa.

Tässä luvussa käsitellään aluksi menetelmiä tunnuslukujen keräämiseksi käsin ja automaattisesti. Lisäksi keskustellaan häiriönseurannasta sekä muutamista tärkeistä kunnossapidon ja tuotannon tunnusluvuista. Lopuksi esitellään myös menetelmiä tuotannonseurantajärjestelmän avulla kerättyjen tunnuslukujen analysoimiseksi.

3.1 Tunnuslukujen kerääminen

Tunnuslukuja kerättäessä tiedon oikeellisuudella on suuri merkitys. Tiedon oikeellisuuden varmistaminen, joka on myös tämän työn keskeisessä osassa, on erityisen oleellista etenkin automaattisen tiedonkeruun yhteydessä. Kuitenkin myös kirjattaessa tietoja käsin, tiedon merkityksen ymmärtäminen voi lisätä motivaatiota oikeellisen tiedon syöttämiseen ja arviointiin.

Tunnusluvut voidaan jakaa ominaisuuksiensa perusteella kahteen kategoriaan – laskettavaan tietoon (Attribute data) ja mitattavaan tietoon (Variable data). Laskettavaa dataa ovat tuotteiden ja ilmiöiden määrät, kun taas mitattavaa dataa ovat esimerkiksi paino tai aika. Huomattavaa on, että vaikkapa erilaisten ilmiöiden kestosta voidaan mitata myös niiden määrä. Häiriöiden merkittävyys voi esimerkiksi vaihdella suuresti riippuen siitä tarkastellaanko niitä keston vai määrän kautta. Tiedonkeruuta kehitettäessä tulee tunnistaa myös tietolähteet ja niiden riittävyys, tarvittaessa pitää löytää tai muodostaa uusia tietolähteitä tiedon saamiseksi tai sen laadun parantamiseksi. (Gulati & Smith 2009)

Puhuttaessa tunnusluvuista ja niitä määritettäessä on oleellista ymmärtää seuraavat perusominaisuudet: (Kuusisaari 2000; Reimer 1997 ja Wireman 1998 Mäen 2000 mukaan)

- Miten tunnusluku lasketaan?
- Mitä tunnusluku kertoo?
- Mihin tunnuslukua käytetään?
- Mitkä ovat sen hyvät ja huonot ominaisuudet?
- Mikä on tavoitearvo ja sallittu vaihteluväli?
- Kuinka täydellistä kerätty tieto on?
- Kuinka tarkkaa ja laadukasta tieto on?
- Kuinka ajan tasalla tieto on?
- Kuinka käyttökelpoista tieto on?

Kun nämä ominaisuudet ja niiden merkitys tiedon kirjaamisessa sekä tarvittavat työkalut ymmärretään, voidaan tunnuslukuja käyttää tehokkaana takaisinkytkentänä kunnossapidon ja tuotannon päivittäisistä rutiineista. (Mäki 2000) Seuraavaksi käsitellään sekä automaattista tiedonkeruuta että tietojen syöttämistä käsin.

3.1.1 Automaattinen tiedonkeruu

Automaattisella tiedonkeruulla (Automated Data Collection, ADC) tarkoitetaan teknologioita, joiden avulla pyritään tunnistamaan fyysisiä objekteja ja laitteiden tilatietoja. ADC:n etuna on suuri tehokkuus ja tarkkuus. Teknologian käyttö mahdollistaa myös reaaliaikainen tiedonkulku, jonka avulla esimerkiksi tuotantotietoa voidaan kerätä ja hyödyntää nopeasti. (Zandin 2001) Automaattisen tiedonkeruun etuna voidaan nähdä myös virheettömyys – järjestelmä kirjaa tietoa täysin objektiivisesti siinä missä ihminen voi sortua huolimattomuuteen tai esimerkiksi numeroiden kaunisteluun. Automaattisen tiedonkeruun yhteydessä on erityisen tärkeää ymmärtää aiemmin mainitut perusominaisuudet tiedon merkityksen ymmärtämiseksi.

Automaattisen tuotantotiedon keruu vaatii tavallisesti jonkin tapahtuman, ilmiön tai ominaisuuden tunnistamista ja/tai mittaamista. Tiedonkeruuseen liittyy myös rekisteröinnin käsite. Tieto on jatkuvasti tiedonkeruujärjestelmän luettavissa, mutta se rekisteröidään vasta jonkin ulkoisen tapahtuman käynnistämänä. Tavallisesti tuotannosta rekisteröitäviä tietoja ovat esimerkiksi tapahtumien kestot ja erilaiset kappalemäärät. Kunnossapidon ja tuotantotehokkuuden kannalta olennaisia asioita, kuten koneen tila (käynnissä, pysähtynyt, huollossa, sammutettu) on periaatteessa teknisesti helppo saada esimerkiksi ohjauslogiikan kautta. Myös häiriöiden paikallistaminen tiettyyn koneen osaan on mahdollista, mutta häiriön syyn automaattinen selvittäminen voi olla haastavampaa. (Bäck et al. 1996) Kerätyn tiedon perusteella voidaan saada tuotantotietoa myös epäsuorasti. Esimerkiksi hylätyn tuotannon, tuotantomäärien ja tavoitemäärän perusteella voidaan päätellä, onko tuotanto edellä vai jäljessä tuotantoaikataulusta. Keskimääräisen häiriövälän lyhentyessä voidaan todeta, että laitteisto tarvitsee kunnossapitoa.

Tuotantotiedon keräämiseen on olemassa monenlaisia menetelmiä, jotka perustuvat esimerkiksi konenäköön, viivakoodeihin tai RFID-siruihin (Radio Frequency Identification) (Zandin 2001). Tämän työn kannalta olennaisimpia menetelmiä ovat kuitenkin aiemmin mainittujen tuotantotilojen seuranta, tuotantomäärien laskeminen muun muassa valokennojen avulla, häiriöiden seuranta sekä jatkoinformaation jalostaminen näiden perusteella. Periaatteessa työn yhteydessä voidaan puhua puoliautomaattisesta tiedonkeruusta, sillä esimerkiksi vikadiagnoosien tekeminen ja tietojen luokittelu jää ihmisen tehtäväksi (Mäki 2000).

3.1.2 Tietojen syöttäminen käsin

Kaikkea tieto ei voida kerätä automaattisesti. Siinä missä automaattisella tiedonkeruulla voidaan kerätä luotettavaa tietoa esimerkiksi häiriöväleistä, voidaan käsin tehdyllä kirjaamisella saada tarkempaa tietoa häiriöiden syistä ja huoltotoimenpiteistä tai havainnoista. Tätä tietoa voidaan käyttää hyväksi etenkin suunniteltaessa ennakoivan kunnossapidon toimenpiteitä. Kun kerätään tietoja käsin, tiedot on järkevintä siitä huolimatta syöttää tietokoneille analysoinnin helpottamiseksi. Se kuinka tehokasta ja oikeellista käsin syötetty tieto on, riippuu myös henkilöstön motivaatiosta sekä osaamisesta. (Wierman 2005) Lähtökohtaisesti kaikista kunnossapitotoimenpiteistä tulisi tehdä kirjaus ja se tulisi ottaa osaksi kunnossapitorutiineja.

Mäki (2000) esittää lisensiaatintutkimuksessaan ongelman tuotanto- ja kunnossapitoorganisaatioiden kahtiajaosta. Tästä seuraa usein hänen mukaansa se, että historiatietoa tallentuu tyypillisesti kahteen eri tietojärjestelmään. Tuotannon käyttämään tuotannonohjausjärjestelmään tallentuu yleensä vioista aiheutuneet tuotantokatkokset ja niiden kestoajat. Kunnossapidon tietojärjestelmään taas tallennetaan laitteiden kunnossapitotieto laiterekisteriin. Tämä jako hankaloittaa systemaattista käyttövarmuuden analysointia ja kehitystä. Ratkaisuna tähän esitetään näiden järjestelmien tietojen yhdistämistä. Lisäksi tutkimuksessa todettiin, että kunnossapidon historiatiedot tulee kirjata selkeiden vikaluokittelujen avulla, jotta niille voitaisiin tehdä tilastollista analysointia tietokantahakujen perusteella. Tällä tarkoitetaan sitä, että vian diagnoosia syötettäessä luokitellaan myös vaikkapa kohde, syy ja vaikutus käyttäen mahdollisimman pitkälle valmiita valikopohjaisia listoja. Vaikka tutkimus koskikin paperitehtaiden kunnossapitoa, ei ole syytä epäillä, etteivätkö menetelmät voisi soveltua myös meijerin pakkausautomaatiossa käytetyllä laitteistolle ja prosessiautomaation instrumenteille.

3.2 Häiriönseuranta ja kunnossapidon suorituskyvyn arviointi

Häiriönseurannan avulla voidaan saada tietoa erilaisten häiriöiden kestoista ja esiintymistiheydestä. Kokemukset osoittavat, että häiriöiden kirjaaminen käsin ei ole kovin luotettavaa, sillä inhimilliset tekijät ja motivaatio vaikuttavat suuresti kirjaamistarkkuu-

teen. Automaattisen häiriönseurannan avulla on sen sijaan saatu hyviä tuloksia lukujen luotettavuuden osalta. (Lehtinen 2004)

Nykyaikaisista pitkälle anturoiduista ja automatisoiduista tuotantolaitteista on suhteellisen helppoa saada eroteltua erilaiset häiriötilanteet ja luokiteltua ne automaattisesti. Laitteiston tilan perusteella voidaan laskea esimerkiksi tuotannon kokonaistehokkuutta sekä keskimääräistä häiriöväliä. Näiden avulla voidaan pyrkiä poistamaan tuotannon pullonkauloja ja paikantamaan häiriölähteitä niiden eliminoimiseksi. (Bäck et al. 1996; Lehtinen 2004)

3.2.1 Toimintavarmuus, MTBF

Toimintavarmuutta voidaan mitata keskimääräisellä häiriövälillä (Mean Time Between Failures), joka on keskimääräinen aika häiriön edellisen korjauksen ja seuraavan vikaantumisen välillä. Toimintavarmuus ilmaistaan yleensä tunneissa ja se voidaan laskea seuraavalla kaavalla (Smith 2011; Hansen 2002)

$$MTBF = \frac{\text{Kokonaisaika}}{\text{Häiriöiden lukumäärä}} \quad (1)$$

Toimintavarmuus voidaan laskea esimerkiksi tietylle häiriölle, laitteelle tai tuotantolinjalle. Se, kuinka tarkkaa tietoa esimerkiksi tietyn tuotantolaitteen häiriöväleistä saadaan, riippuu siitä, kuinka tarkkaan laitteiston häiriöitä pystytään keräämään ja kohdistamaan eri laitteiston osille. Jos laitteistosta saadaan ainoastaan tieto häiriöstä (seisokki, suunnittelematon), voidaan sitä hyödyntää esimerkiksi kokonaistehokkuuden laskemiseksi, mutta kunnossapidollinen hyöty jää melko vähäiseksi.

Jos keskimääräisen häiriövälin tieto on riittävän tarkkaa, sitä voidaan käyttää apuna suunniteltaessa ennakkohuoltoa. (Patton 1994) Koska MTBF on tilastollinen suure, sen avulla ei yleensä voida määrittää tarkkaa hetkeä laitteen vikaantumiselle, mutta sen avulla voidaan kuitenkin tarkkailla esimerkiksi ennakoivan kunnossapidon toimenpiteiden tuloksia ja onnistumista tarkkailemalla MTBF-arvojen kehittymistä. Kun on olemassa riittävästi tarkkaa historiatietoa vikaantumisväleistä, niiden avulla voidaan tehdä luotettavuuslaskentaa. Luotettavuuslaskennan avulla voidaan selvittää millä todennäköisyydellä laite vikaantuu tiettyä aikana. (Smith 2011; Hansen 2002)

3.2.2 Keskimääräinen korjauksen odotusaika MWT

Keskimääräinen korjauksen odotusaika (Mean Waiting Time, MWT) on aika, joka kuluu vian havaitsemisesta korjauksen alkamiseen. Siihen vaikuttaa kunnossapitotyön valmisteluun menevä aika, osien ja työkalujen hankintaan kuuluva aika, kunnossapitohenkilöstön saatavuus ja muut viivästyksset vian havaitsemisen ja korjaamisen välillä. (Lapinleimu et al. 1997)

Odotusajan saaminen järjestelmistä ilman manuaalista kirjausta on yleensä käytännössä melko hankalaa, mutta se voidaan periaatteessa laskea, jos tiedetään seisokkiaika ja korjaukseen kulunut aika. *MWT* on tärkeä tunnusluku arvioitaessa kunnossapidon suunnittelua ja kustannustehokkuutta. (Lindley et al. 2008)

3.2.3 Korjausaika, TTR, MTTR

Keskimääräinen korjausaika (Mean Time To Repair, MTTR) ja korjausaika (Time To Repair, TTR) ovat tunnuslukuja, jotka kertovat korjaamiseen menneen ajan osuuden seisokista. (Gulati & Smith 2009; Hansen 2002) Keskimääräisen korjausajan perusteella voidaan arvioida kunnossapidon tehollisen ajan kustannuksia (aika, jona korjataan) ja näin arvioida kunnossapitostrategioiden kannattavuutta.

Korjausaika voidaan saada selville kunnossapitohenkilöstön tekemien kirjausten perusteella. Korjausaika voidaan myös erotella suunnitelmalliseen ja suunnittelemattomaan kunnossapitoon. Näiden suhdetta voidaan käyttää arvioitaessa suunnitelmallisen kunnossapidon onnistumista. (Gulati & Smith 2009)

3.2.4 Keskimääräinen seisokkiaika, MDT

Keskimääräinen seisokkiaika (Mean Down Time, MDT), on aika jolloin laite on keskimäärin poissa tuotannosta häiriön tai suunnitellun korjauksen takia. Se koostuu korjauksen odotusajasta sekä korjausajasta. Keskimääräinen seisokkiaika voidaan laskea kaavalla

$$MDT = MWT + MTTR. \quad (2)$$

Keskimääräinen seisokkiaika on tunnusluku, jota kunnossapidon toiminnalla tulisi pyrkiä minimoimaan käytettävyyden maksimoinniksi. Tähän voidaan pyrkiä etsimällä ja eliminoimalla syitä odotusajan pituuteen sekä minimoimalla suunnittelematonta korjausta. (Smith 2011; Turunen et al. 2008)

3.2.5 Asetusaika

Asetusaika (Changeover time) on tuotantoajasta menetetty aika, joka koostuu periaatteessa suunnitelmallisista tauoista. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi tuotevaihtoja, koon muutoksia, säätöjä, testausta tai materiaalin lisäystä. (Hansen 2002)

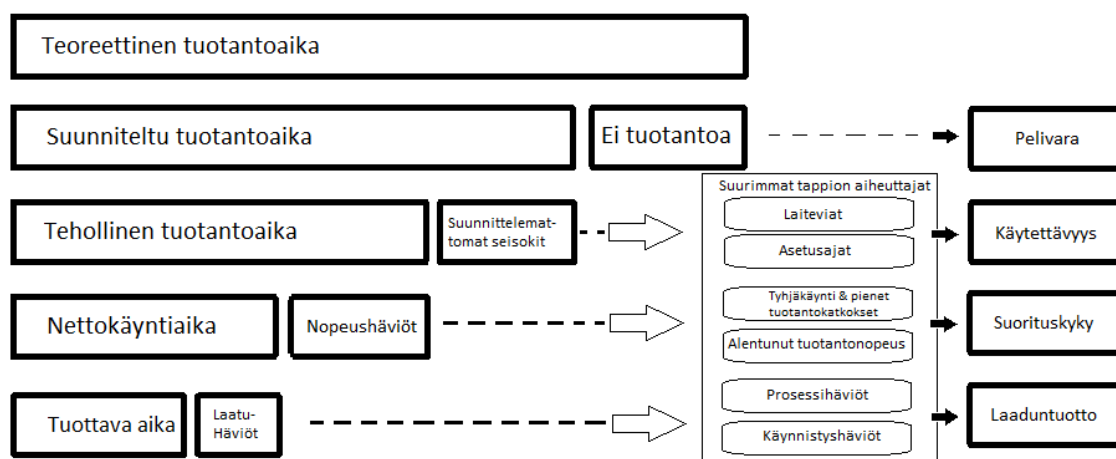
Asetusaika on laitevikojen ja tuotantohäiriöiden (muun muassa materiaalin puute) lisäksi yksi tekijä, joka vaikuttaa laitteen käytettävyyteen. Toisin kuin laitevioista aiheutuvat seisokit, asetusajat riippuvat lähinnä tuotannonsuunnittelusta, tuotantohenkilöstön toiminnasta ja menetelmistä. (Hansen 2002)

Asetusaikoja voidaan lyhentää esimerkiksi varmistamalla tarvittavien materiaalien saatavuus ja automatisoimalla esimerkiksi tuotevaihtoon tarvittavia toimenpiteitä mahdollisimman pitkälle. Asetusajat voidaan yleensä saada laitteiston ohjauslogiikan kautta.

3.3 Tuotannon kokonaistehokkuus, OEE

Tuotannon kokonaistehokkuus (Overall Equipment Effectiveness, OEE) on tunnusluku, jonka avulla kuvataan laitoksen, tai laitteen kokonaistehokkuutta. Se tunnetaan Suomessa myös lyhenteellä KNL (käytettävyys, nopeus ja laaduntuottokyky). Tunnuksluvun tarkoituksena on kuvata kokonaistehokkuutta näiden kolmen tekijän tulona. (Turunen et al. 2008; Mäki 2000)

OEE liittyy alkujaan aikaisemmin käsiteltyyn kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon käsitteeseen, mutta on myöhemmin muodostunut käytännön kokemusten kautta itsenäiseksi työkaluksi. OEE-tunnukslukua arvostetaan myös sen takia, että sen avulla kunnossapidon ja tuotannon yhteisvaikutusta voidaan havainnollistaa paremmin. (Hansen 2002). Kuvassa (Kuva 3.1) esitetään periaate siitä, kuinka OEE muodostetaan.



Kuva 3.1 OEE:n muodostuminen (mukailtu lähteestä Turunen et al. 2008)

Teoreettisella tuotantoajalla tarkoitetaan teoreettista maksimituotantoaika. Esimerkiksi, jos tuotantolaitoksella tehdään töitä 8 tuntia päivässä, voidaan olettaa, että tämä on teoreettinen tuotantoaika. Teoreettisella tuotantoajalla voidaan tarkoittaa myös maksimaalista käytettävissä olevaa aikaa, esimerkiksi päivässä 24 tuntia. Teoreettiseen tuotantoaikaan ei käytännössä päästä ja usein päivän suunniteltu tuotantoaika onkin pienempi. Aika, joka jää jäljelle teoreettisen ja suunnitellun tuotantoajan erotuksena voidaan katsoa pelivaraksi. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi ennakoivien huoltojen tekemiseen. Tehollinen tuotantoaika on aika, joka suunnitellusta tuotantoajasta pystytään hyödyntämään tuotantoon. Suurimmat suunniteltua tuotantoaika vähentävät tekijät ovat laitteviat, tuotantohäiriöt ja tuotevaihtoista aiheutuvat asetusajat sekä säädöt. Suunnitellun tuotantoajan ja tehollisen tuotantoajan suhdetta kutsutaan käytettävyudeksi (Availability, A). Se voidaan laskea kaavalla: (Turunen et al. 2008)

$$A = \frac{\text{Suunniteltu tuotantoaika} - \text{Seisokkiaika}}{\text{Suunniteltu tuotantoaika}} = \frac{\text{Tehollinen tuotantoaika}}{\text{Suunniteltu tuotantoaika}}. \quad (3)$$

Kun tehollisesta tuotantoajasta vähennetään nopeushäviöiden aiheuttamat tappiot, jää jäljelle Nettokäyntiaika. Nopeushäviötä aiheuttavat pääasiassa tyhjäkäynti, pienet tuotantokatkokset ja alentunut tuotantonopeus. Kun tiedetään laitteiston teoreettinen tuotantokyky ja toteutunut tuotantomäärä, voidaan laskea näiden suhteesta suorituskyky (Performance, P). Suorituskyvyn laskemiseen voidaan käyttää kaavaa (Turunen et al. 2008)

$$P = \frac{\text{Tuotettu kappalemäärä} \times \text{ideaalinen kappaleaika}}{\text{Tehollinen tuotantoaika}} = \frac{\text{Toteutunut tuotantomäärä}}{\text{Teoreettinen tuotantomäärä}}. \quad (4)$$

Viimeiseksi nettokäyntiajan tuottavuudesta on vähennettävä laatuhäviöt, joita syntyy hylätystä ja korjattavasta tuotannosta. Hyväksytyyn tuotannon suhde kokonaistuotannosta muodostaa näin ollen laaduntuottokyvyn parametrin (Quality, Q). (Hansen 2002; Turunen et al. 2008) Laaduntuotto kyky voidaan laskea kaavalla (Turunen et al. 2008)

$$Q = \frac{\text{Kokonaistuotanto} - \text{Hylätty tuotanto}}{\text{Kokonaistuotanto}}. \quad (5)$$

Kun kaikki kolme parametriä A, P ja Q on saatu selvitettyä, OEE voidaan laskea. OEE lasketaan kaavalla (Hansen 2002)

$$OEE = A \times P \times Q. \quad (6)$$

Usein yrityksissä on ongelmana, että johdolla ei välttämättä ole selkeää tietoa yrityksen kokonaistehokkuudesta (Turunen et al. 2008). Tilanne voi esimerkiksi vaikuttaa näennäisesti hyvältä, jos kukin kolmesta parametrasta on saatu arvoon 85 %. Kuitenkin tällöin OEE:n kaavan (3) mukaisesti saadaan hyödynnettyä ainoastaan noin 61 % laitteiston teoreettisesta maksimikapasiteetista. Wireman (2005) esittää kirjassaan tavoitteelliseksi arvoiksi käytettävyydelle 90 %, suorituskyvyille 95 % ja laaduntuottokyvyille 99 %. Tällöin saataisiin todellisuudessa hyödynnettyä 85 % maksimitehokkuudesta. Myös Hansen (2002) suosittelee kirjassaan tavoittelemaan 85 % OEE:ta, kun kyse on kappale-tavaraluontoisesta erätuotannosta. Käytännössä kuitenkin numeroiden liika tuijottelu saattaa johtaa sokeutumiseen muiden tavoitteiden suhteen. Esimerkiksi elintarviketeollisuudessa tuotteiden säilyvyys saattaa hankaloittaa tuotannonsuunnittelua. Tällöin esimerkiksi tuotantoerien suurentaminen vaihtoaikojen vähentämiseksi ei välttämättä johda parempaan taloudelliseen tulokseen.

OEE on tehokas työkalu tuotannon ja kunnossapidon henkilöstölle laitteiston suorituskyvyn parantamiseksi. Sen avulla voidaan paikallistaa tuotantotehokkuutta rajoittavia pullonkauloja ja häviöitä. Vaikutusten näkeminen ja muutosprosessissa vaikuttajana

oleminen auttaa henkilöstöä motivoitumaan. Prosessihäiriöiden ja odotteluaikojen väheneminen vähentää myös turhautuneisuutta. Parannus missä tahansa parametrissa auttaa luonnollisesti kasvattamaan kokonaistehokkuutta, mutta voimavaroja kannattaa keskitellä sille alueella, jossa häviöt ovat suurimmat. (Hansen 2002)

3.3.1 OEE:n mittaaminen

Kuten aiemmin todettiin, luotettavien tunnuslukujen ja näin ollen luotettavan OEE-arvon saamiseksi, tiedon keruu on tehtävä käytännössä automaattisen tiedonkeruun avulla. OEE:n laskemiseksi tarvitaan vähintään seuraavia tunnuslukuja:

- Suunniteltu tuotantoaika
- Seisokkiaika
- Toteutunut tuotantomäärä
- Teoreettinen maksimituotantonopeus
- Hyväksytyn tuotannon määrä

Tietoa voidaan saada häiriökirjanpidon, tuotantoraporttien ja koneiden ohjausjärjestelmien avulla. Kun nämä tunnusluvut ovat selvillä, voidaan niitä hyödyntää OEE:n laskemisen lisäksi myös hävityn ajan arvioinnissa. Aikahäviöitä ja hylätyn tuotannon määrää voidaan hyödyntää myös niistä aiheutuneiden kustannusten arvioinnissa. Kustannusarviota voidaan tarkentaa entisestään, jos tiedossa on tarkempaa tietoa seisokkiajan todellisista kokonaiskustannuksista ja laitteiston elinkaarikustannuksista. (Bäck et al. 1996; Hansen 2002; Turunen et al. 2008) Seuraavaksi esitellään lyhyesti keinoja, joilla OEE-parametreihin voidaan vaikuttaa.

3.3.2 Käytettävyys, A

Käytettävyys koostuu suunnittelemattomista seisokeista, tuotantohäiriöistä sekä asetus- ja säätöajoista. Sitä voidaan luonnollisesti vähentää vaikuttamalla näihin tekijöihin. Seisokkiaikoja voidaan vähentää pyrkimällä siirtämään kunnossapidon painopistettä ennakoiivaan kunnossapitoon. Jos seisokeista on saatavilla riittävän tarkkaa häiriökirjanpitoa, suurimpia häiriötekijöitä voidaan paikallistaa ja yrittää poistaa niiden juurisyyt. Tähän käytettäviä analysointimenetelmiä esitellään tarkemmin luvun lopussa.

Asetusajat tuottavat jatkuvasti toistuvia menetyksiä teholliseen tuotantoaikaan. Jos Asetus- ja säätöajat muodostavat merkittävän häviön OEE-arvoon, voidaan niitä yrittää vähentää analyttisellä SMED-menetelmällä (Single Minute Exchange of Die).

Yleensä SMED-menetelmää käyttäessä perustetaan uusien menetelmien testaamista ja kehittämistä varten erityinen ryhmä tuotannon työntekijöistä, jotka osallistuvat tuotevaihtoon. Tämän ryhmä on tarkoitus myöhemmin opettaa uusi menetelmä sen valmistuttua myös muille työntekijöille. Ensimmäisenä tuotevaihto tulisi dokumentoida tarkasti esimerkiksi videoimalla jokainen vaihe. Tämän jälkeen tiimi arvioi jokaisen vaihtoon

tarvittavan vaiheen ja siihen kuluvan ajan aivohiirimenetelmällä. Tarkoituksena on pohdita vaiheiden olennaisuutta ja kuinka niitä voitaisiin nopeuttaa. Vaiheita voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin sen perusteella, onko niiden välttämätöntä sijoittua vaihdon aikajanelle vai voitaisiinko niitä tehdä esimerkiksi etukäteen. Analysoinnin avuksi voidaan piirtää taululle viiva, jolle tehtävät merkitään erivärisillä liimalapuilla aikajärjestykseen sen perusteella ovatko ne sisäisiä, vai ulkoisia toimenpiteitä. Aikajanaa analysoitaessa lappuja voidaan siirrellä sen mukaan, jos niitä on esimerkiksi mahdollista tehdä yhtä aikaa. Tällä tavoin vaihdon kokonaisaikaa voidaan lyhentää. Uudet menetelmät voivat hyödyntää esimerkiksi yhteistyötä, jos resursseja on saatavilla. Lopuksi tarkastellaan tuloksia ja analysoidaan onnistumisia ja epäonnistumisia sekä pohditaan, kuinka menetelmää voitaisiin parantaa, tämän jälkeen analyysi tehdään alusta, kunnes saadaan aikaan riittävän hyvä uusi menetelmä, joka voidaan opettaa myös muille työntekijöille. Menetelmää voidaan soveltaa myös pikkuhiljaa niin, että uusia iteraatioita tehdään vasta, kun entiset toimintatapamuutokset on omaksuttu. (Hansen 2002)

3.3.3 Suorituskyky, P

Heikko suorituskyky ilmenee siten, että saavutettuna tehollisena käyntiaikana ei saada tuotettua sitä määrää tuotteita, joka laitteiston suorituskyvyn mukaan olisi mahdollista. Suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä olivat tyhjäkäynti, pienet tuotantokatkokset ja alentunut tuotantonopeus.

Tuotantojärjestelmän pullonkaulat aiheuttavat yleensä tyhjäkäyntiä. Tuotantolaitte joutuu odottamaan jotakin tuotteen tai osien saamista joltakin toiselta tuotantolaitteelta. Tuotantolaitteen tyhjäkäyntiä aiheuttaa myös se, jos sitä seuraava laite ei pysty vastaanottamaan valmistettua tuotetta. Tällöin muodostuu pullonkaula. Pullonkauloja voidaan analysoida, jos tuotantolaitteelta saadaan tietoa syystä, jonka takia tuotanto seisoo. Ratkaisuna pullonkaulojen eliminointiin on yleensä laittaa rinnakkaisia laitteita kohtiin, joissa muodostuu pullonkauloja tai yrittää parantaa ongelmalaitteen suorituskykyä. Usein myös tyhjäkäynnillä laitteiston kierrokset saattavat laskea energian säästämiseksi ja näiden kerääminen saattaa pidentää tuotannon käynnistymiseen tarvittavaa aikaa. (Hansen 2002)

Pienet tuotantokatkokset voivat johtua pienistä häiriöistä laitteistossa tai myös operaattorien virheellisistä toimintatavoista, jotka johtavat laitehäiriöihin. Alentunutta tuotantonopeutta voidaan joutua joskus käyttämään tilanteissa, joissa laitteistoon on tullut häiriöitä. Näihin voidaan puuttua kunnossapidon toiminnalla. Joissain tapauksissa myös pullonkaulat saattavat aiheuttaa sen, ettei laitteistoa voi tai kannata käyttää täydellä nopeudella.

Tuotantohäiriöiden, esimerkiksi materiaalin puutteen lukeutuminen käytettävyyss- tai suorituskykykymenetykseksi saatetaan esittää eri lähteissä poikkeavalla tavalla, mutta tämän työn yhteydessä tuotantohäiriöt, jotka aiheutuvat raaka-aineen tai muun materiaalin

puutteesta, luetaan suorituskykymentyksi, koska ne aiheutuvat kohdeympäristössä yleensä laitavioista..

3.3.4 Laaduntuotto, Q

Laaduntuotto, eli se kuinka paljon valmistetuista tuotteista hylätään, voi johtua käynnistyksessä tapahtuneista häviöistä, tai laitteen prosessoinnin aikana tapahtuneista häviöistä. (Turunen et. al 2008) Hylättyjen tuotteiden valmistaminen aiheuttaa tappioita materiaalikuluina, sekä hukka-aikana – yleensä hylätyt tuotteet on korjattava tai valmistettava uudestaan. Hukka-aika voidaan laskea kertomalla hylättyjen tuotteiden määrä keskimääräisellä tuotteen valmistukseen menevällä ajalla. (Hansen 2002)

Käynnistyksen yhteydessä aiheutuvia häviöitä, jotka aiheutuvat käsisäädöistä, voidaan ehkäistä merkitsemällä tai koneistamalla oikeat kohdat laitteistoon, jolloin osutaan oikeaan kohtaan todennäköisimmin myös ensimmäisellä kerralla. (Hansen 2002) Prosessin aikana tapahtuneita häviöitä aiheuttavat myös laitehäiriöt ja operaattorin toiminta. Laitehäiriöihin voidaan vaikuttaa kunnossapidolla ja valmistusmenetelmiä arvioimalla, kun taas operaattorin toimintaan voidaan vaikuttaa lisäkoulutuksella. Operaattoreiden aiheuttamia virheitä lisää myös nopea työvoiman vaihtuvuus – uusilla työntekijöillä kestää aikaa oppia tai koulutus on puutteellista. Jos vaihtuvuus on väistämätöntä, tähän voidaan yrittää vastata systemaattisella kouluttamisella ja testaamisella. Lisäksi työvoiman osaamisesta kannattaa pitää rekisteriä. (Hansen 2002)

3.4 Tunnuslukujen analysointi- ja ongelmanratkaisumenetelmät

Pelkkien tunnuslukujen keräämisestä ei ole hyötyä, jos niitä ei analysoida tai niiden merkitystä ei ymmärretä. Tunnuslukuja analysoimalla voidaan kerätystä datasta muodostaa liiketoiminnan ja suorituskyvyn arvioinnissa ja kehittämisessä hyödynnettävää korkeamman tason informaatiota. Tunnuslukujen muutostrendeillä voidaan verrata suoritusta menneeseen ja todentaa tehtyjen toimenpiteiden vaikutukset. Tunnuslukujen takaa voi paljastua tietoa, joka jää helposti huomaamatta tai tiedostamatta esimerkiksi pitkän aikavälin takia. Tunnuslukujen analysoinnin päämääränä on määrittää suorituskykyä heikentävät tekijät, tutkia vaikutukset ja pyrkiä eliminoimaan niiden lähde systemaattisin menetelmin.

Tiedon käytettävyyteen vaikuttaa sen oikeellisuuden ja tarkkuuden lisäksi myös sen saatavuus ja formaatti. Jos tieto on monessa paikkaa tuotantolaitosta, on vaikea muodostaa kokonais kuvaa. Tiedot kannattaa tallentaa sähköisesti tietokantoihin, jotta niitä voidaan käsitellä nopeasti tietokantahakujen avulla. Tiedon analysointi käsin on usein hidasta ja työlästä. Jotta hyödylliset tietokantahaut ja tiedon luokittelu olisi mahdollista, tulee tunnusluvuista kerätä myös luokittelu- ja aikatietoja.

Tuotantolaitoksen historiatietoa ja tunnuslukuja analysoimalla voidaan usein kohdentaa ongelmat. Häiriökirjanpidon avulla ei yleensä saada tarkempaa tietoa ongelmasta, vaan niiden ehkäisemiseksi myös juurisyyt on selvitettävä. Juurisyy on perimmäinen syy, joka aiheuttaa varsinaisen ongelman ja sen oireet ja jonka ehkäisemiseksi toimenpiteet on kehitettävä. Kehitettäessä ennakoivan kunnossapidon menetelmiä, tulisi vikakirjanpidossa selvittää aina myös juurisyyt ja pidettävä niistä kirjaa. Ongelmien ratkaisu voi toisinaan vaatia tehokkaita ongelmanratkaisumenetelmiä. Tässä luvussa käsitellään muutamia tunnuslukujen hyödyntämiseen ja analysointiin käytettyjä menetelmiä sekä systemaattisia menetelmiä ongelmien juurisyiden selvittämiseksi. Parannusten saavuttamiseksi voidaan käyttää ongelmanratkaisumenetelmien lisäksi aiemmin esiteltyä jatkuvan parantamisen sykliä kunnossapidolle tai yleisemmällä tasolla tavallista jatkuvan parantamisen PDCA-sykliä, jota on esitelty vielä tarkemmin liitteessä 1.

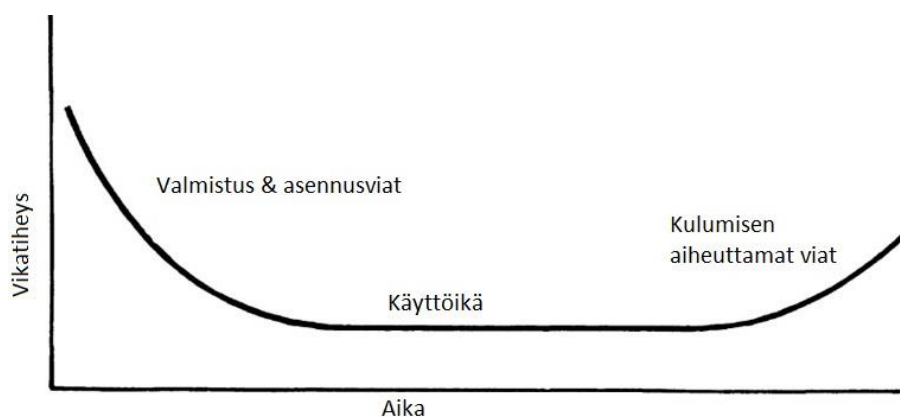
3.4.1 Luotettavuuslaskenta

Luotettavuuslaskennan avulla voidaan selvittää todennäköisyys, jolla komponentti tai laite vikaantuu tietyn käyttöajan kuluessa. Todennäköisyydet voidaan määrittää laitteen eri komponenteille, jolloin koko laitteen vikaantumisen todennäköisyys on komponenttien vikaantumisen todennäköisyyksien tulo. Tämä tarkoittaa tällöin sitä, että laitteen vikaantumisen todennäköisyys on aina suurempi kuin sen heikoimman komponentin. (Smith 2011)

Luotettavuuslaskentaan liittyy oleellisesti vikatiheyden termi. Se kuvaa todennäköisyyttä, jolla laite vikaantuu tiettyä aikayksikköä kohden. Vikatiheys voidaan laskea MTBF arvosta seuraavalla kaavalla

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}, \quad (7)$$

jossa λ on vikatiheys. Tätä arvoa voidaan käyttää, jos vikatiheys on vakio koko komponentin käyttöiän. Vikatiheydelle on kuitenkin usein ominaista niin sanottu kylpyammekäyrän noudattaminen. Kuvassa (Kuva 2.1) on esitetty kylpyammekäyrän periaate. (Smith 2011)



Kuva 3.2 Kylpyammekäyrä (mukailtu lähteestä Smith 2012)

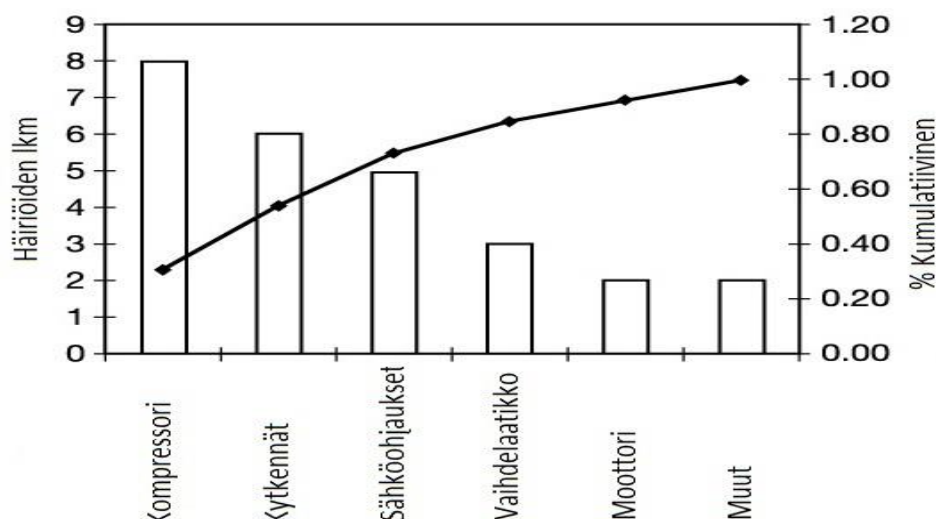
Usein komponenttien vikatiheys on suuri käyttöajan alussa. Tämä on seurausta piilevistä valmistusvioista, kuten hiusmurtumista, epäpuhtauksista tai huonoista juotoksista. Alkuvaiheen vikoja voi aiheuttaa myös komponentin väärä asennus. Keskivaiheella on komponentin tavallinen käyttöikä, jonka aikana tapahtuu tyypillisesti vain satunnaisia vikoja. Loppuvaiheessa komponentin elinkaarta vikatiheys kasvaa kulumisen johdosta. (Smith 2012)

Tapauksissa, joissa vikatiheys ei ole vakio, voidaan vikatiheyden kuvaajaa yrittää mallintaa erilaisilla matemaattisilla menetelmillä, riippuen siitä kuinka usein toistuvia vikatilanteet ovat, eli paljonko dataa on käytettävissä. Myös laitetoimittajilla saattaa olla tarjolla tarkempaa tietoa komponenttien vikatiheydestä. Yksittäisen tuotantolaitoksen ei välttämättä yksinään kannata alkaa määrittää yksittäisten komponenttien vikatiheyksiä, sillä esimerkiksi dataa saattaa kertyä hyvin vähän tai hitaasti. Sen sijaan arvojen mittaaminen yhteistyössä laitetoimittajien kanssa on kannattavampaa, koska laitetoimittajat voivat kerätä dataa useammasta tuotantolaitoksesta. (Lindley et al. 2008; Mäki 2000; Smith 2011)

Työn kannalta olennaisempi käyttökohde vikatiheystiedolle, tai keskimääräiselle häiriöväliille on esimerkiksi huoltotoimenpiteiden ja strategioiden vaikutusten todentaminen ja mittaaminen sekä kohdentaminen sinne, missä säästöpotentiaali on suurin. Mitä tarkempaa tietoa on tarjolla, sitä helpompaa on myös luonnollisesti vikadiagnostiikka.

3.4.2 Pareto-analyysi

Pareto-analyysin voidaan katsoa olevan tapa luokitella tietoa ja arvottaa sitä. Pareto-kuvaajan piirtämiseen tarvitaan esimerkiksi tietoa tuotantolinjan tai tuotantolaitteen kunnossapitokustannuksista, häiriöistä tai niiden aiheuttamista seisokkiajoista. Tämän jälkeen piirretään pylväskuvaaja, jossa häiriöiden tai kustannusten aiheuttajien syyt ovat vaak akselilla ja pysty akselilla on esimerkiksi kesto, määrä tai kustannukset. Kuva 3.3 on esitetty pareto-kuvaaja kompressorijärjestelmälle häiriöiden lukumäärän suhteen kuvattuna. (Gulati & Smith 2009; Hansen 2002)



Kuva 3.3 Pareto-kuvaaja (mukailtu lähteestä Gulati & Smith 2009)

Pareto-analyysi pohjautuu italialaisen ekonomisti Vilfredo Pareton havaitsemaan säännönmukaisuuteen hänen tutkiessaan vallan ja varallisuuden jakautumista väestön kesken. Tämän myös 80/20 -säännön mukaan syiden ja vaikutusten, sisään- ja ulostulojen sekä panostusten ja saavutusten välillä vaikuttaa sisäänrakennettu epätasapaino. Kunnossapidon kannalta tämä tarkoittaa esimerkiksi, sitä että 80 % häiriöistä tai seisokijajasta osittuu yleensä 20 %:lle syistä. Periaate pätee myös muille elämänaloille – 20 % tuotteista muodostaa 80 % myynnistä tai rikollisuuteen. 20 % rikollisista aiheuttaa 80 % rikollisuudesta. Periaate ei ole luonnon laki tai absoluuttinen fakta, sillä prosentiosuudet voivat luonnollisesti vaihdella. Viesti on, että usein pieni osa syistä on vastuussa suurimmasta osasta seurauksia (Gulati & Smith 2009)

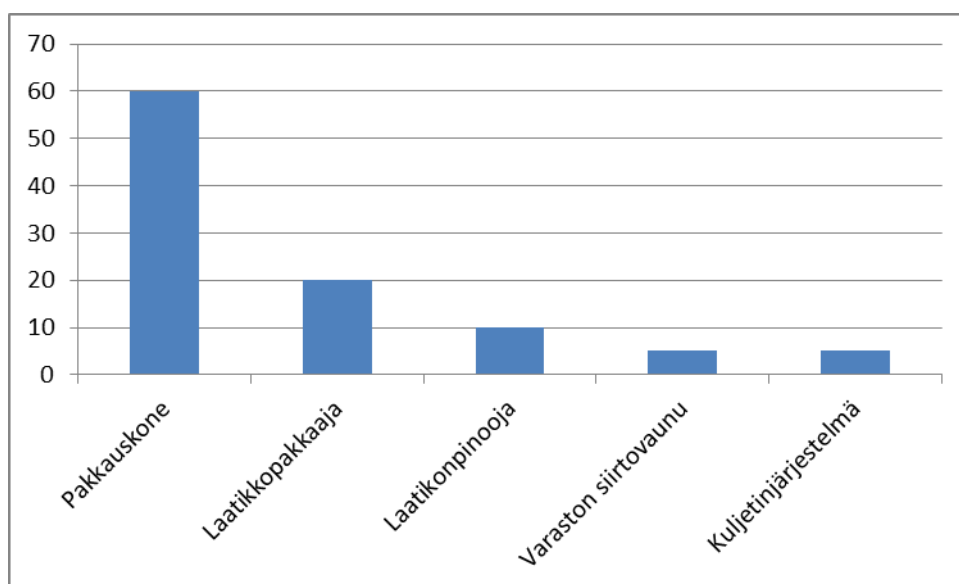
Esimerkiksi kuvan (Kuva 3.3) pareto-kuvaajassa on esitettyinä pylväsdiagrammeina häiriöiden lukumäärä tiettyä komponenttia kohden. Tämän pylväät on laitettu laskevaan järjestykseen ja kuvaajaan on lisätty kumulatiivinen käyrä, joka kertoo syiden kasautumisen prosentteina. Kuvaajasta voidaan nähdä, että itse kompressori ja kytkenät muodostavat 60 % kompressorijärjestelmän häiriöistä. Kuvaajasta voidaan siis päätellä, että pureutumalla näihin kahteen osajärjestelmään ja pyrkimällä ehkäisemään niiden aiheuttamia häiriöitä, voidaan saada suurin hyöty häiriöiden määrän vähentämiseksi.

Pareto-analyysia voidaan käyttää apuna resurssien allokoimisessa esimerkiksi suunniteltaessa ennakoivan huollon tai RCM-analyysin kohteita. Se ei rajoitu ainoastaan kunnossapidon käyttöön, vaan menetelmää voidaan hyödyntää muissakin yhteyksissä. Menetelmän tuloksena voidaan myös pyrkiä kehittämään tiedonkeruusuunnitelmaa (Tervo & Säynätjoki 1998). Jos huomataan, että suurin osa tuotantolaitteen häiriöstä kohdistuu johonkin tiettyyn osajärjestelmään, voidaan yrittää hankkia tarkempaa tietoa kyseisen osajärjestelmän häiriöistä syyn rajaamiseksi. Tämän jälkeen ennakko- ja huollon kehittämiseen voidaan hyödyntää esimerkiksi jotain seuraavissa aliluissa esitellyistä menetelmistä.

3.4.3 Porautumisanalyysi

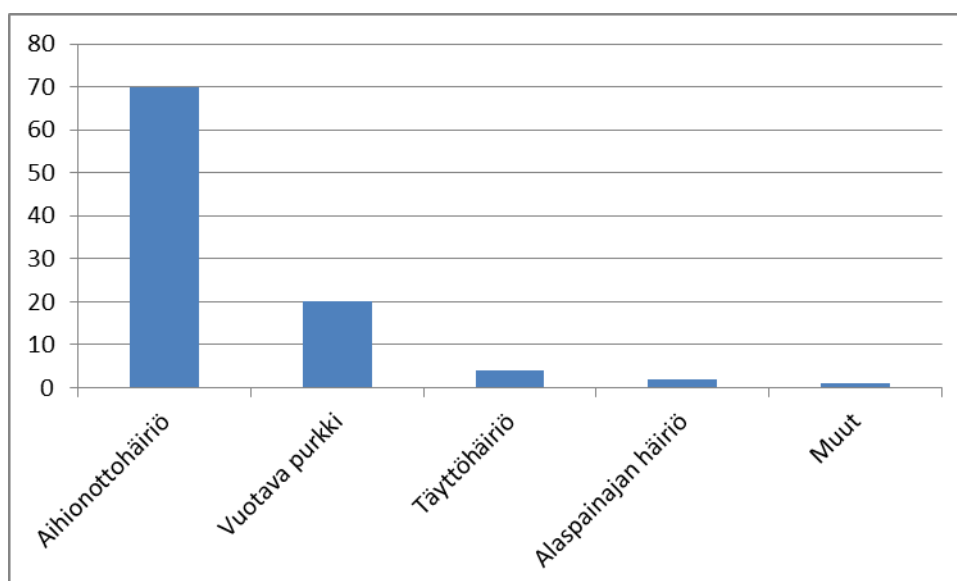
Porautumisanalyysinä (Drilling analysis) voidaan hyödyntää sähköisten tietokantojen avulla, kun tietoa on luokiteltu eri hierarkiatasoille. Porautumisanalyysin avulla voidaan määrittää suurimmat syyryhmät ja pyrkiä paikallistamaan perimmäiset syyt porautumalla tietokannassa aina tarkemmalle tasolle. (Mäki 2000) Myös porautumisanalyysissä kannattaa hyödyntää pareto-analyysin menetelmiä suurimpien syyryhmien paikallistamiseksi.

Seuraavassa esimerkissä demonstroidaan kuvitteellisen esimerkin avulla, kuinka porautumisanalyysiä voidaan hyödyntää. Hierarkiatasoja voidaan hyödyntää esimerkiksi tutkimalla ensin mikä tuotantolinjan laite aiheuttaa suurimmat häiriöt. Kuva 3.4 esittää kuvitteellisen jaon, jolla esimerkiksi meijerin pakkaamon tuotantolaitteistoa voitaisiin osittaa.



Kuva 3.4 Porautumisanalyysi esimerkki 1

Kuvassa on esitettyä seisokkijajan jakautuminen tuotantolinjan laitteiden perusteella. Kuvasta voidaan huomata, että suurin osa seisokkijajasta johtuu tässä tapauksessa pakkauskoneen aiheuttamista seisokeista. Seuraavaksi siirrytään tutkimaan pakkauskoneen häiriöitä. Kuva 3.5 esittää kuvitteellista pakkauskoneen seisokkien aiheuttajien luokittelua.



Kuva 3.5 Porautumisanalyysi esimerkki 2

Jälleen huomataan, että suurin osa seisokkiajasta on johtunut aihionottohäiriöistä. Seuraavaksi voitaisiin jälleen porautua syvempään tietokantaan, mikäli saatavilla on esimerkiksi tietoa aihionottohäiriön aiheuttajista. Menetelmän avulla voidaan siis tietokantaan porautumalla tarkentaa seurausten pääsyitä ja kohdistaa korjaavat toimenpiteet näihin. Tilastollisena analyysimenetelmänä porautumisanalyysi soveltuu myös muihin kuin kunnossapidon tarkoituksiin.

3.4.4 5W, Five whys

Five whys (5W), eli 5xMiksi tai viisi miksi -menetelmä on yksinkertainen ja tehokas ongelmanratkaisu menetelmä ongelman juurisyyn selvittämiseksi. Menetelmä tuli suosioon, kun Toyota alkoi käyttää sitä tuotantojärjestelmissään 70-lvulla. Menetelmä etuihin kuuluu, että se on helppo oppia ja soveltaa sekä nopea käyttää. (Gulati & Smith 2009)

Menetelmä perustuu yksinkertaisesti pohtimalla ongelmaa kysymysten ”miksi?” ja ”mikä aiheutti ongelman?” kautta. Etsimällä vastauksen kuhunkin kysymykseen päästään lopulta ongelman juurisyyn äärelle ja pystytään kehittämään ratkaisu juurisyyn poistamiseksi. Menetelmän nimi tulee siitä, että useimmiten juurisyyn selvittämiseen vaaditaan 5 kysymystä, mutta joissakin tapauksissa kysymyksiä voi joutua esittämään enemmän. (Gulati & Smith 2009)

Erityispiirteenä menetelmässä on, että se ei tavallisesti vaadi mitään kehittyneitä tilastollisen analysoinnin tietoja tai työkaluja ja se voidaan usein tehdä ilman erityistä tiedonkeruusuunnitelmaa. (Lindley et al. 2008)

Menetelmää voidaan demonstroida perinteisellä autoesimerkillä (Wikipedia):

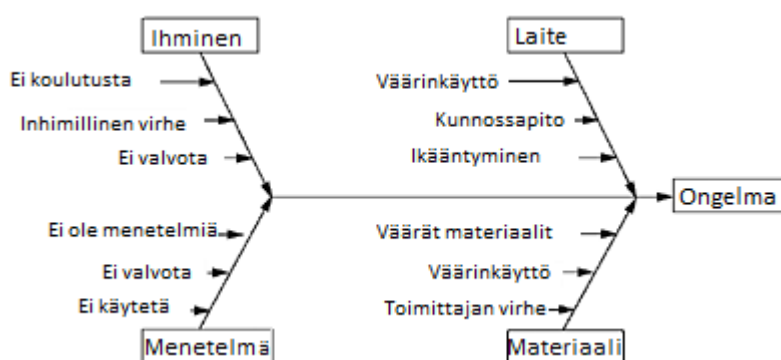
Ongelma: Auto ei käynnisty

1. Miksi? Akku on lopussa.
2. Miksi? Laturi ei toimi.
3. Miksi? Laturin hihna on poikki.
4. Miksi? Laturin hihnan käyttöikä on ylitetty, eikä sitä ole vaihdettu.
5. Miksi? Autoa ei ole huollettu suositellun huolto-ohjelman mukaisesti.
6. Lisäkysymys, miksi? Osia ei ole saatavilla, koska auto on erittäin vanha.

Tässä tapauksessa kohdan 5 perusteella voidaan tehdä korjaava toimenpide ja alkaa noudattaa huolto-ohjelmaa tai kohdan 6 perusteella hankkia uudempi auto. 5W -menetelmä toimii useimmissa tapauksissa, mutta jos vastausta kysymyksiin ei saada intuitiivisesti, voidaan sen tukena käyttää muita ongelmanratkaisumenetelmiä. (Gulati & Smith 2009)

3.4.5 Kalanruotokaavio

Kalanruotokaavio, tai syy-seuraussuhdekaavio (Cause-and-Effects Analysis) muistuttaa nimensä mukaisesti kalanruotoa. Useimmiten ongelmien aiheuttajana saattaa olla useampi kuin yksi syy. Tämän menetelmän tarkoituksena on systemaattisesti kategorioida mahdolliset syyt juurisyiden selvittämiseksi. Yleensä menetelmää sovelletaan tiimissä pohtimalla mahdollisia syitä ongelmaan. Aivohiirimenetelmän avulla syyt joko hylätään tai jätetään analysoitavaksi. Menetelmän avulla monimutkaisia ongelmia voidaan yrittää yksinkertaistaa visualisoinnin keinoin. Menetelmä ei sinänsä tarjoa ratkaisua ongelmaan, vaan listaa potentiaaliset syyt, joiden juurisyitä voidaan selvittää esimerkiksi 5W -menetelmällä. (Gulati & Smith 2009) Kuva 3.6 esittää periaatekuvan kalanruotokaaviosta.



Kuva 3.6 Kalanruotokaavio

Menetelmää käytettäessä määritetään ensimmäiseksi ongelma, joka halutaan selvittää. Ongelma kirjoitetaan esimerkiksi paperin oikeaan laitaan ja siitä piirretään viiva, joka ikään kuin muodostaa kalan selkärangan. Tämän jälkeen selkärangasta piirretään kalalle ruodot, joiden päähän kirjoitetaan ongelman syihin potentiaalisesti vaikuttavat tekijät. Tavallisesti näitä tekijöitä voivat olla (Gulati & Smith 2009)

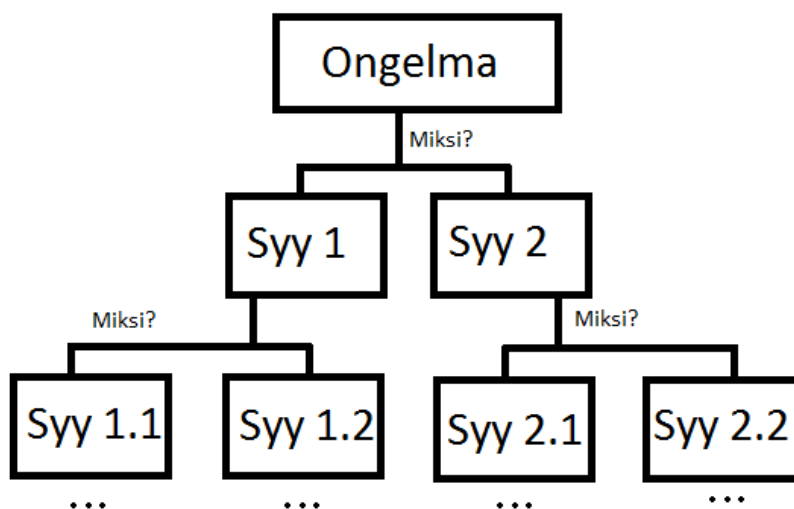
- Menetelmät

- Laitteet
- Ihminen
- Materiaalit
- Mittaus
- Hallinto
- Ympäristö

Tätä jakoa kutsutaan myös nimellä 7M, joka tulee tekijöiden englanninkielisistä lyhenneistä (Methods, Machines, Man, Materials, Measurement, Management, Milieu). Seuraavaksi pohditaan tiimissä syitä, jotka vaikuttavat näissä kategorioissa. Syitä voidaan jaotella pienempiin osiin, jos tarve vaatii. Kun syitä on tiimin päätöksellä kerätty riittävästi, siirrytään tulosten analysointiin. Ongelman pääsyyt voidaan tunnistaa ainakin siitä, jos ne esiintyvät kaaviossa useampaan kertaan. Menetelmää käytettäessä kannattaa muistaa, että tuloksena saadaan vain oletuksia, jotka tulee vielä testata. (Gulati & Smith 2009; Lindley et al. 2008)

3.4.6 Vikapuuanalyysi

Vikapuuanalyysi on periaatteessa jälleen yksi 5W -analyysin soveltamiskohde. Vikapuuanalyysissä otetaan huomioon vaihtoehtoiset tapahtumat sekä niiden yhdistelmät ja pyritään jäljittämään niiden aiheuttajat. (Lindley et al. 2008) Kuvassa (Kuva 3.7) on esitetty vikapuuanalyysin periaate.



Kuva 3.7 Vikapuu

Vikapuuanalyysiä tehtäessä ja ongelman syitä määritettäessä voidaan jokin tapahtuma osoittaa johtuvaksi useammasta syystä. Tässä tapauksessa puhun tulee haarautuma, esimerkiksi kuvassa syy 1 ja syy 2. Kunkin haaran pohjalle saadaan analyysin lopputuloksena ongelman juurisyy. Vikapuuanalyysiä voidaan soveltaa myös arvioitaessa laitteen luotettavuutta ja analysoitaessa tyypillisimpiä vikamuotoja. Menetelmä eroaa

vika-vaikutus -analyysistä siinä, että sen tarkoituksena on määrittää osatekijöitä yhdelle ainoalle epätoivotulle tapahtumalle. (Lindley et al. 2008)

3.4.7 Vika-vaikutus -analyysi

Vika-vaikutus -analyysin (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA) tarkoituksena on tunnistaa tavat, joilla komponentti tai laitteen osakokonaisuus voi epäonnistua tehtävässään sekä tunnistaa ja listata eri vikamuodot, jotka johtavat epäonnistumiseen. Vikamuotojen tunnistamisen lisäksi listataan niiden vaikutukset niin komponentti-, järjestelmä- kuin prosessitasolla. (Gulati & Smith 2009; Lindley 2008)

Vika-vaikutus -analyysiä tulisi käyttää ainakin tilanteissa, joissa vikaantuminen voi aiheuttaa vaaratilanteita, ympäristöriskejä, tuotantolaitteen hajoamisen tai tuotantotappiota. Sen avulla pyritään etsimään vastauksia seuraaviin kysymyksiin (Lindley et. al 2008)

- Mitkä ovat komponentit ja mitä toimintoja ne tarjoavat?
- Miten toimintojen täyttämässä voidaan epäonnistua?
- Mitä vaikutuksia siitä seuraa?
- Kuinka vakavia ne ovat?
- Mitä ovat syyt?
- Kuinka usein vikaantuminen tapahtuu?
- Kuinka se voidaan ehkäistä?
- Voidaanko se havaita?

Sovellettaessa FMEA-menetelmää on ensin tunnistettava järjestelmän toiminnalliset kokonaisuudet. Toiminnalliset kokonaisuudet ovat kokonaisuuksia, joille voidaan osoittaa jokin tietty tehtävä. (Gulati & Smith 2008) Esimerkiksi paineilmalla toimivan järjestelmän yksi toiminnallinen kokonaisuus voisi olla paineilmantuottojärjestelmä. Järjestelmän toimintoihin voi kuulua esimerkiksi 3 baarin paineen säilyttäminen paineakussa.

Seuraavaksi listataan näihin toimintoihin liittyvät toiminnalliset viat. Taulukko 3.1 esittää yhtä tapaa FMEA-analyysin kirjaamiseksi.

Taulukko 3.1 Vika-vaikutusanalyysi

Komponentti	Vikamuoto	Syy	Vain vaikutukset		
			Paikallisesti	Järjestelmään	Prosessiin
Toiminnallinen vika: Painetta ei saada halutulla hetkellä					
Kompressori					
	1. Laakerivika	1.1 Kuluminen	Kompressori ei toimi	Paineakku ei lataudu	Hiekkapuhallin ei toimi
	2. Vuoto	2.1 Tiiviste rikkoutunut	Kompressori ei toimi	Paineakku ei lataudu tai ei lataudu tarpeeksi nopeasti	Hiekkapuhallin ei toimi tai teho ei riitä
Paineakku					
	1. Vuoto	1.1 Tiiviste rikkoutunut	Paineakku ei pidä painetta	Kompressori on päällä jatkuvasti	Energian kulutus kasvaa ja kompressori kuluu
Venttiili					
	1. Jumiutuu	1.1 Korroosio	Venttiili ei avaudu	Järjestelmä ei saa paineilmaa	Hiekkapuhallin ei toimi

Taulukon esimerkissä on listattuna paineilmantuottojärjestelmän yksi toiminnallinen vika, ja siihen johtavat vikamuodot. Jokaista toiminnallista kokonaisuutta kohden saattaa olla useampi toiminnallinen vika, joihin jokaiseen saattaa liittyä useampi vikamuoto, mistä johtuen menetelmän käyttäminen vaatii hieman aikaa. Tapahtumien seurauksia voidaan verrata muodostamalla esimerkiksi 1...10 -asteikkoja vakavuuden, todennäköisyyden ja havaittavuuden perusteella. Riskin prioriteetiksi saadaan täten näiden kolmen luvun tulo, jota voidaan hyödyntää riskien arvioinnissa. (Gulati & Smith 2009) Riskien vakavuutta ja ehkäisymenpiteitä voidaan arvioida myös luvussa 2.3 esitelyjen päätöslogiikoiden avulla. Analyysin tulokset ja tehdyt korjaukset tulee aina kirjata ylös, jotta niitä voidaan käyttää jatkoanalyysien tukena mahdollisilla uusilla iteraatiokierroksilla.

3.4.8 Juurisyyanalyysi

Häiriökirjanpidon, tuotannon kokonaistehokkuuden ja muiden tunnuslukujen seurannan avulla voidaan usein paikantaa ja rajata suurimmat tuotantotehokkuutta rajoittavat tekijät. Kuitenkin, ongelmien pysyvää ja tehokasta ratkaisua varten on selvitettävä niiden juurisyyt ja eliminointava nämä sen sijaan, että keskityttäisiin niiden oireiden tai seurausten korjaamiseen. Juurisyyden ehkäiseminen tähtää toiminnan tehokkuuden jatkuvaan ja pysyvään parantamiseen.

Juurisyyanalyysi (Root cause analysis, RCA) on askelittainen menetelmä, joka johtaa ongelman pääsyyn löytämiseen. Jos ongelmaa ei ratkaista ajallaan, se johtaa ongelman toistumiseen, mistä seuraa jatkuvaa tuotannon menetystä ja kasvaneita kunnossapitokustannuksia. Vaikka laitteet ja prosessit voivat epäonnistua monella eri tavalla, voidaan usein osoittaa tietty toimintojen ja seurausten eteneminen, joka johtaa itse ongelmaan.

Seuraamalla ongelman syitä ja seurauksia voidaan usein päästä sen alkulähteelle. (Gulati & Smith 2009)

Juurisyyanalyysin käytännön toteutukseen voidaan käyttää aiemmin esitettyjä menetelmiä, kuten

- 5W
- Vikapuuanalyysi
- Paretoanalyysi
- Kalanruotokaavio
- Vika-vaikutus -analyysi

Juurisyyanalyysi voidaan jakaa kuuteen vaiheeseen, joita ovat (Gulati & Smith 2009)

1. Ongelman määrittäminen
2. Tiedon ja todisteiden keruu
3. Mahdollisten syiden tunnistaminen
4. Ratkaisujen kehittäminen
5. Ratkaisujen toteuttaminen
6. Onnistumisen todentaminen
7. Uuden toiminnan vakiinnuttaminen

Määritettäessä ongelmaa tulee pohtia kysymyksiä mitä, kuka, milloin, missä, kuinka ja kuinka paljon. Ongelman määritelmän tulee kertoa mitä laitetta ongelma koskee ja mikä on aiheutunut epätoivottu tapahtuma. Tapahtumaan osallisia henkilöitä voivat olla esimerkiksi työntekijät, asiakkaat tai toimittajat. Tapahtuman aika ja mahdollinen toistuvuus tulee kirjata sekä tarkka sijainti. Lisäksi määritellään tapahtuman vaikutukset, kohde ja määrä. Ongelman määrittelemisen on tärkeää myös siksi, että määrittelyn aikana voi käydä ilmi, että kyseessä on useampi ongelma, joita tulee käsitellä erikseen. (Ammerman 1998)

Seuraavaksi kerätään todisteita ongelman olemassaolosta ja analysoidaan osatekijöitä, jotka vaikuttivat ongelman syntyyn. Ongelmaa tutkiessa ei kannata tehdä oletuksia, sillä samaan ongelmaan voi esimerkiksi olla useampia syitä ja on jopa harvinaista, että täysin sama ongelma tapahtuu kahdesti. Tässä vaiheessa kannattaa listata kaikki tapahtumat, jotka johtivat ongelmaan. Tapahtumavaiheista voidaan listata myös osalliset henkilöt, laitteet ja työkalut. (Ammerman 1998; Gulati & Smith 2009)

Kolmannessa vaiheessa tunnistetaan mahdolliset osatekijät, pohditaan miksi ne ovat olemassa ja mikä on todellinen syy ongelman olemassaoloon. Ensimmäisenä kannattaa analysoida toimintaa ohjaavat fyysiset ja toimintatapoihin liittyvät rajoitukset (barrier analysis). Näillä tarkoitetaan fyysisiä ja toimintatapoihin liittyviä rajoituksia, joiden avulla pyritään estämään epätoivottuja tapahtumia. Tällaisia voivat olla esimerkiksi erilaiset suojalaitteet, turvaominaisuudet, turvallisuusmääräykset ja toimintamallit. Rajoi-

tusten analysoinnilla pyritään varmistamaan tutkittavan ongelman ehkäisemiseksi tehtyjen järjestelmien tehokkuus ja toimivuus. Rajoitukset kannattaa analysoida ensimmäiseksi, sillä monissa tapauksissa juurisyy voi löytyä jo tässä vaiheessa. (Ammerman 1998)

Jos juurisyyt eivät löydy rajoituksista, analysoitaessa voidaan hyödyntää esimerkiksi 5W- tai vikapuuanalyysia. Jos ongelma on uusi, kannattaa myös miettiä mitä on muuttanut siitä, kun ongelmaa ei vielä ollut. Vertaamalla mennyttä ja tulevaa voidaan usein kohdentaa mahdollisia juurisyytä. Ongelma kannattaa usein myös osittaa pienempiin kokonaisuuksiin. Osasyitä kannattaa yrittää löytää mahdollisimman monta, jotta ongelmaa ei yksinkertaisteta liikaa. Tapahtumat ja niihin vaikuttaneet tekijät kannattaa sijoittaa aikajanelle syy-seuraussuhteen ymmärtämisen helpottamiseksi. Kun syy-seuraussuhdetta saadaan jäljitettyä riittävän pitkälle, päädytään lopulta ongelman alkulähteelle, jonka ehkäisemisellä epätoivottu tapahtumien kulku voidaan estää. (Ammerman 1998; Gulati & Smith 2009)

Kehitettäessä ratkaisua osasyitä kannattaa jakaa kolmeen eri kategoriaan: fyysisiin syihin, ihmisistä johtuviin syihin ja prosessiin liittyviin syihin. Fyysiset syyt ovat puhtaasti laitteista tai materiaalista riippuvia syitä. Ihmisistä johtuvat syyt voivat olla esimerkiksi virheellisiä toimintatapoja, jotka usein johtavat fyysisiin syihin. Prosessista johtuvat syyt liittyvät tavallisesti toimintamalleihin ja päätöksentekomenetelmiin. Ongelmiin voidaan usein kehittää myös useampia ratkaisuja. Vertailtaessa mahdollisia ratkaisuja voidaan ottaa huomioon erilaisten vaihtoehtojen tehokkuus ja toteutettavuus. (Ammeran 1998; Gulati & Smith 2009)

Kun ratkaisua lähdetään toteuttamaan, pohditaan listattujen syiden perusteella kuinka ongelma voidaan ehkäistä, miten ratkaisu toteutetaan, kuka on vastuussa toteuttamisesta ja mitä muita vaikutuksia ratkaisulla on. Ratkaisun yhteydessä tulee myös miettiä kuinka sen onnistuminen voidaan mitata tai todeta. (Ammerman 1998; Gulati & Smith 2009) Menetelmään kuuluu olennaisena osana myös uuden toiminnan vakiinnuttaminen. Ratkaisuja voidaan kehittää ja tutkia esimerkiksi testiryhmän keskuudessa ennen lopullisten ratkaisujen siirtämistä käyttöön laajamittaisesti.

3.4.9 Muut tunnusluvut ja kustannusten arviointi

Seuraamalla tuotannon kokonaistehokkuuteen vaikuttavia tunnuslukuja voidaan tuotannon aikalajeihin jakautumisen perusteella muodostaa myös muita tunnuslukuja. Se, kuinka tarkkaan aikalajien jakaantuminen on tiedossa, vaikuttaa muun muassa siihen kuinka hyvin kustannuksia ja häviöiden lähdettä voidaan arvioida. Jos arvioidaan esimerkiksi kunnossapidon kustannuksia, täytyy aikalajien lisäksi ottaa huomioon myös esimerkiksi materiaalikustannukset tai ulkoisen työvoiman käyttö. Tuotannonkustannuksia arvioidaessa voi jäädä helposti huomaamatta esimerkiksi hylkytavaran käsitteilyyn ja korjaamisen käytetyt työtunnit.

Seisokkiajat koostuvat tavallisesti pienistä häiriöistä aiheutuvista tuotantokatkoksista, korjausajoista ja asetusajoista. Vertaamalla näiden osuuksia kokonaisseisokkiajoista voidaan periaatteessa osittaa tuotantokatkot niiden aiheuttajien perusteella. Esimerkiksi jos korjausajat muodostavat huomattavan osuuden tuotantoseisokeista, voidaan päätellä, että ennakoivassa kunnossapidossa voi olla parantamisen varaa. Toisaalta pitkät asetusajat voivat indikoida henkilöstön huonoa osaamista tai menetelmien heikkoutta. Kaavassa (8) esitetään, kuinka seisokkiaika jakaantuu osatekijöihinsä. (Hansen 2002)

$$\text{Kokonaisseisokkiaika} = \frac{\text{Asetusaika} + \text{Korjaava kunnossapito} + \text{Häiriöseisokit}}{\text{Kokonaisseisokkiaika}}. \quad (8)$$

Teoreettisen tuotantonopeuden ja hylätyn tuotannon perusteella voidaan arvioida hylkytavarain tuottamiseen menetettyä aikaa. Kaavassa (9) on esitetty, kuinka menetetty aika voidaan laskea (Hansen 2002)

$$\text{Laatuhäviöissä menetetty aika} = \frac{\text{Hylätyt tuotteet}}{\text{Tuotantonopeus}}. \quad (9)$$

Yleensä luku kertoo enemmän, jos se ilmoitetaan prosenttilukuna kokonaistuotantoajasta. Tämä on esitetty kaavassa (10) (Hansen 2002)

$$\text{Laatuhäviöt} = \frac{\text{Laatuhäviöissä menetetty aika}}{\text{Kokonaistuotantoaika}} * 100\%. \quad (10)$$

Jos tuotannossa syntyy nopeushäviöitä, voidaan niiden aiheuttamia aikamenetyksiä arvioida vastaavanlaisesti kaavalla (10) sijoittamalla viivan päälle nopeushäviöiden kuluttama aika. Tavallinen ennakoivan kunnossapidon suorituskyvyn mittaamiseen käytetty tunnusluku on ehkäisevien kunnossapidon toimenpiteiden ja korjaavan kunnossapidon suhde. Hyötysuhdetta voidaan tarkastella myös sen suhteen, kuinka suuri osa työajasta on niin sanottua ”jakoavainakaa” eli aktiivista tekemistä. (Wireman 2005)

Puhuttaessa kustannusten arvioinnista yksi tavallisimmista tavoista arvioida kunnossapitokustannuksia on verrata niitä uuden tuotantolaitteen kustannuksiin. Jos kunnossapitokustannukset jatkavat nousuaan pitkällä aikavälillä, voi se olla merkki laitteen hyödyllisen käyttöiän täyttymisestä ja uusi laite voi pitkällä aikavälillä tulla edullisemmaksi. Kunnossapitokustannuksia voidaan laskea myös jakamalla kustannukset tuotannon määrällä. Tällöin voidaan arvioida esimerkiksi saavutetun käytettävyyden kustannus-hyötysuhdetta. On kuitenkin otettava huomioon, ettei kunnossapito-organisaatio kuitenkaan ole yksin vastuussa tuotantotehokkuudesta. Jos saatavilla on tarkkaa tietoa seisokkiaikojen jakautumisesta, voidaan tätä hyödyntää myös tarkastelussa. (Wireman 2005) Tuotantoyksiköiden kustannustehokkuutta voidaan taas arvioida suoraan kokonaistehokkuuden avulla. Jos tiedetään seisokkien todelliset kustannukset, voidaan helposti punnita seisokkiajan eliminoimiseen käytettyjen kustannusten kannattavuutta.

4 NYKYTILANNE

Hämeenlinnan Osuusmeijerissä jalostettiin ja pakattiin viime vuonna (2012) hieman yli 100 miljoonaa litraa kuluttajapakkauksia. Meijerin tuotevalikoimassa on 8 eri maitolaatua, 4 eri kermalaatua ja 7 erilaista piimälaatua. Lisäksi tuotteita pakataan erikokoisiin pakkauksiin, jolloin erilaisia pakkausvariaatioita tulee yhteensä 54 kappaletta. Yrityksessä työskenteli vuonna 2011 keskimäärin 77 työntekijää. (Hämeenlinnan Osuusmeijeri 2013) Töitä tehdään yleensä kolmessa vuorossa. Yö- ja aamuvuorossa pakataan tuotteita ja iltavuorossa laitteet ja tilat puhdistetaan.

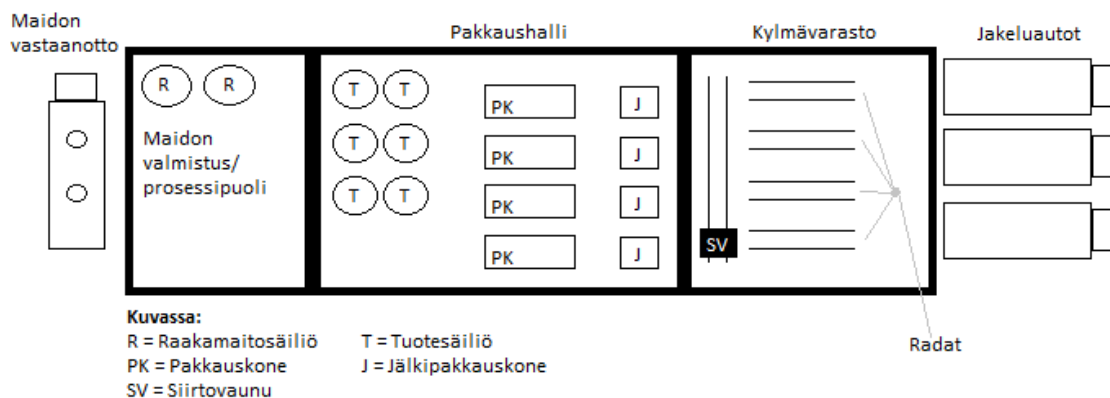
Tässä kappaleessa esitellään ensiksi erittäin lyhyesti meijerin kokonaisprosessi. Tämän jälkeen käsitellään tarkemmin tämän työn laajuuden kannalta olennaisinta osaa, eli pakkaushallia ja sen toimintaa. Lopuksi käsitellään käytössä olevan tuotannonohjausjärjestelmän toiminta ja siihen liittyvät ongelmat ja havaitut kehitystarpeet.

4.1 Prosessin kokonaiskuva

Ensimmäiseksi raakamaito saapuu meijerille tankkeriautoilla, joista maito pumpataan meijerin raakamaitosäiliöihin. Maidonvalmistuksen henkilökunta valmistaa prosessi-puolen laitteiden avulla raakamaidosta haluttuja tuotteita. Valmiit tuotteet – erilaiset maidot, piimät ja kermat – pumpataan tuotesäiliöihin, jotka sijaitsevat pakkaushallin perällä.

Pakkaushallin ohjauspaneelilla voidaan valita kullekin pakkauskoneelle tuotesäiliöistä pumpattava tuote. Pakkauskoneilla tuotteet pakataan maitopurkkeihin, eli aihioihin. Maidonpakkauskoneilta purkit menevät kuljettimia pitkin jälkipakkauskoneille, jotka pakkaavat maitopurkit rullakoihin tai laatikkopinoihin. Rullakot ja laatikot siirretään jälkipakkauskoneilta kylmävarastoon.

Kylmävaraston puolella automaattinen siirtovaunu ottaa tuotantolinjoilta vastaan rullakoita ja laatikkopinoja ja siirtää ne varastohenkilökunnan määrittelemille radoille kylmävarastoon. Kylmävarastosta rullakot ja laatikot lastataan rekkoihin, joista ne jaellaan eteenpäin tilaajille. Kuva 4.1 esittää periaatekuvaa kokonaisprosessista.



Kuva 4.1 Prosessin kokonaiskuva

Kuten kuvastakin voidaan nähdä, kokonaisprosessi on melko suoraviivainen – raakamaito tulee sisään vastaanotosta ja valmiit tuotteet lähtevät jakeluun toisesta päästä. Tuotantoa periaatteessa imuohjataan kylmävarastosta kysynnän mukaan, mutta käytännössä muina päivinä paitsi lauantaina pakataan hieman yli.

4.2 Pakkaushallin tuotantolaitteisto

Pakkaushallin tuotantolaitteisto koostuu käytännössä seitsemästä pakkauskoneesta, kuljettimista ja jälkipakkauskoneista. Pakkaushallissa työskentelevien pakkauskoneiden operaattorien pääasiallisena työtehtävänä on tuotannon aikana yleensä yhden pakkauskoneen käyttäminen ja tällä pakattujen tuotteiden laadun valvonta. Pakkauskoneen käyttöön kuuluu yleensä koneen käyttökuntoon laittaminen, tuotevaihtojen tekeminen ja aihoiden lisääminen koneen aihiotelineisiin. Lisäksi tehtäviin voi kuulua rutistuneiden aihoiden siivoamista koneesta häiriön sattuessa ja muita esimerkiksi hallin siisteyteen liittyviä rutiinitehtäviä. Laadunvalvontatehtäviin kuuluu pakkausten kunnan ja painon tarkkaileminen.

Pakkauskoneiden jälkeisessä jälkipakkausosassa työskentelee yleensä yksi prosessin valvoja. Hänen tehtäviinsä kuuluu muun muassa tuotteiden ja kuljettimien tarkkailu sekä jälkipakkauskoneiden hoitaminen. Prosessinvalvojien ja pakkauskoneoperaattorien lisäksi vuorossa on yleensä ainakin yksi laitoshuoltaja, joka korjaa laitteet niiden vikaantuessa. Määräaikaishuoltoja tehdään yleensä päivisin, jolloin töissä on useampi laitoshuoltaja.

4.2.1 Pakkauskoneet

Hämeenlinnan Osuusmeijerin pakkauskoneilla voidaan pakata 2dl:n, 5dl:n, 7,5dl:n, 1litran ja 1,5 litran tuotekokoja. Koneet toimivat useimmiten vakionopeudella pakkausnopeuksien vaihdella 4500:n ja 12 000:n välillä koneesta riippuen. Lisäksi yhdellä linjalla voidaan pakata suurempia jopa 20 litran suurkeittiöpakkauksia – Novopakauksia.

Lukuun ottamatta Novo-pakkauslinjaa, jolla pakataan aina laatikkoon, muilla pakkauskoneilla voidaan valita pakataanko tuotteet rullakkopakkaajalla vai laatikkopakkaajalla. Ennen tuotannon aloitusta pakkauskoneen operaattori kirjaa tilauksen päätteeltä. Tilaukseen kirjataan pakkauskone, tuote ja jälkipakkauskone, jolle pakataan. Tässä vaiheessa kuljettimet tulee olla asetettu oikealle jälkipakkauskoneelle, jotta tuotanto voidaan aloittaa.

Vaikka pakkauskoneita on käytössä useita eri malleja, on niiden toimintaperiaate lukuun ottamatta Novo-pakkauslinjaa melko samankaltainen. Pakkauskoneiden alkupäässä sijaitsevat aihionsyöttötelineet, joihin operaattori asettaa kulloinkin pakattavien tuotteiden aihioita. Aihiot on pakattu koosta riippuen muutaman sadan aihion pakkauksiin litteinä niin, että aihion pohja ja suu ovat avonaisia. Pakkauskone ottaa aihiot aihiotelineen pohjalta imukuppitarraimen avulla ja samalla aihio avataan. Avattu aihio työnnetään pyörivälle muotistolle, jossa sen pohja kuumennetaan, taitellaan ja painetaan kiinni jäähdynlevyä vasten. Pohja pysyy koossa aihiossa olevan liima-aineen vaikutuksesta. Tämän jälkeen pohjasta suljettu aihio vedetään muotistolta koneen sisällä olevalle kuljetinketjulle, joka vie aihion koneen täytölle. Täytöllä pakkauskoneen päällä olevasta välisäiliöstä pumpataan tuote aihioon. Tämän jälkeen aihion yläpää jälleen taitellaan, lämmitetään ja painetaan kiinni. Lopuksi koneesta tulee valmis maitopurkki, johon tulostetaan päivämäärätiedot mustesuihkukirjoittimella

Tuotantokatkoksiin johtavia pieniä häiriöitä tapahtuu pakkauskoneilla toisinaan suhteellisen usein. Syynä häiriöihin voivat olla operaattorin toiminta, koneen säädöt, vialliset aihiot tai esimerkiksi tiettyjen osien kuluminen. Kriittisimpiä vaiheita häiriöiden kannalta allekirjoittaneen kokemuksella ovat:

- Aihion ottaminen aihionsyöttötelineestä
- Muotistolle siirtäminen
- Muotistolta pois siirtäminen

Jos viallinen aihio pääsee kuljetinketjulle, luvassa on yleensä sotkua ja puhdistusta, jos tätä ei huomata. Pidempiä tuotantokatkoksia pakkauskoneilla aiheutuu, jos tuotteet kaatuvat tai jumiutuvat koneen ulkopuolisella tuotekuljettimella. Tästä seuraa usein pakkauskoneen ulostulon tukkeutuminen, jos jumiutuminen tapahtuu liian lähellä konetta, niin että automatiikka ei ehdi pysäyttää aihionsyöttöä ajoissa. Tukkeutumisen estämiseksi tuotteet ohjataan pakkauskoneen ulostulolla koriin, jolloin niistä tulee hävikkiä.

Pakkauskoneissa on useita sisäänrakennettuja sensoreita ja häiriöntunnistusmenetelmiä, joiden avulla niistä saadaan melko tarkasti ja luotettavasti tieto siitä, mikä häiriö kulloinkin aiheuttaa tuotantokatkoksen. Häiriöstä johtuvan tuotantokatkoksen sattuessa pakkauskone näyttää omalla näytöllään häiriön syyn, joka olisi mahdollista saada pakkauskoneen logiikalta meijerin omalle tuotannonohjausjärjestelmälle. Tällä hetkellä kuitenkin välitetään pakkauskoneelta vain tieto häiriöstä yleensä tai tuotteen loppumi-

sesta. Lisäksi pakkauskoneilta välitetään tietoa syötetyistä aihioista ja pakatuista tuotteista, joita se laskee.

4.2.2 Kuljettimet ja jälkipakkauskoneet

Pakkauskoneiden takana sijaitsevat tuotekuljettimet. Osalla pakkauskoneista on siltamekanismi, jonka avulla voidaan valita mille jälkipakkauskoneelle pakataan. Siltamekanismiin liittyy niin sanottu liukumäkiosuus, jolla purkit liukuvat valitulle jälkipakkauskoneelle johtavalle tuotekuljettimelle. Useimmiten, jos purkit kaatuvat, ne kaatuvat liukuessaan alemmalle kuljettimelle. Osa kaatuneista purkeista putoaa myöhemmin alemmalla kuljettimella olevaan kouruun, mutta jos liukumäkiosuus jumiutuu, seuraa usein pakkauskoneen ulostulon tukkeutuminen ja tuotehävikkiä.

Jälkipakkauskoneet jakautuvat rullakonpakkauskoneisiin ja laatikonpakkauskoneisiin. Laatikonpakkauskoneiden perässä on lisäksi laatikonpinoajat, jotka pinoavat laatikoita alusvaunun päälle. Alusvaunut ovat rengastettuja alustoja, joiden avulla laatikkopinoja voidaan siirrellä.

Rullakonpakkauskoneille syötetään viereisestä varastosta rullakoita, joihin se työntää ryhmitellyt maitopurkkirivit kerroksittain. Rullakkopakkaajilta on mahdollista välittää häiriöistä rullakonpuute sekä rullakkopakkaajan häiriö.

Laatikkopakkaajille tulee kuljettimia pitkin myös laatikoita samaisesta varastosta, mistä rullakot tulevat. Tämän lisäksi laatikonpinoajien alle kuljetetaan samasta varastosta alusvaunuja. Laatikkopakkaaja ja laatikonpinoaja välittävät myös molempien häiriön sekä laatikon tai alusvaunun puutteen.

Mainittujen häiriöiden lisäksi sekä rullakkopakkaaja että laatikonpinoaja tunnistavat myös varaston tuotantohäiriön ja varastohäiriön. Varaston tuotantohäiriö tarkoittaa, että varasto on täynnä, tai varaston linjasto, jonne pakattavat tuotteet on tarkoitus kuljettaa siirtovaunulla. Varastohäiriö tarkoittaa käytännössä siirtovaunun häiriöitä. Siirtovaunun häiriöistä tulee tuotannonohjausjärjestelmälle erilliset häiriötiedot.

4.3 Tuotannonohjausjärjestelmän kokoonpano

Hämeenlinnan Osuusmeijerillä on käytössään räätälöity tuotannonohjausjärjestelmä, jonka on toteuttanut aikoinaan pakkauskoneet toimittanut yritys Delphi-ohjelmointiympäristössä. Ohjelmisto koostuu kahdesta osasta - raporttien koostamiseen tarkoitetusta ohjelmasta ja reaaliaikaista tietoa tarjoavasta tuotannonohjausohjelmistosta.

4.3.1 Ohjelmisto

Tuotannonohjausohjelmistoa käytetään pääasiallisesti kylmävaraston ohjaamiseen. Sen avulla voidaan muun muassa määritellä mille radoille siirtovaunu siirtää tuotteet kylmävarastossa ja tehdä tilauksia suoraan pakkauskoneille. Jälkimmäinen ominaisuus ei kuitenkaan ole käytössä, koska sen on todettu aiheuttavan ongelmia tuotteiden sijoittelussa kylmävaraston radoille tuotevaihtojen yhteydessä. Varaston tilaukset toimitetaan nykyisin käsin paperilla.

Pääsivulla on näkymä, jonka avulla voidaan tarkastella pakkauskoneiden tuotantotilaa. Näkymässä on seuraavat tiedot:

- Pakkauskoneen tuotantotila, käy tai seis
- Jos kone on seis-tilassa, näkyvillä on myös tuotantokatkon syy
- Pakattava tuote
- Käytettävä jälkipakkauskone
- Syötettyjen aihoiden lukumäärä pakkauskoneelta
- Varastoon menneiden aihoiden lukumäärä jälkipakkauskoneilta

Jos kone on seis-tilassa, kun tilaus on tehty, tietokantaan tallennetaan seis-tilan alkamisajankohta, pakkauskone, jälkipakkauskone ja syy seisokkiin. Kun seisokki päättyy, myös sen päättymisajankohta kirjataan ja tiedot siirretään tietokantaan. Tietokantaan kirjataan samalla tavoin myös tilaukset. Kun pakkauskoneen operaattori on tehnyt tilauksen päätteeltä, seuraavan tilauksen alkaessa edellinen tilaus kirjataan tietokantaan. Jos tilaus on viimeinen, se kirjataan, kun tuotannonohjausohjelmasta tehdään tuotantopäivän lopetus. Tuotannonohjausohjelmistoon tallentuu myös koottu lista päivän kokonais-tuotantomääristä. Ohjelmistolla voidaan tarkastella myös tapahtumalokia, jossa näkyvät muun muassa häiriöt ja punnitukset, mutta loki ei ole kovin informatiivinen, sillä se ei esimerkiksi kerro häiriöiden alkamisajankohtia tai syitä.

Raportointiohjelma on periaatteessa ohjelma, joka tekee erilaisia tietokantakyselyitä tuotannonseurantaohjelmiston tallentamiin tietokantoihin ja muodostaa niistä Excel-muotoisia raportteja. Raportointi ohjelman avulla voidaan muodostaa seuraavanlaisia raportteja päivän tarkkuudella saman kuukauden sisällä:

- Tuotantoraportti
- Laitehäiriöraportti
- Raportti täyttökonekohtaisista häiriöistä
- Tehoraportti
- Konekohtainen punnitusraportti
- Tuotekohtainen punnitusraportti
- Varaston häiriöloki
- Varaston häiriöraportti

Tuotantoraportista nähdään päivän aikana pakattujen tuotteiden lukumäärä tuotteittain, varastoon siirretyt tuotteet jälkipakkaus koneilta ja näiden erotuksesta laskettava hävikki. Hävikkilukema ei kuitenkaan pidä paikkaansa, koska siinä ei oteta huomioon jälkipakkaus koneilta purettuja tuotteita tai niiden jälkeen tapahtuneita hävikkejä. Nämä hävikit saattavat olla huomattaviakin.

Laitehäiriöraporttiin kirjataan jälkipakkaus koneiden häiriöt, niiden lukumäärä ja yhteenlaskettu kesto. Täyttökonekohtaisesta häiriöraportista käyvät ilmi pakkaus koneiden tuotantokatkokset aiheuttaneet jälkipakkaus koneiden ja pakkaus koneiden häiriöt sekä pakkaus määrä. Tästä raportista nähdään myös tuotevaihtoon kulutettu aika, korjausaika sekä suunnitelmallisiin taukoihin käytetty aika. Seisokin syyksi kirjataan korjaus tai tauko, jos ne kirjataan päätteeltä. Esimerkkinä Taulukko 4.1 Täyttökonekohtaiset häiriöt kuvaa täyttökonekohtaisista häiriötiedoista koottavaa pakkaus koneen yhteenvetoa. Taulukossa xx -merkinnät kuvaavat numeroarvoja ja HH:MM:SS tarkoittaa aikaa.

Taulukko 4.1 Täyttökonekohtaiset häiriöt

Pakattu	xx kpl	
Kokonaisaika	HH:MM:SS	
Suunniteltu tauko	HH:MM:SS	xx %
Kokonaisaika - suunniteltu tauko	HH:MM:SS	
Tuotantohäiriöt	HH:MM:SS	xx %
Laitehäiriöt	HH:MM:SS	xx %
Korjaus	HH:MM:SS	xx %
Tuotteenvaihto	HH:MM:SS	xx %
Tehollinen aika	HH:MM:SS	xx %
Koneteho	xx %	
Tuotantoteho	xx %	
Tuotantoteho - suunniteltu tauko	xx %	

Taulukon pakattu -kohdassa on koneella pakatut tuotteet valittuna ajankohtana. Kokonaisaika tarkoittaa sitä aikaa, jonka kone on ollut tuotantotilassa. Kun kokonaisajasta vähennetään suunnitellut tauot, saadaan aika, joka on käytetty pakkaukseen. Kun tästä vähennetään aika, joka on kulunut tuotantohäiriöihin, korjaukseen ja tuotevaihtoon saadaan tehollisesti hyödynnetty aika. Tämä vastaa OEE:n tehollista tuotantoaikaa. Koneteho lasketaan vertaamalla teoreettista maksimituotantomäärää ja pakattujen tuotteiden määrää tehollisen tuotantoajan suhteen. Tämä vastaa OEE:n suorituskykyparametria. Tuotantoteho -parametri muodostetaan vertaamalla tuotantomäärää ja teoreettista maksimituotantomäärää kokonaisajan suhteen. Raportointiohjelmalla voidaan tulostaa myös tehoreportti, josta nähdään tuotannon aikalahjen jakautuminen tuotteittain.

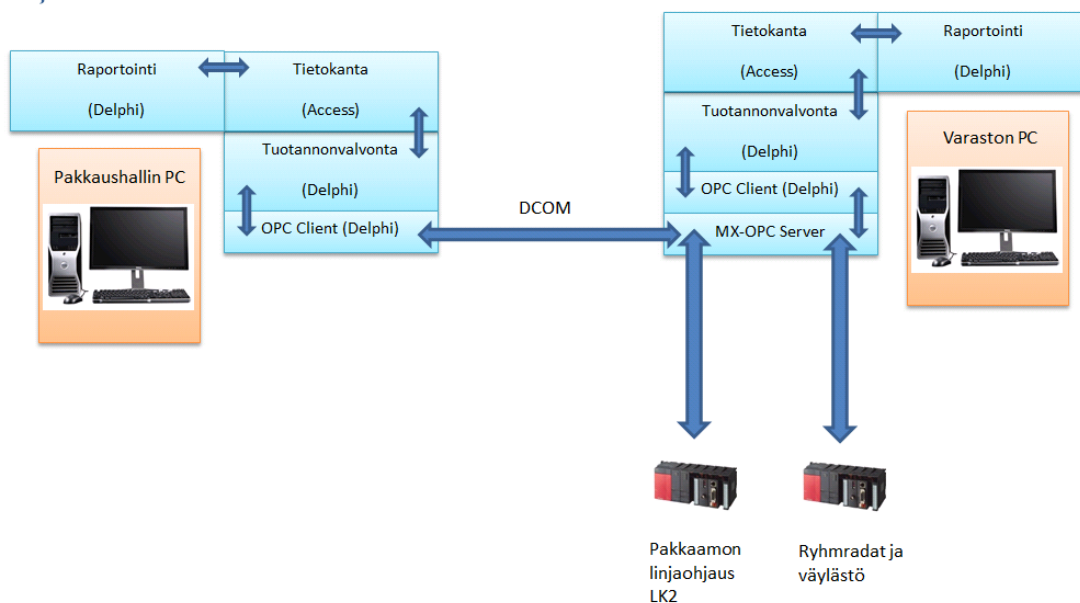
Pakkauskoneiden operaattorien työnkuvaan kuuluu tuotteiden painojen punnitseminen ja täytön säätäminen tarvittaessa. Punnitukset tallentuvat myös tietokantaan ja niiden keskiarvoa voidaan tarkastella koneittain tai tuotteittain.

Myös kylmävarastojärjestelmän häiriöistä voidaan muodostaa raportti saamaan tapaan kuin laitehäiriöistä. Raportista käy ilmi häiriöiden lukumäärä ja yhteenlaskettu kesto. Toisin kuin laitehäiriöille varastohäiriöille voidaan tulostaa myös loki, jossa häiriökirjaukset on listattuna erikseen.

4.3.2 Laitteisto

Tuotannonohjausjärjestelmän kokonaisuus koostuu ohjelmiston itsensä lisäksi PLC-logiikoista, OPC-palvelimeta (Ole for process control), OPC-asiakkaista sekä Microsoft Access -tietokantasovelluksesta. PLC-logiikat ja OPC-palvelin kommunikoivat toistensa kanssa ethernet-väylän välityksellä. Viestintä OPC-palvelimen ja -asiakkaan välillä tapahtuu DCOM-yhteyden (Distributed Component Object Model) välityksellä. Tiedot kerätään logiikoilta OPC-palvelimelle, jolta ohjelmisto hakee tietoa OPC-asiakasohjelmiston välityksellä. Ohjelmisto hoitaa kommunikoinnin tietokantapalvelimen kanssa ja tallentaa tiedot Access-tietokantaan. Raportointiohjelmisto sen sijaan kommunikoi ainoastaan tietokantasovelluksen kanssa. Kuva 4.2 esittää ohjelmiston rakennetta. Kuvassa tuotannonohjausohjelmisto on nimellä tuotannonvalvonta.

PC-ohjelmistorakenne



Kuva 4.2 Ohjelmistorakenne

Kuten kuvasta voidaan nähdä, OPC-palvelin on sijoitettu varaston PC:lle, joka sijaitsee kylmävarastossa. Sama ohjelmisto pyörii myös pakkaushallin PC:llä ja molemmilla on oma tietokantansa. Pakkaushallin PC:n kommunikointi OPC-palvelimen kanssa tapahtuu siis OPC-asiakasohjelmiston ja DCOM-yhteyden välityksellä.

4.3.3 Tuotantotiedon kirjaaminen

Työhön liittyy oleellisesti automaattinen tuotanto- ja häiriötietojen kirjaaminen. Tiedot liittyvät tavallisesti johonkin tilaukseen ja kullakin tilauksella onkin oman tilausnumerosa. Tilausnumero osoitetaan tilaukselle, kun pakkaaja on syöttänyt pakattavan tuotteen ja käytettävän jälkipakkauskoneen tilauspääteeltä ja tilaus alkaa.

Päivän ensimmäinen tilaus alkaa, kun ensimmäisen tilauksen 10 ensimmäistä purkkia on täytetty. Kun tilaus lopetetaan, pääteeltä kirjataan lopetus. Tällöin alkaa tuotevaihdon kirjaaminen, joka päättyy taas seuraavan tilauksen alkaessa. Myös seuraava tilaus alkaa, kun 10 ensimmäistä purkkia on täytetty. Samalla kirjataan edellinen tilaus tietokantaan. Eli edellinen tilaus ei näy ennen seuraavan alkamista. Jos tilaus on päivän viimeinen, ei kirjata tuotevaihtoaikaa ja tilaus kirjataan tietokantaan, kun varasto-ohjelmistolta tehdään tuotantopäivän lopetus.

Jos pakkauskone pysähtyy kesken tilauksen, ohjauslogiikka etsii pysähdykselle syyn ja se tallennetaan pysähdyksen syyksi. Häiriö tallennetaan tietokantaan, kun kone taas lähtee käymään. Jos tilauspääteeltä kirjataan tauko tai korjaus, se ylikirjoittaa muistissa olevan häiriön syyn, ei alkuaikaa. Muuten tauko/korjaus kirjataan samalla periaatteella kuin häiriöt. Tämä tarkoittaa, että tauon tai korjauksen voi kirjata myös myöhemmin, kunhan se tehdään ennen kuin kone taas käy.

4.4 Järjestelmän ongelmat ja havaitut kehitystarpeet

Kuten alkuperäisessä tehtävänannossakin kuvattiin, järjestelmän toimivuudessa havaittiin vikoja. Syvemmän tutkimisen yhteydessä kävi myös ilmi, ettei järjestelmää täysin käytetä tarkoituksenmukaisella tavalla, mistä johtuen kaikkia tunnuslukuja ei saada kerättyä tai ne vääristyvät. Vaikka tuotannonseurantajärjestelmän infrastruktuuri sinänsä on toimiva, on se päästetty rapistumaan toteutettujen uudistusten yhteydessä, eikä kyllään meijerin sisällä tuntunut olevan tarkkaa tietoa sen toimintaperiaatteista ja tunnuslukujen laskentaperiaatteista.

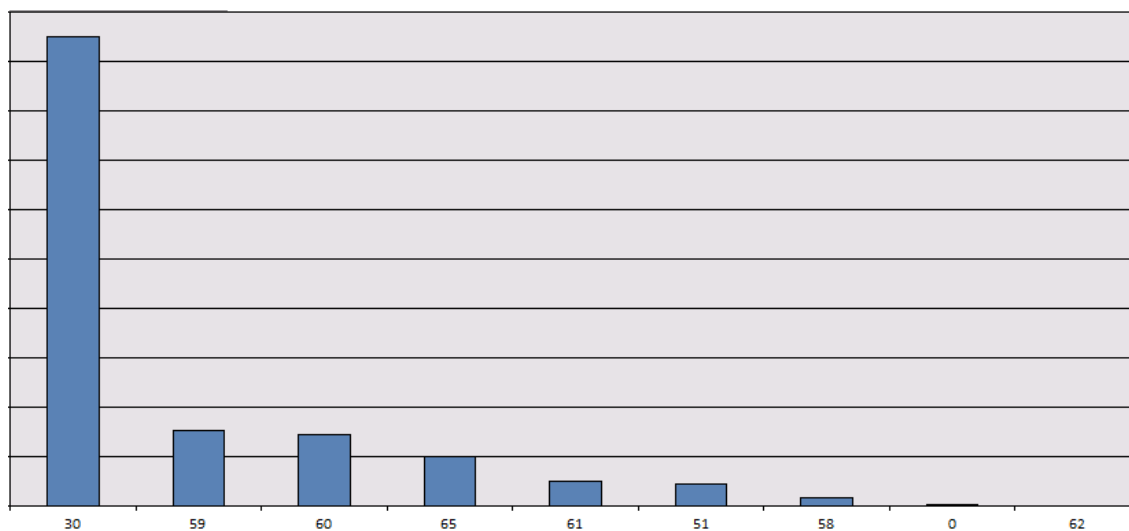
Puutteiden ja toimimattomuuden vuoksi luottamus järjestelmään on laskenut, kuten myös tunnuslukujen käyttö ja motivaatio tietojen kirjaamiseen. Lisäksi raportointiohjelman käyttäminen esim. trendien muodostamiseksi on hankalaa ja työlästä, eivätkä käytetyt luvut ole täysin riippumattomia ja näin ollen vertailukelpoisia esimerkiksi edelliseen kuukauteen. Tunnuslukujen merkitystä tuotannonseurannassa on vähentänyt myös se, etteivät niiden tarkat muodostumisperiaatteet olleet selvillä.

Nykyinen järjestelmä kerää tuotantotietoa melko monipuolisesti niin tuotantoluvuista kuin tuotannon aikalajeistakin. Tästä huolimatta meijerillä kirjataan ja koostetaan paljon raporteja käsin, koska järjestelmältä saatuihin lukuihin ei täysin luoteta. Järjestelmään

perehtyminen osoitti kuitenkin, että siitä saadut tiedot pitävät hyvin paikkansa, jos järjestelmää käytetään oikein ja seuraavassa aliluvussa mainitut puutteet ja ongelmat korjataan. Lisäksi se voidaan kohtuullisen pienillä muutoksilla saada palvelemaan tarpeita paremmin.

4.4.1 Järjestelmässä havaitut viat

Tuotannonohjausjärjestelmältä saaduista häiriöraporteista koostetaan tällä hetkellä käsin muutamia pidemmän aikavälin raportteja sekä etenkin viikoittaisia raportteja, joiden avulla seurataan konetehon ja häiriöprosenttien kehitystä. Epäilystä häiriönkirjautumisen toimivuudesta herätti se, ettei tiettyjä häiriöitä ollut kirjattu joiltakin laitteilta, vaikka häiriöitä tietyvästi tapahtui. Lisäksi joidenkin häiriöiden jakautuminen eri nimikkeille oli erittäin epätasaista. Kuva 4.3 esittää erään pakkauskoneen ja jälkipakkauskoneen yhdistelmän häiriöiden jakautumista ajan suhteen yhden kuukauden jaksolla.



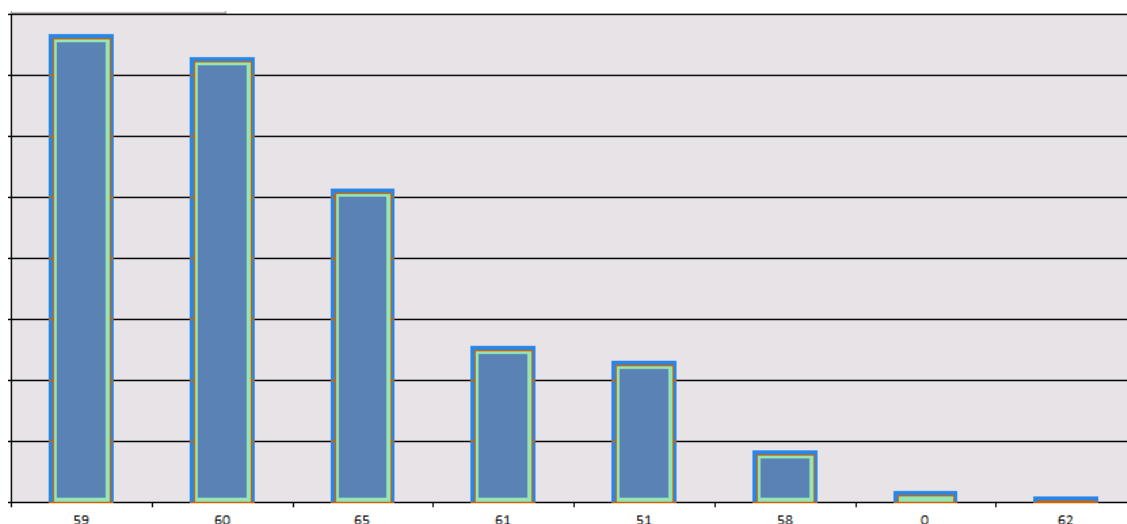
Kuva 4.3 Esimerkki 1 nykyisestä häiriöiden jakautumisesta

Kuva 4.3 on piirretty Microsoft Accessin työkalujen avulla järjestelmän tietokannasta, sillä nykyisellä raportointiohjelmalla ei ole mahdollista koota graafisia raportteja. Kuvassa on x-akselilla häiriökoodi ja y-akselilla häiriöiden osuus seisokkiajasta sekunteina. Ensimmäisenä pistää silmään häiriökoodi 30, joka muodostaa häiriöajan lähes yksinomaan. Häiriö 30 tarkoittaa tuotevaihtoa, joka ei siis varsinaisesti ole häiriö. Sen päivittäinen osuus on kaikilla koneilla lähes poikkeuksetta suurin, usein tunteja, vaikka yksi tuotevaihto vie vain noin 5-10 minuuttia. Tämä johtuu siitä, ettei tuotannon päättyessä kirjata tilauspääteeltä suunniteltua taukoa, vaikka pitäisi. Tällöin tuotevaihtoaikaa kirjataan, kunnes seuraava tilaus taas alkaa. Mikäli lopetusta ei ole tehty, tuotantoseisokki kirjautuu pakkauskoneen tuotantohäiriöksi, ellei tuotantokatko ole alun perin alkanut jonkin häiriön seurauksena.

Toinen samankaltainen ongelma on korjausajan kirjaaminen. Jotta laitteiden vikaantumisen aiheuttama korjaamisaika saadaan eroteltua häiriöistä ja tuotantokatkoista, se

täytyy myös kirjata päätteeltä. Jos laitetta korjattaessa päätteeltä ei kirjata häiriön syyksi korjausta, tämä aika tallentuu tuotantokatkoksi tai pakkauskonehäiriöksi.

Järjestelmän havainnoinnin perusteella selvisi, että epäily häiriöiden kirjautumisen toimimattomuudesta oli paikkansa pitävä. Ongelmat koskevat lähinnä jälkipakkauslaitteiden logiikoita. Kun logiikoita on muutettu, häiriöntunnistusta ei ole päivitetty mukana. Tätä tukee myös se, että aikaisemmin häiriönkirjaus on toiminut oikein. Häiriötiedot tuodaan laitteiden logiikoilta niitä keräävälle logiikalle suoraan sisääntuloon, joten myös I/O-määrä rajoittaa saatavaa tietoa. Jälkipakkauslaitteiden tapauksessa esiintyi myös useita häiriöitä, joita laitteisto ei tunnistanut. Nämä häiriöt liittyivät tilanteisiin, joissa laite jumiuu esimerkiksi rutatessaan maitopurkin. Kuva 4.4 esittää Kuva 4.3 esitettyä diagrammia, ilman virheellistä tuotevaihtotietoa.



Kuva 4.4 Esimerkki 2 nykyisestä häiriöiden jakautumisesta

Voidaan huomata, että myös tässä tapauksessa diagrammi noudattaa 80/20-sääntöä. Kuvassa häiriökoodi 59 tarkoittaa pakkauskonehäiriöitä, 60 tuotantohäiriöitä ja 65 rata-ruuhkaa. Järjestelmän toteutuksen vuoksi rata-ruuhkaa kirjataan käytännössä tapauksissa, joissa häiriötä ei tunnisteta. Kuvan pakkauskoneen tapauksessa tähän on kirjautunut esimerkiksi rullakon puute, koska tämä ei tieto ongelman vuoksi kirjaudu ollenkaan. Myös jälkipakkauslaitteiden jumittuminen (monesta eri syystä), joka allekirjoittaneen kokemusten perusteella on hyvin yleistä, on kirjautunut useimmiten virheellisesti koodille 65, puutteellisen tunnistuksen vuoksi.

4.4.2 Hävikin raportointi

Tuotannon työntekijät pakkaavat tuotteita paperisen pakkauslistan perusteella. Varastosta annetaan edellisenä iltana tuotettavat tilausmäärät tuotannolle, jossa tuotanto suunnitellaan kiireellisyyden ja resurssien perusteella. Kun pakattavat tuote-erät on saatu pakattua, pakkauskoneoperaattori katsoo pakkauskoneen näytöltä lopullisen pakkausmäärän ja merkitsee sen pakkauslistaan. Jos pakkauksen aikana syntyy hävikkiä, operaattori

laskee vialliset tuotteet ja tyhjentää ne talteen otettavaksi tai hävitettäväksi. Järjestelmä laskee hävikin pakkauskoneen pakkaamien tuotteiden ja varastoon menneiden tuotteiden erotuksen perusteella. Tieto pakatuista tuotteista tulee pakkauskoneilta ja pitää yleensä tarkasti paikkansa. Varastoon menneiden tuotteiden lukumäärä tulee jälkipakkauskoneiden ryhmittelysylintereiltä, jolloin tuotteita lasketaan laitteesta riippuen 4-6 kpl erissä. Jos jälkipakkauskoneella sattuu häiriö ja syntyy hävikkiä tai hävikkiä syntyy sen jälkeen, tämä jää huomaamatta järjestelmältä. Nykytilanteessa tapauksissa, joissa hävikkiä syntyy jälkipakkauskoneilla, prosessin valvoja tuo puretut tuotteet pakkauskoneiden perälle, josta pakkauskoneoperaattorin tulisi ne laskea ja tyhjentää.

Nykyjärjestelmässä on hävikin raportoinnin kannalta useita ongelmia. Tavallisesti jos hävikkiä tapahtuu paljon, esimerkiksi koneen tukkeutuessa, hävikkiä ei syntyvän kiireen vuoksi lasketa kovin tarkkaan vaan määrät arvioidaan. Sama pätee, jos jälkipakkauskoneelta tulee paljon hävikkiä esimerkiksi kaatuneen rullakon vuoksi. Usein myös jälkipakkauskoneilta tuodut hävitettävät tuotteet saattavat jäädä lojumaan pakkauskoneiden taakse huomaamatta tai kiireen vuoksi pitkäksi aikaa, eikä enää voida sanoa mihin tilaukseen purettavat tulisi merkitä, jos samaa tuotetta pakataan uudelleen. Myös vuoron vaihtuessa lojumaan jääneet purkit jäävät helposti merkittämättä, koska ei ole varmuutta siitä onko tuotteet jo merkitty hävikkiin. Erityisesti jälkipakkauskoneilla syntyvät muuttaman kappaleen hävikit jäävät usein merkittämättä, koska ne tuodaan purettavaksi vasta kun tuotteita on esimerkiksi laatikollinen. Tässä vaiheessa niitä on usein mahdoton kohdentaa tilauksille. Käsin merkittyyn hävikkiin voi vaikuttaa myös työntekijän motivaatio, omat intressit tai esimerkiksi taipumus virheiden peittelyyn.

Paras ratkaisu ongelmaan olisi, jos hävikki pystyttäisiin laskemaan täysin automaattisesti. Luotettavan automaattilaskennan mahdollisuuksiin perehdyttiin, mutta työn edetessä havaittiin erittäin hankalasti jäljitettäviä satunnaisvirheitä ja automaattilaskennan toteutuksesta luovuttiin. Ratkaisuna ongelmaan hävikin raportoinnista käsin tulisi tehdä mahdollisimman vaivatonta ja nopeaa, jotta tiedot saataisiin mahdollisimman luotettavina tietokantaan automaattista käsittelyä varten.

4.4.3 Raportoinnin ja tulosten konkretisointi

Tuotannonohjausjärjestelmä on toteutettu niin, että tilausta lopetettaessa tuotannon aikalaajiksi merkitään tällöin tuotevaihto. Jos pidetään suunnitelmallinen tauko, tulisi operaattorin kirjata tilauspääteeltä tuotantokatkoksen syyksi tauko. Jos tauko jää kirjaamatta, tuotannon käynnistyessä seuraavan kerran järjestelmä kirjaa tauon syyksi tuotevaihdon. Toteutuksen vuoksi tuotevaihtoaikoja ei pystytä havaitsemaan muulla tavoin, vaan kirjaaminen vaatii operaattorin aktiivisuutta.

Jos taukoja ei kirjata, ei voida myöskään saada tarkkaa tietoa tuotevaihtoihin käytettävästä todellisesta ajasta, tai käytettävästä tuotannon pelivarasta. Kun saatavilla on tarkkaa tietoa tuotannon aikalajeista, voidaan tietoa käyttää tuotannosuunnittelussa ja on-

gelmakohtien eliminoimiseen tuotannon tehostamiseksi. Pakkauskoneiden korjaustaukojen merkitseminen tapahtuu myös tilauspääteeltä. Korjaustauot tulisi merkitä, jos konetta tai tuotantolinjaa korjataan tuotannon aikana. Huoltokatkon merkitseminen olisi käytännössä laitoshuollon vastuulla. Nykytilassa korjaustauon merkitsemistä koskevat samat ongelmat. Myöskään *korjauksen odotusaikaa MWT* ei voi kirjata tällä hetkellä.

Syynä tiedon kirjaamatta jättämiseen on juurikin se, ettei tietoa varsinaisesti ole käytetty ja myös opastuksesta tiedon kirjaamiseksi on pikkuhiljaa luovuttu tarpeettomana. Motivaatiota tauon kirjaamiseen vähentää varmasti myös se, ettei sen vaikutuksia ole havaittavissa mitenkään. Harva tietää miksi tauko pitää kirjata ja mihin se vaikuttaa. Koska taukoja ei kirjata, tuotantotehotietoja ei pystytä laskemaan automaattisesti. Tällä hetkellä tuotantotehot lasketaan yövuoron päätteeksi käsin sen perusteella, mitä operaattorit ovat merkinneet pakkauslistaan. Tämä tarkoittaa, että myös arvionvaraiset tehotiedot jäävät keräämättä muutoin kuin yövuoron osalta.

Järjestelmään tallennetaan jo nykytilassa huomattavan tarkkaa tietoa tuotannosta ja pelkillä tietokantakyselyillä pystyttäisiin muodostamaan monipuolisia raportteja. Työn vaikutusten näkeminen voisi motivoida operaattoreita merkitsemään muun muassa tauot nykyistä ahkerammin, jos vaikutukset voitaisiin nähdä suoraan esimerkiksi käytettävyydessä, jota tällä hetkellä ei mitata. Työn tuloksen konkretisoiminen tuotannon työntekijöille saattaisi motivoida myös muunlaiseen suorituskyvyn paranemiseen - kun nähtävillä on mittarit, joista työntekijä voi arvioida suoritustaan, hän saattaa haastaa itsensä. Reaaliaikaisen tuotantotehon seurannan avulla olisi myös mahdollista arvioida tilausten valmistumisajankohtaa, jos järjestelmään syötetään tavoitemäärä. Tieto arvioidusta valmistumisajankohdasta helpottaisi tuotannonsuunnittelua.

Pakkaajia on yritetty kannustaa esimerkiksi tuotevaihtoaikojen mittaamiseen käsin, oman suorituksensa ja toimintansa seuraamiseksi. Kuitenkaan kiinnostusta tällaiseen ei ole ollut riittävästi. Tuotevaihtoajoja olisi kuitenkin mahdollista tarkastella helposti tietokannasta saatavan datan perusteella.

Tällä hetkellä tietokone, jolla tuotannonohjausjärjestelmä sijaitsee, on sijoitettuna työnjohtajan koppiin. Käytännössä pakkauskoneiden operaattorit eivät käytä sitä, eikä siitä juurikaan ole saatavilla heille hyödyllistä tietoa, koska raporttejakin voidaan koostaa korkeintaan päivän tarkkuudella. Jotta reaaliaikaista tietoa tarjoava järjestelmä tulisi laajemmin käyttöön, se tulisi sijoittaa pakkaushallin puolelle. Lisäksi sen käyttöön tulisi olla jokin ohjaava tekijä, kuten valmistuneiden tilausten hyväksyminen. Toinen vaihtoehto on ottaa tuotantotietojen ja suoritusten seuraaminen osaksi työrotiineja.

4.4.4 Häiriöiden raportointi

Tällä hetkellä järjestelmän koostamissa raporteissa lukee häiriöiden kokonaiskesto ja lukumäärä. Tällainen tieto ei välttämättä hyödytä esimerkiksi päivystysvuorossa olevaa

laitoshuoltajaa, sillä tietojen tarkasteleminen pelkkien lukujen avulla on hidasta. Häiriötietojen perusteella tulisi pystyä selaamaan mahdollisimman helposti esimerkiksi edellisen vuoron aikana sattuneita häiriöitä tai pidemmän ajan kehitystä, jotta häiriöiden hii-piminen, eli vähittäinen lisääntyminen, voidaan havaita. Häiriöiden määrä tulisi myös suhteuttaa johonkin vertailukelpoiseen lukuun, kuten esimerkiksi suunniteltuun tuotan-toaikaan, tai häiriöiden kokonaismäärään.

Vaikka pakkauskoneoperaattoreiden tavallisesti tulisi kutsua laitoshuolto korjaamaan laitetta, jos jokin häiriö aiheutuu toistuvasti, ei tätä kirjoittajan kokemuksen perusteella aina tehdä. Toistuviin ongelmiin saatetaan tottua tai ei uskota, että niihin voidaan vai-kuttaa ja siksi niistä ei välttämättä viitsitä enää mainita. Tästä aiheutuu tiedonkulkuon-gelma, jonka tuloksena tuotantoteho laskee ja tehdään paljon turhaa työtä.

Tämänhetkinen häiriöjaottelu ei ole kovin tarkkaa, sen avulla pystytään kohdentamaan jotakuinkin se, onko häiriö pakkauskoneella, jälkipakkauskoneella vai varastossa tai johtuuko se raaka-aineen, alusvaunun, laatikon tai rullakon puutteesta. Vaikka ongel-man todellista syytä ei voida järjestelmän avulla paikantaa, voidaan pullonkaulat ottaa tarkkailuun ongelman syyn havaitsemiseksi. Jos häiriöistä haluttaisiin tarkempaa tietoa, voidaan ongelmia kyllä tunnistaa logiikan avulla ja lisätä järjestelmään kohtuullisen helposti. Häiriötietojen välittäminen tietokantaan vaatii kuitenkin laiteinvestointeja.

4.4.5 Tuotantotehokkuuden seuranta

Nykytilanteessa tuotantotehokkuutta seurataan siis käytännössä laskemalla pakatut tuot-teet työntekijän merkitsemästä alkamisajankohdasta yövuoron päättymiseen ja suhteut-tamalla pakkausmäärää teoreettiseen maksimipakkausmäärään. Tätä lukemaa käytetään muun muassa aamupalavereissa, joissa tarkastellaan yön tehoja. Tällä tavoin voidaan toki saada suuntaa antava lukema yön kokonaispakkaustehokkuudesta, mutta tehokkuu-den muodostumisesta tämä luku ei juuri kerro. Sen perusteella ei voida esimerkiksi pää-tellä minkä vuoksi teho on ollut huono jonain yönä.

Järjestelmä tallentaa tehot kaikkine katkoksineen ja näiden syineen tilauksittain tieto-kantaan, josta on mahdollista muodostaa täsmällisiä raportteja. Tähän mennessä raport-teja on voinut muodostaa ainoastaan päivän tarkkuudella. Tämä tarkoittaa yleensä sitä, että järjestelmän laskema tuotantoteho on matala, koska suuri osa aamu- ja varsinkin iltavuorosta on aikaa, jolloin tuotantoa ei välttämättä ole. Tämä ja etenkin se, ettei tau-koja kirjata järjestelmään johtaa taas siihen, ettei järjestelmän muodostamien raporttien oikeellisuuteen uskota, koska lukemat ovat niin heikot. Jotta tunnuslukujen raportointi saadaan kuntoon, tulee järjestelmän käyttäjien ymmärtää, kuinka tunnusluvut mitataan ja lasketaan. Tällä hetkellä raportointiohjelman tietoja käytetään lähinnä konetehon, eli suorituskyvyn seurantaan sekä laitehäiriöprosentin seurantaan. Molemmista koostetaan raportteja hakemalla tiedot jokaiselle viikolle erikseen ja pahimmassa tapauksessa vii-kon osuessa kuun vaihteeseen joudutaan laskemaan yhteen kahden otteen tietoja. Ny-

kyinen ohjelmisto myös laskee osan häiriöistä, kuten laatikonpuute tuotantohäiriöihin, vaikka vika usein johtuu laitteistosta. Tämän takia laitehäiriöitä joudutaan yksittäin summaamaan yhteen laitteittain laitehäiriöiden kokonaismäärän selvittämiseksi.

Järjestelmän ja etenkin tietokannan avulla on mahdollista koostaa huomattavasti kehittyneempiä ja yksityiskohtaisempia raportteja pakkaamon suorituskyvystä. Raporttien seuranta ja muodostaminen tulisi tehdä yksinkertaiseksi ja selkeäksi, jottei aikaa kulu turhaan niiden muodostamiseen ja tulkitsemiseen.

5 RATKAISUJEN ESITTELEMINEN

Alkuperäisen tehtävän kuvauksen mukaan tavoitteena oli tuotannonseurantajärjestelmän nykytilan kartoittaminen ja vikaepäilyjen tarkistaminen ja korjaaminen. Lisäksi toivottiin muutamia yksityiskohtaisempia uudistuksia olemassa olevaan raportointiohjelmistoon ja ideoita siitä, kuinka järjestelmä saataisiin vastaamaan paremmin meijerin tarpeita.

Pyydettyjen uudistusten lisäksi ratkaisuja kehitettiin edellisessä luvussa esitettyjen havaittujen kehitystarpeiden ja ongelmien ratkaisemiseksi. Osa näistä ratkaisuista toteutettiin ja osa jätettiin jatkokehitystoimenpiteisiin aikataulusyistä ja tarvittavien ohjelmistotyökalujen puutteen vuoksi. Lisäksi suunnitelmat meijerin jälkipakkauslaitteiden tulevaisuudesta olivat työn tekohetkellä vielä auki, joten suurempiin laiteinvestointeihin ei haluttu tässä vaiheessa lähteä.

Ensimmäisessä aliluvussa esitellään ratkaisut alkuperäisen tehtävänannon ongelmiin. Toisessa aliluvussa käsitellään tarkemmin raportointiohjelmistoon tehtyjä uudistuksia ja ratkaisuja havaittuihin kehitystarpeisiin. Toteuttamatta jääneet kehitysideat esitellään jatkokehitystoimenpiteissä.

5.1 Nykytila ja puutteiden korjaus

Ensimmäiseksi selvitettiin tuotannonseurantajärjestelmän nykytila. Järjestelmän toiminnasta ja nykytilasta ei ollut talon sisällä tarkkaa tietämystä, sillä sen on toteuttanut jälkipakkauslaitteet aikoinaan toimittanut yritys. Tarvittavat lähdekoodit, dokumentaatiota, hieman perehdytystä ja apua saatiin kuitenkin järjestelmän toteuttaneelta automaatio-suunnittelijalta.

Järjestelmän häiriönkirjautumiseen liittyvät vikaepäilyt tutkittiin perehtymällä tuotantolaitteiden ohjauslogiikoihin ja testaamalla häiriötietojen välityksiä, sekä aiheuttamalla tilanteita, joiden tulisi laukaista häiriöiden kirjaaminen. Joissakin tapauksissa sovellettiin myös 5xMiksi -tekniikkaa ongelmien alkulähteille pääsemiseksi. Usein signaalien varsinaisen alkulähteen löytäminen saattoi esimerkiksi olla työn takana järjestelmää tuntemattomalle.

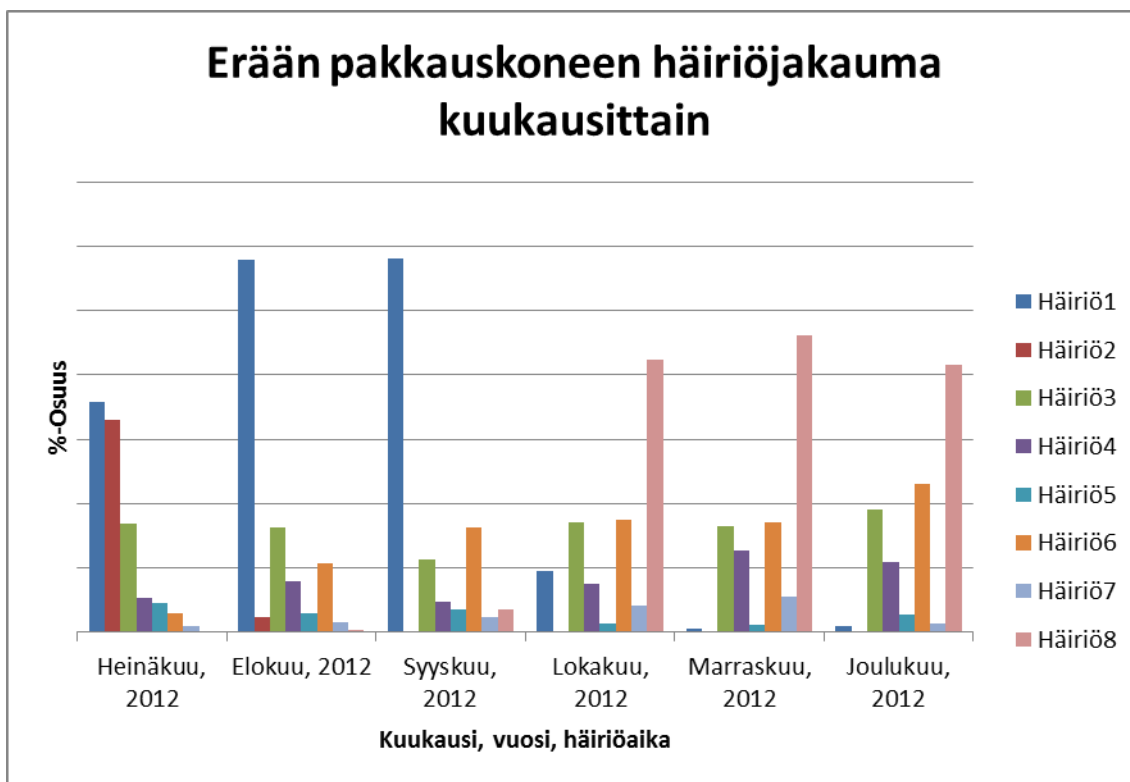
5.1.1 Häiriötiedot

Useimmissa tapauksissa, joissa häiriötietojen välittäminen tai häiriötilanteiden havaitseminen oli puutteellista, syyksi paljastui, ettei logiikkaohjelmien häiriöntunnistusta ollut uudistettu sen toimintaan tehtyjen muutosten yhteydessä. Yhden häiriön tapauksessa ongelmana oli myös vapaiden lähtöjen puuttuminen jälkipakkauslaitteiden logiikoissa. Tieto häiriöstä onnistuttiin kuitenkin keräämään toista kautta. Järjestelmästä paljastui myös muutama yksinkertainen ohjelmointivirhe. Jotta vastaavilta ongelmilta vältyttäisiin jatkossa, tulisi ulkoistettujen töiden yhteydessä pitää huoli, että myös häiriöntunnistusmenetelmät pidetään ajan tasalla.

Suurimmalta osin järjestelmän keräämät tiedot onnistuttiin korjaamaan sillä tasolla, että esimerkiksi tuotanto- ja laitehäiriöt pystytään erottamaan niin, että myöhemmin esiteltävien tuotannon kokonaistehokkuusraporttien tiedot pitävät paikkansa. Osa laitehäiriöistä jäi kuitenkin vielä tunnistamatta. Tunnistamattomat häiriöt menevät tuotekuljettimien ruuhkasta ilmaisevan häiriön nimikkeelle, joka on laitehäiriö, eikä näin ollen vääristä esimerkiksi OEE:n laskentaa.

Esimerkiksi jälkipakkaus koneiden ja etenkin pakkaus koneiden avulla on mahdollista kerätä tarkempaa tietoa siitä, mikä häiriön kulloinkin aiheuttaa, mutta häiriötietoa ei saada eteenpäin, koska laiteistossa ei ole vapaita ulostuloja. Lisäinformaation saamiseksi tulisi tehdä laiteinvestointeja etenkin jälkipakkaus koneille, esimerkiksi vaihtaa logiikoita ja tehdä johdotuksia tai hankkia Ethernet-moduuleja PLC-ohjaimille. Investointeja ei lähdetty tekemään, koska jälkipakkaus koneiden uudistaminen/vaihtaminen on suunnitelmissa lähitulevaisuudesta, eikä tarkempia suunnitelmia vielä ole. Kartoituksen tuloksena voidaan kuitenkin suositella häiriötiedon keräämisen kehittämistä tulevien uudistusten yhteydessä. Esimerkiksi pelkästään varaamalla 3 ulostuloa häiriötietoja varten voidaan jo eritellä 8 erilaista häiriötä käyttämällä erilaisia bittiyhdistelmiä.

Seuraavassa kuvassa (Kuva 5.1 Erään pakkaus koneen häiriöiden jakautuminen) on esitetty todellisen datan perusteella esimerkinomaisesti tehtyjen muutosten vaikutuksia. Kuvassa on esitettyinä häiriöiden osuus kokonaishäiriömäärästä, kuvasta on karsittu esimerkin kannalta epäoleelliset absoluuttiset arvot ja häiriöiden todelliset nimet.



Kuva 5.1 Erään pakkauskoneen häiriöiden jakautuminen

Kuvasta voidaan nähdä syyskuun aikana tehtyjen korjausten vaikutus *häiriö1:n* ja *häiriö8:n* määrään. Kyseisessä tapauksessa häiriö kirjautui väärälle nimikkeelle. Samasta kuvasta voidaan nähdä myös häiriön muodostavan suurimman osan pakkauskoneen häiriöistä. Sama häiriö dominoi myös muilla pakkauskoneilla prosentuaalisessa määrässä. Kyseisen häiriön suuri määrä aiheutuu siitä, ettei suunniteltua taukoa tai korjausta ole kirjattu pakkauskoneen odotellessa lisää tuotantoa tai tuotannonaikaisen korjauksen sattuessa.

Samasta syystä järjestelmän luvut vääristyvät myös muutamissa muissa tapauksissa. Suunniteltua taukoa/korjausta ei ole käytetty muun muassa siitä syystä, ettei tunnuslukujen muodostumis- ja laskemisperiaate ole ollut täysin selvillä. Tämän asian korjaamiseksi järjestelmän toiminnasta ja häiriöiden kirjaamisesta tehtiin kooste raportointijärjestelmän ohjeen yhteydessä, jotta vastaavilta ongelmilta vältyttäisiin jatkossa ja tieto järjestelmän toiminnasta säilyisi myös henkilöstön vaihtuessa. Suunniteltu tauko aiotaan myös ottaa jälleen käyttöön vähitellen nyt, kun sen vaikutus ymmärretään. Myös pakkaajat voivat havaita tauon merkityksen, sillä raportointiohjelmistolla voidaan nyt seurata tunnuslukuja jopa tilauksittain. Laadittu ohje on liitteenä 2. Ohjeesta on jätetty pois ohjeen liitteet, jotka ovat otteita tämän työn teoriaosuudesta.

5.1.2 Tuotantomäärät

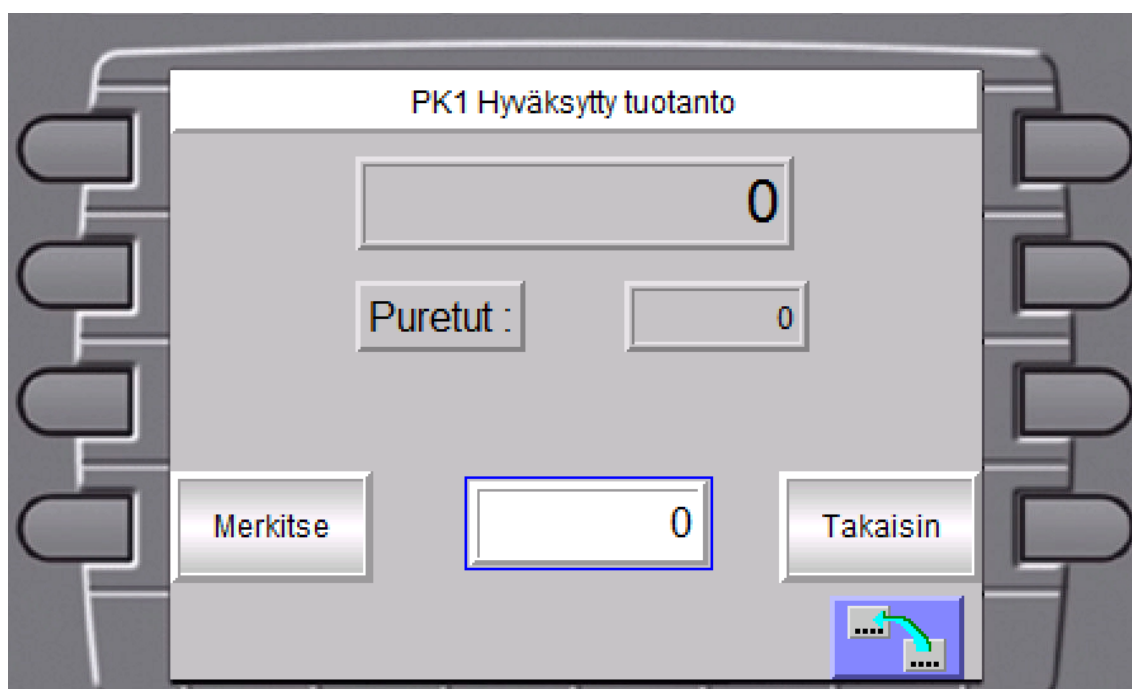
Tähän asti pakkauskoneella pakattujen tuotteiden määrää on seurattu pakkauskoneelta saatavan lukeman perusteella, jonka voidaan olettaa tarkkaa tietoa – tai ainakin parasta

mahdollista saatavilla olevaa. Purettujen tuotteiden, eli hävikin, määrä lasketaan hävikin käsittelyn yhteydessä ja merkitään pakkauskonepöytäkirjaan.

Tämä tarkoittaa, etteivät luvut puretuista tuotteista päädy tietokantaan. Tietokantaan tallentuu kyllä jälkipakkauskoneilta saatava tieto varastoon menneistä tuotteista, mutta tieto tulee maitopurkkirivejä ryhmittelevältä sylinteriltä, eikä näin ole luotettavaa. Jälkipakkareiden lukemia viime vuodelta tarkasteltaessa voidaan havaita, että luvut heittävät noin 10 % ja vieläpä negatiiviseen suuntaan, eli suurempaa varastosaldoa kuin mitä pakkauskoneella on edes pakattu. Järjestelmässä olevien virheiden lisäksi lukuihin tulee heittoa esimerkiksi jälkipakkauskoneiden rutatessa tuotteita tai tilauksen päätösten yhteydessä, kun ryhmitellyt rivit eivät ole täysiä.

Ratkaisuksi mietittiin aluksi jälkipakkauskoneille virheitä aiheuttaneiden ilmiöiden korjausta ja lukujen korjausmahdollisuutta käsin näyttöpaneelin kautta. Tarkemman tarkastelun tuloksena huomattiin kuitenkin vaikeasti jäljitettäviä merkittäviä satunnaishäiriöitä jälkipakkareiden toiminnassa, eikä niiden jäljittäminen sopinut työn aikatauluun. Käytännössä toimivan automaattilaskennan toteuttaminen vaatisi lisäanturointia tai esimerkiksi kuvantunnistustekniikkaa.

Ongelma ratkaistiin kuitenkin suhteellisen yksinkertaisella tavalla toteuttamalla purettujen tuotteiden merkitseminen samaan näyttöpaneeliin, johon nyt syötetään pakattava tuote, eli tilaus. Näin purettujen tuotteiden määrä saadaan tietokantaan ja sitä voidaan hyödyntää tuotannon seurannassa ja tehokkuuden laskennassa. Purettujen tuotteiden syöttäminen päätteeltä on vaivatonta, vähentää tarvetta päässä laskuille, nopeuttaa tuotevaihtoja ja vähentää kirjanpitoon käytettävää työtä. Kuvassa (Kuva 5.2) on esitettyä purettujen tuotteiden merkitsemiseen tehty paneelikäyttöliittymä.



Kuva 5.2 Purettujen tuotteiden merkitseminen tilauspääteeltä

Käyttöliittymän ensimmäisessä suuressa laatikossa näkyy hyväksytty tuotanto, eli pakatut tuotteet vähennettynä puretuilla tuotteilla. Tämän alla on nähtävissä purettujen tuotteiden lukumäärä. Kun käyttäjän haluaa lisätä purettuja tuotteita, syötetään kuvassa sinisellä ympäröityyn kenttään purettujen tuotteiden määrä. Merkitsemisen yhteydessä tuotteet summataan purettujen kokonaismäärään. Tämä vähentää päässä laskun tarvetta. Jos käyttäjä syöttää virheellisen määrän purettuja, voi tämän korjata syöttämällä negatiivisen arvon, jolloin puretuista vähennetään tuotteita. Tiedot tallennetaan ja laskenta nollataan automaattisesti, kun tilaus päättyy.

5.2 Raportointiohjelmiston uudistukset

Raportointiohjelmiston uudistaminen aloitettiin toteuttamalla aluksi pyydyt ominaisuudet. Tämän jälkeen ohjelmiston kehityssuunnaksi otettiin tuotannon kokonaistehokkuusraportoinnin toteuttaminen, sillä suurin osa tähän tarvittavasta tiedosta oli jo saatavilla järjestelmästä, joten muutoksia täytyi tehdä lähinnä tietokannan käsittelyyn liittyen.

Kuvassa (Kuva 5.3 Raportointiohjelman uusi käyttöliittymä) on esitelty ohjelmaan toteutettu uusi välilehti, jossa on nähtävillä myös suurin osa uusiin toimintoihin liittyvistä käyttöliittymäkomponenteista, joihin viitataan myöhemmin niiden vieressä olevilla numeroilla. Kuvasta on jätetty pois osa piirtoalueesta, jolle Excel-raportit muodostetaan.

File Asetukset 7. Hämeenlinnan O

Perusraportit Graafiset perusraportit OEE 1.

Raportin valinta

OEE, Tuotannon kokonaistehokkuus

A, Käytettävyys

P, Suorituskyky

-> Häiriöiden jakautuminen

Q, Laatu

Ajankäyttö

Raportin tarkkuus

Kuukausittain

Viikottain

Päivittäin, max 20 pv

Vapaa väli

Tilauksittain, max 1 pv

Pakkaamo / koneittain

Koko pakkaamo

Koneittain

Näytä graafi

Raporttiin otettavat vuorot

Aamuvuoro

Iltavuoro

Yövuoro

Helmikuu 2013 Helmikuu 2013

Aikaväli: 25. 2. 2013 - 25. 2. 2013

PP.KK.VVVV PP.KK.VVVV

Valitun raportin esikatselu

Raporttiedosto

-

2.

3.

4.

5.

6.

Kuva 5.3 Raportointiohjelman uusi käyttöliittymä

Kuvan kohdasta (1.) voidaan valita myös näkymät, joista voidaan tulostaa vanhoja raportteja ja vanhoista raporteista muodostettuja graafisia raportteja kuukausittain. Tässä kappaleessa keskitytään kuitenkin uusien raporttien ja ominaisuuksien esittelyyn. Käyttöliittymäsuunnittelu ei ollut työn pääosassa ja sen suhteen noudatettiin vanhan ohjelman rakennetta niin pitkälle kuin mahdollista. Käyttöliittymän toiminnasta voidaan kuitenkin mainita sen verran, että raporttien määrittely aloitetaan ylhäältä kohdasta (2.) ja rajausta tarkennetaan alaspäin kohtiin (3.), (4.) ja (5.) siirryttäessä.

5.2.1 Toivotut ominaisuudet

Toivottuihin ominaisuuksiin kuuluivat tietojen tulostaminen vuoroittain yö-, aamu- ja iltavuoroille sekä tietojen tulostaminen eri kuukausilta ja vuosilta. Vanhalla ohjelmalla tietoja oli mahdollista hakea vain saman kuukauden ajalta. Lisäksi erään pakkauskoneen tehoja laskettiin virheellisesti, koska tuotteittain vaihtelevaa pakkausnopeutta ei otettu huomioon. Vanha ohjelmisto laski esimerkiksi materiaalin puutteet tuotantohäiriöihin, mutta koska nämä kuitenkin yleensä aiheutuvat laitehäiriöistä, haluttiin myös tätä jakoa muuttaa.

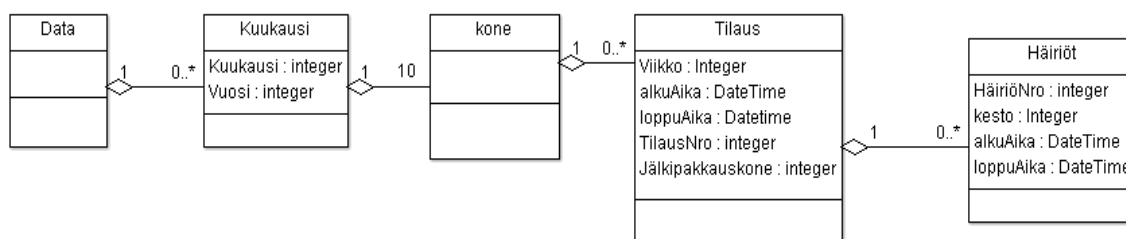
Raportteihin mukaan otettavat vuorot voidaan nyt valita kuvan (Kuva 5.3 Raportointiohjelman uusi käyttöliittymä) kohdassa (5.) esitetystä valintaruuduista. Tiedot tulostetaan punnituksia ja siirtovaunun häiriöitä lukuun ottamatta sen mukaan kuuluuko tilaus, johon ne kuuluvat, valitulle vuorolle. Koska tilaukset useimmiten jatkuvat vuorojen yli, täytyi suunnittelun yhteydessä tehdä päätös miten näiden tilausten kohdalla toimitaan. Kohdassa (7.) olevasta *Asetukset*-valikosta aukeaa seuraavanlainen näkymä (Kuva 5.4 Asetukset-valikko).

Kuva 5.4 Asetukset-valikko

Valikosta voidaan tarvittaessa säätää vuorojen alkamis- ja päättymisajat sekä valita otetaanko vuoroon mukaan kaikki sen aikana alkaneet tapahtumat (tilaukset) vai ainoastaan ne, jotka ovat myös päättyneet sen aikana. Lisäksi halutessa voidaan raportit avata suoraan erillisessä Excel-ohjelmassa.

Ohjelman kehitystä vaikeutti osaltaan se, ettei tietojen tallentamiseen OPC-palvelimelta käytettävään ohjelmaan tarvittavaa OPC-asiakasohjelmistokomponenttia ollut vielä saa-

tavilla uudemmalle Delphi XE3 -versiolle, joka työtä varten hankittiin. Tästä syystä tietokantaan ei voitu tehdä muutoksia, joita olisi voitu hyödyntää. Tietokanta on aikoi- naan tehty melko yksinkertaisia kyselyitä varten ja esimerkiksi päivämääriä on tallen- nettu numero-tyyppisiin kenttiin päivämääräkenttien sijasta ja kellonaikoja merkkijono- kenttiin. Tästä syystä arvojen vertailu, esimerkiksi päivämäärien tapauksessa oli mones- sa kohdassa haasteellista. Ongelman helpottamiseksi kyselyiden yhteydessä tieto järjes- tettiin aluksi taulukkotietorakenteisiin tiedon käsittelyn helpottamiseksi. Kuvassa (Kuva 5.5 Tietorakenne-esimerkki) on yksinkertaistettu esimerkki eräästä tiedon luokitteluun käytetystä tietorakenteesta.



Kuva 5.5 Tietorakenne-esimerkki

Nykyisessä tietokannassa ei myöskään ole hyödynnetty relaatio-ominaisuuksia ollen- kaan, vaan tietoa on kahdennettu useassa kohdassa. Jos tuotantotietoja halutaan tulevai- suudessa liikutella verkkoa pitkin, tulisi tietokanta uudistaa samalla, sillä nykyisenmal- lisenä tietokannan käyttö vaatii huomattavan määrän tiedonsiirtokapasiteettia, kun da- tasta suodatetaan ylimääräinen osa pois vasta asiakasohjelmiston päässä.

Yhdellä pakkaus koneella tuotteita pakataan myös vaihtelevilla nopeuksilla, tämän takia käytettävä teoreettisen pakkausnopeuden arvo tulee ottaa huomioon tilauksittain pakat- tavan tuotteen mukaan. Muutokset oli suhteellisen helppo tehdä raportointiohjelmaan. Samalla havaittiin kuitenkin, etteivät käytetyt teoreettiset pakkausnopeudet pitäneet täysin paikkaansa, vaan joissain tapauksissa nopeus voi ylittää teoreettisen nopeuden. Tästä saattaa aiheutua pientä virhettä, mutta sen merkitys jää melko vähäiseksi. Myös reaaliaikainen pakkausnopeus olisi saatavilla pakkaus koneilta laiteinvestointien avulla. Saatava hyöty ei kuitenkaan ole kovin merkittävä suhteessa kustannuksiin, koska no- peudet vaihtelevat käytännössä hyvin vähän.

Koska materiaalin puutteet johtuvat meijerillä yleensä laitavioista, kuten laatikon jumi- tuminen ja niin edelleen, haluttiin myös ne laskea laitevikojen piikkiin. Tähän asti laite- vikojen kokonaismäärää on laskettu summaamalla ne yksittäin valitulta aikaväliltä. Las- kentaa muutettiin siltä osin, että tuotantohäiriöihin lukeutuu nyt ainoastaan pakkausko- neen ja varaston tuotantohäiriöt. Tuotantohäiriöitä voidaan lisätä tai poistaa kohtuullisen helposti tulevaisuutta silmälläpitäen.

5.2.2 Tuotannon kokonaistehokkuuden raportit

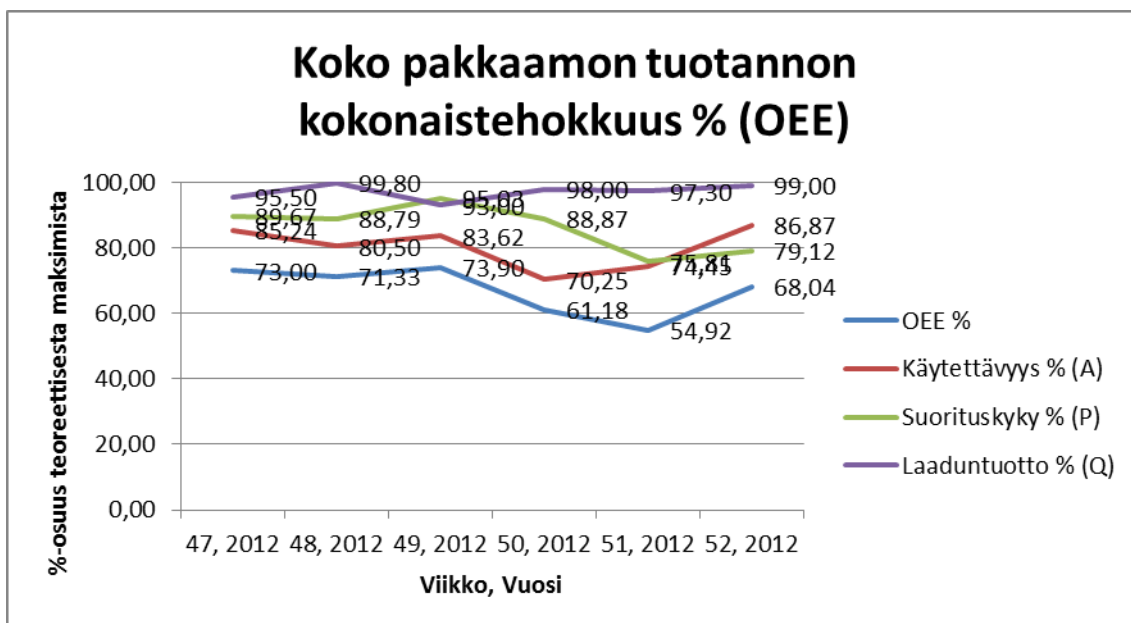
Raportointiohjelmiston kehityksen tarkoituksena oli muodostaa meijerille luotettava ja vertailukelpoinen mittaristo tuotannon ja kunnossapidon tehokkuuden seurantaan. Raportoinnin kehittämässä keskityttiin OEE-raporttien muodostamiseen, koska sitä voidaan hyödyntää myös meijerillä osittain sovelletun Lean-filosofian tukena. Toisena vahvana perusteluna tähän oli olemassa oleva data ja suurimmilta osin toimiva infrastruktuuri – voimavaroja voitiin keskittää enemmän ohjelmistokehitykseen ja lopputuloksena saatiin mahdollisimman suuri hyöty melko pienillä investoinneilla. Tässä aliluvussa esitellään joitakin muodostettavia raportteja, mutta kaikkia ei käydä läpi yksityiskohtaisesti.

Ohjelmiston suunnittelussa lähtökohtina olivat:

- Trendien seuraamisen mahdollistaminen, eri aikaskaaloilla
- Porautumisanalyysin ja pareto-analyysin mahdollistaminen
- Tuotannon hävikin helppo kohdistaminen
- Muutoksen seuranta
- Pakkaajien oman toiminnan seuraamisen helpottaminen

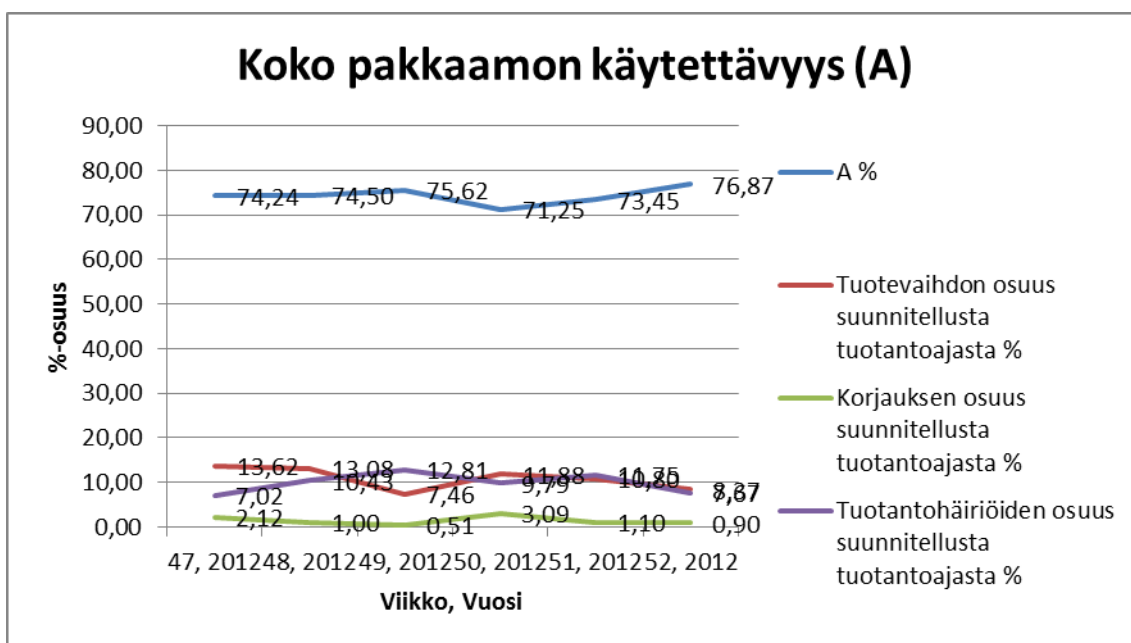
Ohjelmiston avulla voidaan muodostaa raportteja tuotannon kokonaistehokkuudesta, sen tekijöistä sekä ajankäytöstä ja häiriöistä kuukausittain, viikoittain, päivittäin, tilauksittain ja vapaasti valitulta väliltä summattuna. Raportteihin voidaan valita koko pakkaamon tiedot, ainoastaan yhden koneen tiedot tai kaikkien koneiden tiedot tarkasteltavaksi rinnakkain. Raportteja voidaan myös muodostaa ottamalla mukaan vain tietyt työvuorot.

Suurin osa raporteista voidaan tulostaa graafisena kuvaajan kanssa tai ilman. Kuvaajan avulla raporteista voidaan havainnoida nopeasti tapahtunutta muutosta ja suhteita. Esimerkiksi kuvassa (Kuva 5.6 Tuotannon kokonaistehokkuus viikoittain) on esitetty ohjelmalla muodostettu viikoittainen pakkaamon kokonaistehokkuus -kuvaaja. Kuvaajan arvot on muutettu todellisista arvoista.



Kuva 5.6 Tuotannon kokonaistehokkuus viikoittain

Kuvasta voidaan havaita esimerkiksi, että viikoilla 50–52 kokonaistehokkuutta on painanut erityisesti heikko käytettävyys, mutta myös suorituskyky on ollut laskusuunnassa. Raportteja voidaan muodostaa eri aikaskaaloilla myös suorituskyvylle, käytettävyydelle ja laaduntuottokyvylle. Kuvassa (Kuva 5.7) on esitettyä esimerkki ohjelman muodostamasta käytettävyyskuvaajasta. Kuvan arvot on muutettu todellisista.



Kuva 5.7 Pakkaamon käytettävyys viikoittain

Kuvaajassa on esitettyä käytettävyyden lisäksi tekijät, jotka vaikuttavat sen muodostumiseen. Kirjallisuudessa esitetään vaihtelevia tapoja laskea käytettävyys, mutta tässä työssä on käytetty laskentatapaa, jossa käytettävyyteen vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät:

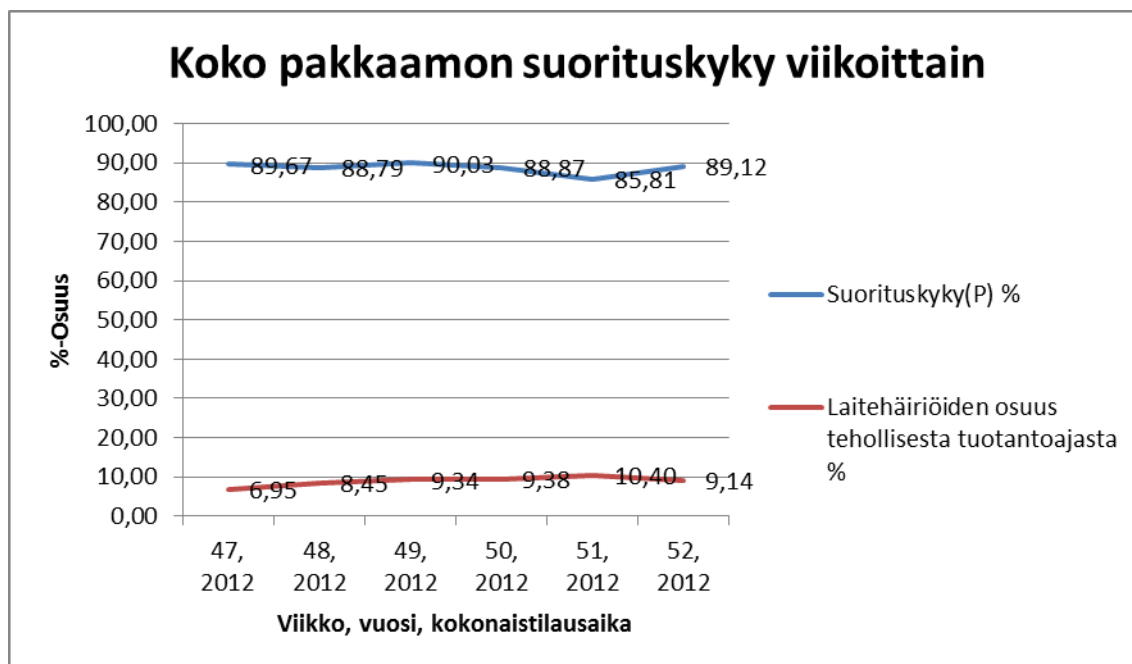
- Suunnittelematon kunnossapito
- Laiterikot
- Tuotevaihto
- Tuotantohäiriöt

Myös raja laiterikkojen, ja suorituskykyyn vaikuttavien ”pienien pysähdysten” välillä on usein häilyvä, mutta tässä työssä käytettävyyden piiriin on laskettu häiriöt, jotka vaativat kunnossapitohenkilökunnan väliintuloa. Tällaisissa tapauksissa häiriö kirjataan tilauspääteeltä käsin, kun laitoshuolto on kutsuttu. Työn yhteydessä pohdittiin myös *korjauksen odotusajan, MWT* mittaamista, mutta käsin tehtävien kirjausten määrä päätettiin pitää aluksi mahdollisimman vähäisenä. Tuotantohäiriöillä tarkoitetaan seuraavia tilanteita:

- Pakattavan tuotteen loppuminen
- Varaston / käytetyn varaston ryhmittelyradan täytyminen
- Pakkaajan katkaisema aihionsyöttö

Tavallisesti laatikon, rullakon tai alusvaunun puutteet johtuvat muista syistä kuin siitä, että varaston linjastolta loppuisivat laatikot. Tilanteet, joissa esimerkiksi laatikonpuute johtuu laitehäiriöistä tai radalle jumittumisesta, voidaan periaatteessa tunnistaa olemassa olevan anturoinnin perusteella, jolloin tilanteet voidaan laittaa myös laitehäiriöksi. Toiteutus jätettiin kuitenkin aikataulusyistä pois tästä työstä. Tärkeintä on kuitenkin tiedostaa, kuinka järjestelmä muodostaa tunnusluvut. Myöskään aihionsyötön katkaisua ei voida ulostulojen puutteen vuoksi erottaa pakattavan tuotteen loppumisesta ilmaisevasta häiriöistä, vaan ne menevät molemmat ylimalkaisesti pakkauskoneen tuotantohäiriöksi. Ohjelma laskee lopulta käytettävyysprosentin luvussa 3.3 esitetyn kaavan (3) mukaisesti.

Kuvassa (Kuva 5.8) on esitetty esimerkki ohjelman muodostamasta suorituskykykuvaajasta. Kuvaajasta nähdään yksinkertaisesti suorituskyky ja siihen vaikuttaneiden laitehäiriöiden osuus tehollisesta tuotantoajasta. Kuvaajasta saadaan enemmän lisäarvoa, kun kaikkien koneiden suorituskyky koostetaan samaan raporttiin, jolloin arvoja voidaan helposti vertailla. Kuvaajan arvot on muutettu todellisista arvoista.



Kuva 5.8 Pakkaamon suorituskyky viikoittain

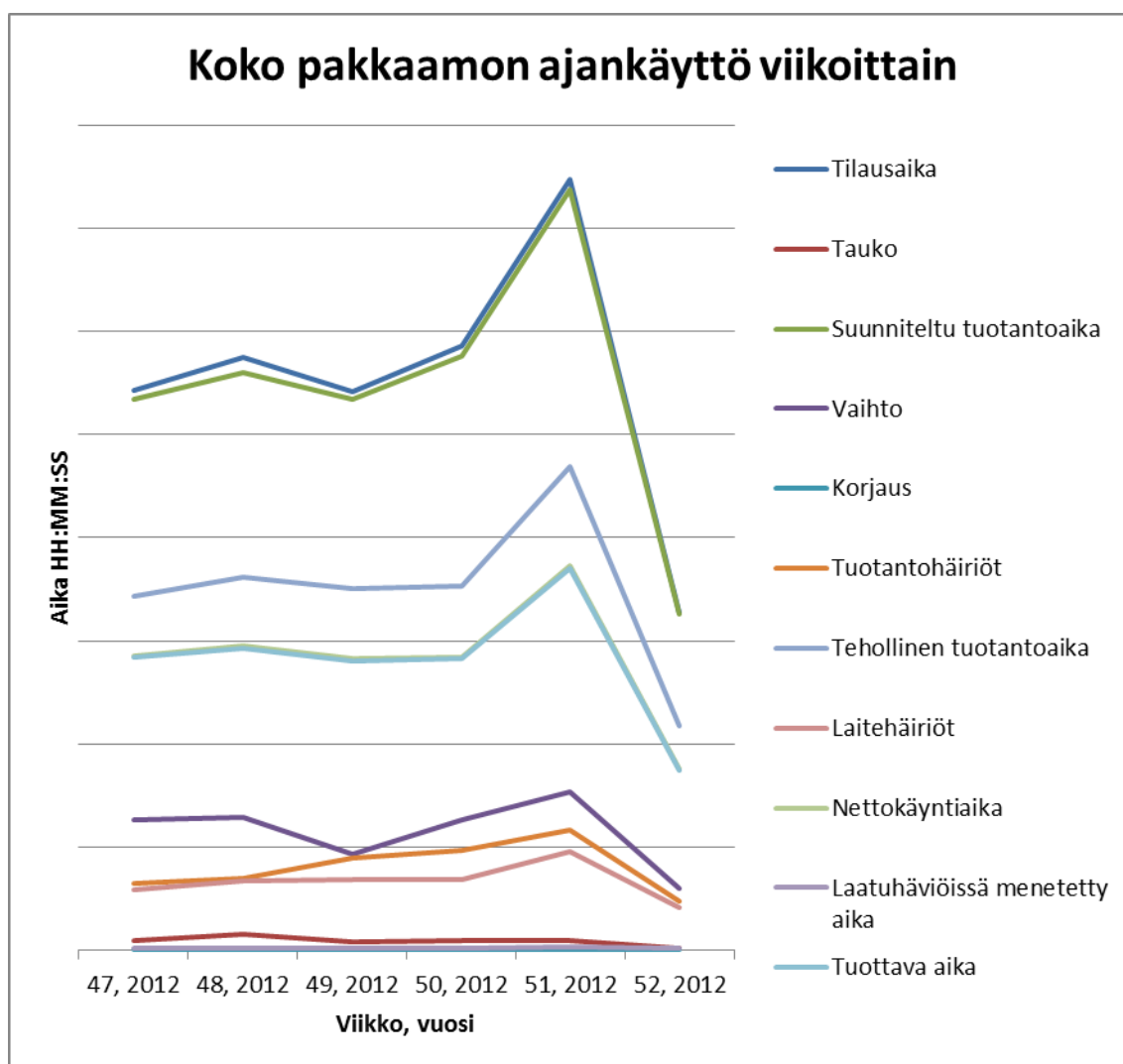
Ohjelma laskee suorituskyvyn summaamalla arvot tilauksittain. Suorituskyky lasketaan seuraavan kaavan avulla

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Tuotantomäärä}_i}{\text{Tehollinen tuotantoaika}_i \left(\frac{\text{Pakkausnopeus}_i}{3600} \right)} \quad (11)$$

jossa i = tilaus, n = summattavien tilausten kokonaismäärä, Tehollinen tuotantoaika $_i$ = tilauksen tehollinen tuotantoaika sekunneissa ja Pakkausnopeus $_i$ = teoreettinen pakkausnopeus tunnissa.

Myös laaduntuottokyvystä voidaan tehdä oma raporttinsa. Laaduntuottokyvyn raporttiin lasketaan laaduntuottokyky kaavan (5) mukaisesti. Tämän lisäksi raporttiin lasketaan teoreettista pakkausnopeutta hyödyntämällä hävikin tuotannossa menetetty aika.

Kuvassa (Kuva 5.9) on esitelty ajankäyttöraportti. Tästä raportista voidaan nähdä aika-
na, miten tilausaika on jakautunut kuvan (Kuva 3.1OEE:n muodostuminen) mukaisella tavalla. Kuvaajasta on poistettu tarkat luvut.



Kuva 5.9 Ajankäyttöraportti

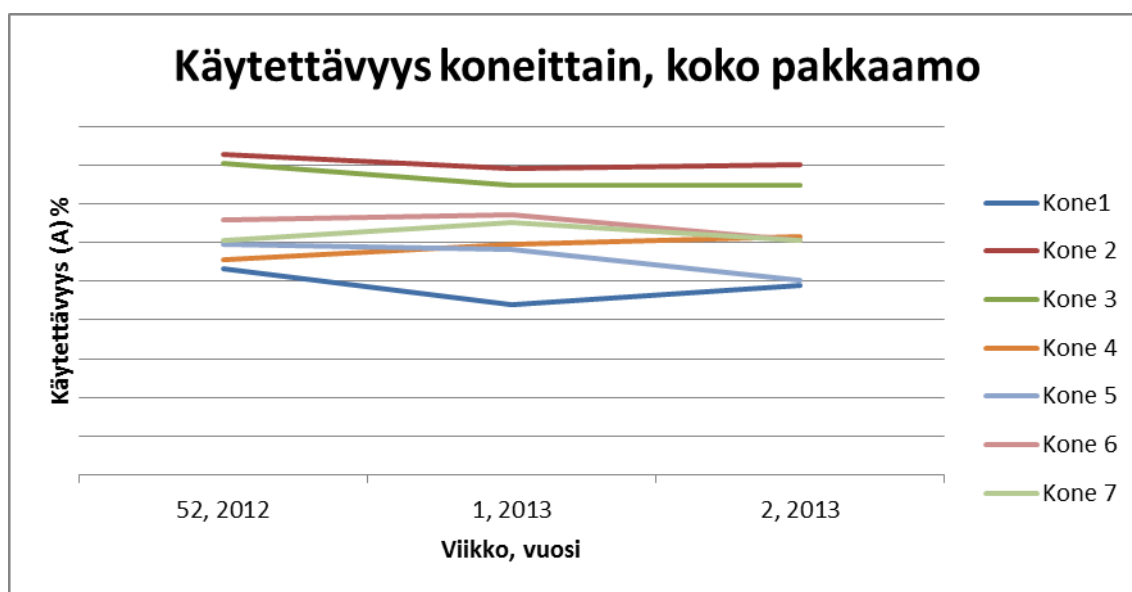
Kuvaajan y-akselin skaala on tyypillisesti melko laaja, koska esitetyt arvot ovat eri mitaluokkaa. Kuvaajasta kannattaakin poistaa Excelin ominaisuuksia hyödyntämällä ne arvosarjat, jotka eivät ole mielenkiinnon kohteena.

5.2.3 Esimerkki porautumisen ja pareto-analyysin käytöstä

Yksi tärkeimmistä ominaisuuksista ja parannuksista ohjelmassa on mahdollisuus porautua tietokannan tarjoamiin tietoihin nopeasti ja visuaalisesti, niin aikatasolla, kuin laite-tasollakin. Aikatasolla porautumista voidaan tehdä esimerkiksi tutkimalla kuukausittais-ta tai viikoittaista dataa ja tarkentamalla tämän jälkeen aina päivä-, tai tilaustasolle asti ongelmien rajaamiseksi. Laitetason porautumista voidaan tehdä vertailemalla pakkaus-koneiden suoritusta rinnakkain ja tarkentamalla aina pakkauskoneen ja tuotanto- ja lai-tehäiriöiden tasolle. Pareto-analyysia voidaan hyödyntää paikantamalla kuvaajista tuo-tantohävikin lähteitä, joihin keskittymällä voidaan saavuttaa suurimmat hyödyt.

Seuraavassa esimerkissä on malli siitä, kuinka porautumis- ja Pareto-analyysia voidaan hyödyntää:

1. Otetaan koko pakkaamon viikoittainen OEE-raportti. Kuva 5.6 on esimerkki tällaisesta raportista. Raportista havaitaan, että OEE on ollut laskussa viikolla x. Tarkempi tarkastelu paljastaa, että käytettävyyden aleneminen on ollut syynä OEE:n heikentymiseen.
2. Rajataan raportin tulostusväli viikon x tuntumaan ja valitaan raporttityypiksi käytettävyys ja tulostetaan se kaikille koneille samaan kuvaajaan. Kuvassa (Kuva 5.10) on esimerkki tällaisesta raportista. Kuvasta on poistettu tarkkoja tietoja.



Kuva 5.10 Kaikkien koneiden käytettävyys viikoittain

3. Kuvasta voidaan nähdä, että koneen 1 ja 5 käytettävyydet ovat olleet heikoimmat. Rajataan tutkinta näille koneille. Koostetaan käytettävyyden kuvaaja esimerkiksi ensiksi koneelle 5. Vastaavanlainen kuvaaja on esitelty kuvassa (Kuva 5.7) koko pakkaamolle. Kuvasta voidaan havaita, että tuotantohäiriöiden osuus on lähtenyt nousuun, otetaan raportti tuotantohäiriöistä koneelle 5. Kun tarkasteltava väli on pieni, esimerkiksi 2 viikkoa, voidaan ottaa raportti myös päivittäin. Kuvassa (Kuva 5.11) on esimerkki tuotantohäiriöraportista. Kuvasta on poistettu tarkentavia tietoja.



Kuva 5.11 Tuotantohäiriöiden jakautuminen

4. Tuotantohäiriöraportista voidaan nyt nähdä, että kyseisessä tapauksessa häiriö *PK/tuotanto* on lähtenyt kasvuun tarkasteluvälillä ja ongelman ratkaisua kannattaa etsiä tämän häiriön piiristä.

Huomattavaa on, että häiriöraporteissa on kuvattuna häiriöiden osuus kokonaishäiriöajasta, johon kuuluvat tuotantohäiriöiden lisäksi myös laitehäiriöt. Tämä tarkoittaa, että prosentit eivät kerro häiriöiden kokonaisaika. Kokonaisaika on todellisissa raporteissa kirjattuna x-akselilla jokaista päivää kohden. Jos tuotanto- ja laitehäiriöitä halutaan tarkastella kuvaajana, se onnistuu ajankäyttöraportin avulla.

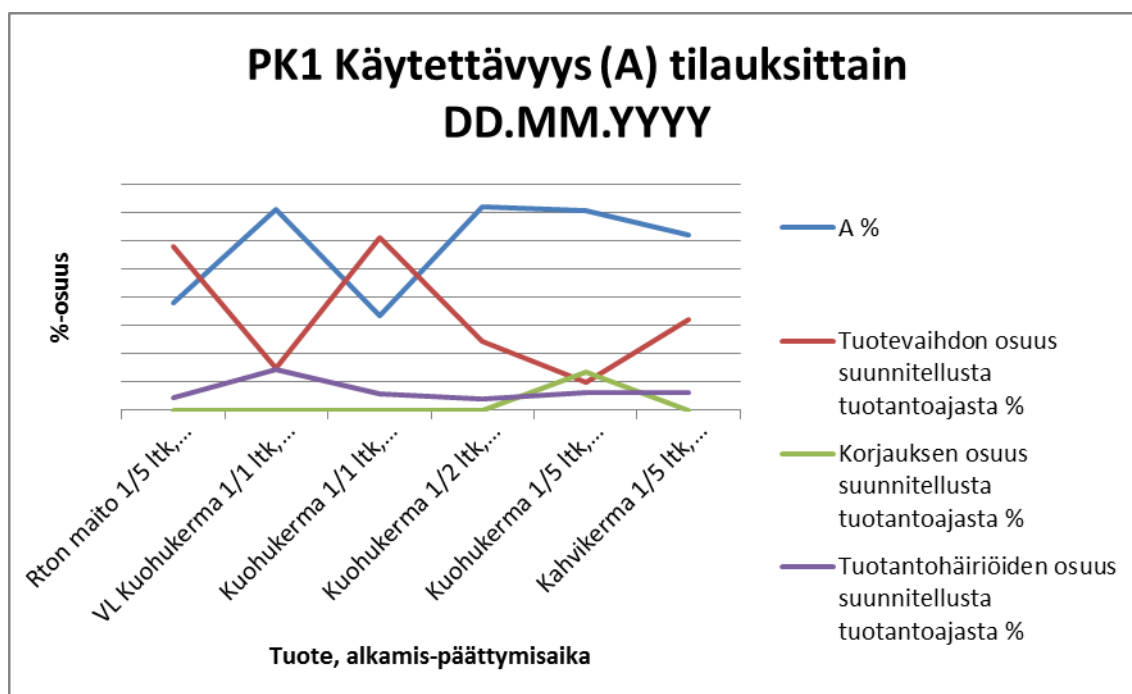
Häiriöraportteja voi siis tulostaa myös laitehäiriöille, tai ottamalla kaikki häiriöt samaan kuvaajaan. Niiden avulla voidaan myös havaita helposti häiriöiden hidas ”ryömiminen” eli määrän hidas lisääntyminen, etenkin otettaessa pidemmän ajan raportteja. Häiriötiedot eivät tällä hetkellä ole kovin tarkkoja, joten alun perin suunniteltu mahdollisuus laskea häiriöiden *keskimääräistä häiriöväliä (MTBF)* jätettiin tekemättä aikataulusyistä ja sen vuoksi, ettei siitä nykyisellä häiriönkirjaustarkkuudella ole juuri hyötyä. Esimerkiksi pakkauskonene häiriö saattaa johtua niin monesta eri syystä, ettei sen MTBF-arvo korreloi minkään ilmiön kanssa. Kehittyneen häiriöraportoinnin avulla on myös tarkoitus parantaa tiedonkulkua tuotannon ja kunnossapidon välillä. Lyhyellä, muutamia päiviä kattavalla häiriökuvaajalla voidaan paikantaa viimeisimmät häiriölähteet esimerkiksi työvuoron alussa.

Porautumisanalyysin ja Pareto-analyysin lopputuloksena rajattuihin ongelmiin voidaan siis etsiä ratkaisua kunnossapitoimenpiteillä tai esimerkiksi jatkuvan parantamisen menetelmällä. Ongelmien ratkaisussa voidaan hyödyntää teoriaosuudessa esiteltyjä ongelmanratkaisumenetelmiä. Kun tunnuslukujen muodostuminen ymmärretään, niitä voidaan käyttää kehystoimenpiteiden vaikutusten mittaamiseen.

5.2.4 Oman toiminnan seuranta

Ohjelmistoon tehtiin ominaisuuksia, joiden avulla myös pakkaajat voivat seurata laitteen ja etenkin oman toiminnan vaikutuksia vuoron aikana, ja myös pidemmällä aikavälillä. Raportointiohjelmisto on sijoitettu tietokoneelle pakkaamon viereiseen koppiin ja on näin ollen kaikkien käytettävissä. Pakkaajien omaseurannan mahdollistamisella toivotaan olevan myös positiivista vaikutusta motivaatioon kirjata esimerkiksi tautot oikeellisina järjestelmään.

Kuvassa (Kuva 5.12) on esitetty erään pakkauskoneen käytettävyyssiedot tilauksittain yövuorolta. Tilauksittaisiin raporteihin tiedot listataan tuotteittain siinä järjestyksessä, kun ne on pakattu. Samanlaisia tilauksittaisia raporteja on mahdollista koostaa myös kaikista muista raporttityypeistä. Kuvasta on poistettu tarkat tiedot.



Kuva 5.12 Käytettävyys tilauksittain

Tarkasteltaessa tilauksittaisia raporteja tulee kuitenkin ottaa huomioon, että etenkin lyhyiden tilausten kohdalla esimerkiksi käytettävyys saattaa olla heikko tuotevaihtokojen viedessä huomattavan prosentuaalisen osan tilauksen kokonaiskestosta. Tieto ei sinänsä tietenkään ole virheellistä, mutta lukuja ei kannata tulkita yksi yhteen esimerkiksi taloudellisen kannattavuuden mittareina, sillä kuten jo mainittua, esimerkiksi maidontuotannossa tuotantoerien suurentaminen ja maidon pakkaaminen varastoon odottamaan ei johda parempaan kokonaissuoritukseen.

Toinen erityisesti oman suorituksen seurannan kannalta hyödyllinen raportti saadaan myös koostamalla tilauksittainen käytettävyysraportti. Seuraavassa kuvassa (Kuva 5.13)

on esitelty kuvaaja, josta voidaan nähdä tilauksittainen tuotevaihto-aika. Kuvasta on poistettu tarkat tiedot.



Kuva 5.13 Vaihto- ja korjausaika tilauksittain

Samassa kuvaajassa on myös keskimääräinen korjausaika per tilaus. Kyseisenä päivänä korjausta ei ole tehty. Jos raportteja koostetaan esimerkiksi viikoittain tai kuukausittain, raporttiin kirjataan keskimääräinen tuotevaihtoaika. Pakkaajia oli jo aikaisemmin kannustettu tuotevaihtojen kellottamiseen oman toimintansa tarkkailemiseksi, mutta tämä oli kuitenkin ilmeisesti jäänyt melko vähälle. Nyt tuotevaihtoaikojen seuraaminen ei vaadi pakkaajalta minkäänlaista omatoimisuutta, mutta vaihtoajan laskentaperiaate tulee kuitenkin ymmärtää. Laskentaperiaate on selostettu luvussa 4.3.3.

6 TULOSTEN ARVIOINTI

Tässä luvussa esitellään saavutettuja tuloksia ja arvioidaan onnistumista suhteessa tavoitteeseen. Suuri osa tuloksista ilmenee uusina ominaisuuksina ohjelmistossa eikä niitä voida suoraan verrata vanhaan, mutta niiden vaikutuksia voidaan kuitenkin tarkastella. Kehitystyötä ja ratkaisuja tarkastellaan suhteessa siihen miten ne vaikuttavat esitettyihin ongelmiin.

Tämän työn kirjoitushetkellä kaikkia uudistuksia ei vielä oltu otettu meijerillä täysin käyttöön, mutta niiden vaikutuksia ja onnistumista voidaan kuitenkin tarkastella ja arvioida.

6.1 Häiriöiden tunnistus

Häiriöiden kirjaamiseen ja tunnistamiseen liittyvien ongelmien korjaamisessa onnistuttiin kohtalaisesti käytettävissä olleiden resurssien puitteissa. Järjestelmän puutteet ja ongelmat kartoitettiin ja korjattiin suurelta osalta, mutta joitakin jälkipakkauslaitteiden häiriöitä jäi vielä tunnistamatta.

Tunnistamattomat häiriöt kirjautuvat nimikkeelle ”Rataruuhka” tai ”0”. Ongelman ratkaisemiseen ei kuitenkaan haluttu kuluttaa liikaa aikaa, koska häiriötietoja ei kuitenkaan resurssien puitteissa olisi voitu saada riittävän siten, että niistä olisi enemmän hyötyä esimerkiksi kunnossapidon toiminnan kannalta. Koska häiriöiden lisääminen ohjelmiin on helppoa, jätettiin tämä tehtäväksi tulevaisuuteen suunnitellun jälkipäänlaitteiston uudistuksen yhteyteen. OEE-tunnuslukujen oikeellisuuden kannalta on oleellista, että laitehäiriöt ja tuotantohäiriöt saadaan eroteltua toisistaan, mikä on nyt mahdollista.

Esitettyyn tiedonkulkuongelmaan ohjelmisto tarjoaa helpotusta siltä osin, että häiriömääriä voidaan tarkastella graafisesti eri aikaväleillä. Tämän ominaisuuden avulla voidaan havaita häiriöiden hiipiminen. Tarkemman diagnoosin tekeminen vaatii laitteiston ottamista tarkkailuun, koska häiriöistä ei ole saatavilla riittävän tarkkaa tietoa.

Koska oikein käytettynä järjestelmän tuottama tieto on OEE tunnuslukujen laskemisen kannalta tarkkaa ja tarvittavat ratkaisut häiriöiden tunnistamiseksi esitettiin, voidaan katsoa että ongelman ratkaisussa onnistuttiin käytettävissä olleiden resurssien puitteissa vähintäänkin kohtalaisesti.

6.2 Raporttien muodostaminen ja säästetty aika

Raporttien muodostamisen kannalta on tapahtunut useanlaista kehitystä. Uudet ominaisuudet mahdollistavat luotettavamman, monipuolisemman ja aikaa säästävän tavan seurata tuotantoa.

Aikaisemmin kuukausittaisia ja viikoittaisia raportteja häiriöiden kestosta on koostettu keräämällä tiedot käsin häiriöittäin ja laskemalla esimerkiksi laitehäiriöiden kokonaismäärää. Ohjelmasta saatiin aikaisemmin myös tiedot laitehäiriöiden kokonaismäärästä, mutta tässä luvussa ei ollut otettu huomioon esimerkiksi laatikon- tai rullakonpuutetta, jotka kuitenkin käsin laskettaessa oli huomioitu laitehäiriöihin.

Uuden ohjelman avulla viikoittaiset, kuukausittaiset, päivittäiset ja tilauksittaiset raportit saadaan koostettua kaikista tiedoista automaattisesti. Lisäksi esimerkiksi laitehäiriöitä voidaan tarkastella ajan lisäksi prosenttiosuutena tehollisesta tuotantoajasta, jolloin ne ovat riippumattomia tauoista, vaihdoista, korjauksesta ja tuotantohäiriöistä ja näin ollen huomattavasti vertailukelpoisempia ja luotettavampia lukuja. Vastaavasti käytettävyyden tekijöitä verrataan suunniteltuun tuotantoaikaan, jolloin ne ovat riippumattomia tauoista, kunhan ne on muistettu kirjata. Myös tuotanto- ja laitehäiriöitä tarkasteltaessa niiden kesto suhteutetaan häiriöiden kokonaiskeston, jolloin vertailtavuus säilyy tuotantoajasta riippumatta.

Ohjelman monipuolisia raportointiominaisuuksia on esitelty edellisessä luvussa. Ajan säästö raporttien muodostamisessa on kiistaton, sillä aikaisemmin käsin tehty tiedon ynnäminen ja koostaminen voidaan nyt suorittaa muutamalla hiiren painalluksella.

Arvioidaan esimerkiksi, että viikoittaisten laitehäiriöiden laskemiseen on aikaisemmin käytetty 30 - 60 minuuttia ja että vuoro-esimies käyttää yövuoron päätteeksi tehotietojen keräämiseen ja laskemiseen käsin noin 20 minuuttia per yövuoro. Esimerkiksi maaliskuussa 2013 on 26 työpäivää ja 4 kokonaista viikkoa. Tämä tarkoittaisi noin 8 - 10 tunnin säästöä kuukaudessa pelkästään näiden kahden raportin laskemisessa, jos raportin hakemiseen ja muodostamiseen uudella ohjelmalla arvioidaan menevän 5 minuuttia per kerta.

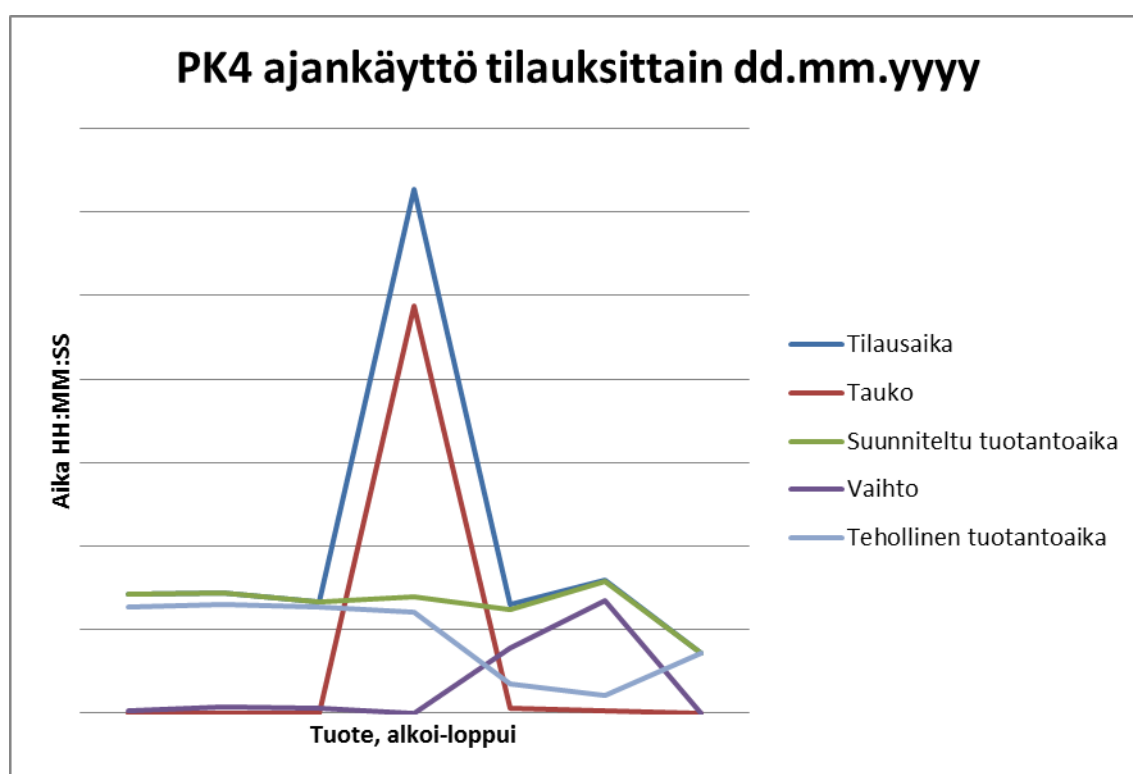
Raporttien muodostamisen lisäksi aikaa voidaan säästää, jos hävikki merkitään tilauspäätteelle ja siirrytään käyttämään sähköisiä pakkausraportteja. Tällöin voitettu aika voidaan käyttää tuotevaihdon suorittamiseen. Työn kirjoittamishetkellä hävikin merkitsemistä tilauspäätteeltä ei kuitenkaan ollut vielä otettu käyttöön. Kuukausittainen pakattujen tilausten lukumäärä on noin 2000 eri tilausta. Jos tilauksen kirjaamiseen menee 30 sekuntia, voidaan kuukaudessa säästää 16,5 tuntia eli yli 2 työpäivää tuotevaihtoon käytetystä ajasta. Säästettyä aikaa tärkeämpää on kuitenkin saada hävikki tiedot tietokantaan.

Tuloksena voidaan saada myös muita epäsuoria säästöjä, joita on vaikeampi arvioida. Kun esimerkiksi hävikki on tietokannassa, on sen eliminoimiseksi helpompi kohdentaa toimenpiteitä. Ohjelman avulla voidaan siten tarkkailla myös hävikin tuotantoon käytettyä aikaa, josta nähdään suoraan toimenpiteiden vaikutukset. Muina esimerkkeinä voidaan antaa vaikkapa hiipivänä häiriömäärän havaitseminen ja ongelmaan puuttuminen ajoissa.

Esitettyjen esimerkkien ja pohdintojen perusteella voidaan todeta, että tuotannonseuraintajärjestelmästä on onnistuttu kehittämään tarpeita vastaavampi ja sen avulla on mahdollista saavuttaa säästöjä jo pelkästään käyttämällä sitä tarkasteluun, puhumattakaan epäsuorista säästöistä ja hyödyistä.

6.3 Raportoinnin ja tulosten konkretisointi

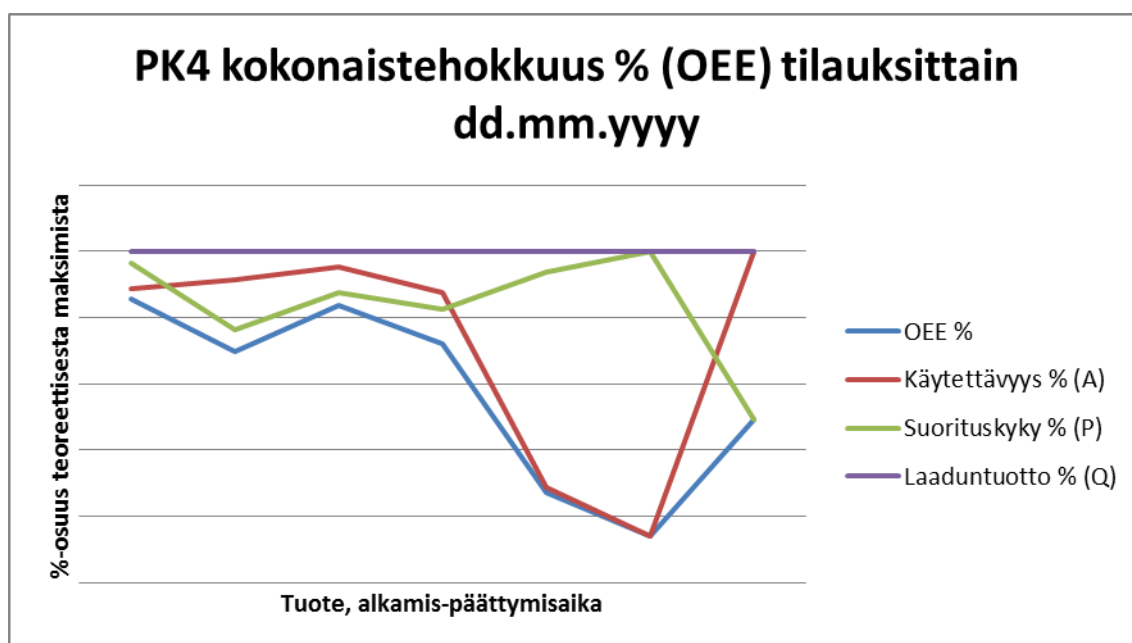
Työn yhteydessä puhuttiin paljon siitä kuinka raportoinnin merkitys tulisi konkretisoida työntekijöille, jotta ymmärrettäisiin miksi taukojen merkitseminen on tärkeää. Kuvassa (Kuva 6.1) on esitetty erään koneen ajankäyttöraportti tilauksittain. Kuvasta voidaan nähdä sekä tauon käyttämisen vaikutus että sen käyttämättä jättämisen. Kuvasta on poistettu tarkentavia tietoja.



Kuva 6.1 Erään koneen tilauksittainen ajankäyttöraportti

Sinisellä kuvattu tilausaika kuvaa aikaa, jota lasketaan tilauksen alkamisesta seuraavan tilauksen alkamiseen tai tuotantopäivän päättymiseen. Kuvassa korkean piikin kohdalla

on muistettu käyttää taukoa, joka havaitaan punaisella käyrällä. Kun taukoa on käytetty, se on huomioitu pois suunnitellusta tuotantoajasta, joka on kuvassa vihreällä. Myöhemmä tilauksen kohdalla taukoa ei ole muistettu käyttää. Se näkyy kuvasta esimerkiksi vaihtoajan epänormaalina kasvuna, joka on kuvattu violetilla värillä. Myös vaaleansinisellä kuvatus tehollisen tuotantoajan voidaan nähdä laskeneen suhteessa suunniteltuun tuotantoaikaan. Unohtuneen tauon merkitys näkyy vielä selkeämmin, kun katsotaan tilauksittaista OEE-kuvaajaa, joka on esitetty kuvassa (Kuva 6.2). Huomattavaa, on että kirjoitushetkellä hävikin merkitseminen tilauspäätteeltä ei vielä ollut käytössä, joten laaduntuottokyky on kuvassa virheellisesti 100 %.



Kuva 6.2 Erään koneen tilauksittainen OEE kuvaaja

Kuvasta nähdään, että samassa kohdassa jossa ajankäyttöraportissa oli suuri piikki, ei vaikutus näy OEE prosenteissa, koska tauko oli kirjattu. Myöhemmin unohdettu tauko näkyy kuitenkin heti kahden viimeisen tilauksen käytettävyyden romahtamisena ja näin ollen myös kokonaistehokkuuden laskuna. Käytettävyys on kuvassa punaisella ja kokonaistehokkuus vaaleansinisellä.

Tilaukset päivittyvät järjestelmään yhden tilauksen viiveellä, joten järjestelmä toimii lähes reaaliaikaisesti. Käyttämällä esimerkiksi tilauksittaisia OEE-raportteja vuoron päätteeksi sen sijaan, että lasketaan arvot käsin, voidaan antaa pakkaajalle yksityiskohtaisempaa palautetta. OEE-raportista voidaan päätellä huomattavasti enemmän kuin pelkästä kokonaistehoprosentista. Tilauksittaisesta raportista nähdään minkä tilauksen kohdalla teho on laskenut ja siitä voidaan myös päätellä, mikä tekijä on laskenut kokonaistehoa. Halutessa tekijöistä – A, P ja Q – saadaan myös lisää tietoa.

Raportit näyttävät selkeästi kuinka tauon käyttö vaikuttaa OEE prosenttiin ja sen avulla voidaan myös konkretisoida tehon muodostumista yksityiskohtaisemmin. Jos vuoron

päätteeksi käsin laskettavan tehoprocentin sijaan tulostetaan ohjelmalta tilauksittainen OEE- pakkaajille, saadaan konkretisoitua tulosta myös pakkaajille. Lisäksi säästetään aikaa raportin muodostuksessa. Voidaan katsoa, että ongelman ratkaisemissa on onnistuttu hyvin.

7 JATKOKEHITYSTOIMENPITEET

Työn aikana syntyi useita jatkokehitysideoita. Tässä luvussa esitellään lyhyesti niistä hyödyllisimpiä ja toteutuskelpoisimpia. Lisäksi käydään läpi tarvittavia laiteinvestointeja ja toteutusta.

Huomattavaa jatkokehityksen kannalta on, että parannusten toteuttaminen ei vaadi kovin suuria ponnistuksia tietokantauudistusta lukuun ottamatta. Jatkokehityssuunnitelmissa esitetyt parannukset eivät sinällään tuo lisäarvoa, vaan saatua tietoa pitää myös ymmärtää ja osata hyödyntää.

7.1 Häiriöntunnistuksen lisääminen ja käyttömahdollisuudet

Tämän hetkisellä häiriöntunnistuksella voidaan paikantaa pullonkauloja ja ottaa niitä tarkempaan seurantaan häiriölähteiden selvittämiseksi. Vaikka jälkipakkauslaitteilla voidaan jo nyt tunnistaa useita häiriöitä, tietoja ei saada tarkemmin, koska laitteistolla ei ole vapaita ulostuloja joiden avulla tieto saataisiin väitettyä PC:lle. Osalle käytetyistä PLC-ohjaimista ei myöskään ole saatavilla ethernet-moduulia, joten lisätietojen hankkiminen vaatii jonkin verran investointeja - vähintään logiikoiden vaihtamista ja johdotamista.

Lähitulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuvan jälkipakkauslaitteiston uudistuksen yhteydessä olisi järkevää lisätä myös häiriöntunnistusta. Järkevin tapa toimittaa tieto PC:lle on jälkipakkauslaitteiden liittäminen ethernetiin, jolloin myös PLC-ohjelmiin tehtäviä päivityksiä voidaan suorittaa helpommin pakkaamon PC:ltä. Tällöin ulostulojen määrä ei myöskään rajoita tunnistettavien häiriöiden määrää.

Myös pakkauskoneet tulisi liittää ethernetiin, jotta häiriötietoja voitaisiin kerätä myös näiltä. Pakkauskoneiden logiikalla on jo valmiina laaja ja toimiva häiriöntunnistus, jota voidaan hyödyntää. Osalla pakkauskoneista on jo valmiina ethernet-moduuli, joka vähentää myös tarvittavien investointien ja työn määrää.

Uusien häiriöiden lisääminen järjestelmään onnistuu lähdekoodia muuttamatta. Kun häiriöt on tunnistettu logiikalla, ne tulee vain määritellä tietokantaan. Tuotannonseurantajärjestelmä on suunniteltu niin, että myös uudet häiriöt tunnistetaan. Ainoastaan lisätäessä tuotantohäiriöitä tulee niiden häiriökoodit määritellä raportointiohjelman lähdekoodissa määriteltyyn vakiotaulukkoon.

7.1.1 MTBF ja tilastollinen korrelaatio

Kun laitteistolta saadaan tarkempaa tietoa häiriöistä, voidaan laskea häiriötyypeille *Keskimääräinen häiriöväli MTBF*. Jos tieto on riittävän tarkkaa, häiriövälien avulla voidaan arvioida esimerkiksi ennakoivan kunnossapidon toimenpiteiden vaikutusta ja säätää ennakoivan kunnossapidon väliä.

Tarkan häiriötiedon avulla voidaan tutkia myös ilmiöiden korreloimista esimerkiksi nopeussäätöihin tai muihin muutoksiin. Jos ilmiöiden välillä ilmenee korrelaatioita, voidaan tietoa käyttää optimoinnissa.

Tilastollista korrelaatiota voidaan jo hyödyntää raportointiohjelmiston avulla tutkimalla häiriöiden määriä. Jos halutaan kerätä MTBF-arvoja, ohjelmiston lähdekoodiin on tehtävä muutoksia. Suunnittelussa on kuitenkin huomioitu mahdollinen tulevaisuuden tarve MTBF-arvoille, joten tarvittavien muutosten tekeminen onnistuu melko vaivattomasti.

7.1.2 Yhteistyö laitetoimittajien kanssa

Toimimalla tiiviissä yhteistyössä laitevalmistajien ja -toimittajien kanssa voidaan usein parantaa laitteiston suorituskykyä ja käytettävyyttä, sillä laitetoimittajilla on usein suurempi halu kehittää tuotteitaan ja palveluitaan. Laitetoimittajille voidaan tarjota esimerkiksi käyttö-, häiriö- ja kunnossapitodataa. Heillä on usein myös käytössä useamman tuotantolaitoksen dataa, jolloin myös harvinaisemmista ilmiöistä voidaan kerätä luotettavaa tietoa. Kerättyä dataa voidaan käyttää hyväksi ennakkohuollon ja tarkastusten suunnittelussa ja tuotekehityksessä.

Kehittyneempi muoto yhteistyöstä on sopia kunnossapitosopimuksia tai niin sanottuja käynnissäpitosopimuksia. Tällöin laitteiston suorituskyvylle voidaan asettaa tavoitearvoja, joiden alittamisesta ja ylittämisestä seuraa esimerkiksi taloudellisia sanktioita tai palkkioita. Tällöin laitevalmistajalla on myös suurempi mielenkiinto laitteiston kunnossapitoon. Tuotantolaitoksen oma kunnossapitohenkilökunta ei myöskään usein ehdi tehdä tarvittavia analyysejä tai etsiä juurisyitä. Usein laitetoimittajilla on myös paras asiantuntemus ongelmien selvittämiseksi. Kunnossapitosopimusten avulla voidaan pienentää kunnossapitopainetta ja keskittyä enemmän omaan ydinosaamiseen.

Etenkin, jos tuotantolaitteiston käyttöaste tulevaisuudessa nousee, myös Hämeenlinnan osuusmeijerillä olisi suositeltavaa lisäkapasiteetin sijaan pohtia nykyisen laitteiston suorituskyvyn ja tuotantovarmuuden maksimointia. Tähän voidaan pyrkiä esimerkiksi kehittämällä omaa kunnossapitoa entistä ennakoivampaan suuntaan ja/tai tekemällä kunnossapitosopimuksia.

7.2 Reaaliaikainen tuotannonseuranta

Työn aikana harkittiin reaaliaikaisen tuotannonseurannan toteuttamista pakkaushalliin asennettaville HMI-päätteille. Toteutus jäi kuitenkin jatkokehitystoimenpiteeksi aikataulusyistä ja tarvittavien ohjelmistojen puutteen vuoksi.

Reaaliaikaisella tuotannonseurannalla tarkoitetaan tässä yhteydessä esimerkiksi OEE arvojen ja tuotannon tunnuslukujen seurannan mahdollistamista pakkaushallista, lähellä operaattoreita. Tällä hetkellä dataa voi tarkastella yhden tilauksen viiveellä raportointiohjelmalla, joka on pakkaushallin tietokoneella. HMI-päätteiden avulla tunnusluvut voidaan tuoda lähemmäs tuotantohenkilökuntaa ja helpommin saatavaksi. Lisäksi datan tarkkailemiseen voidaan johdatella esimerkiksi laittamalla se esille samaan päätteeseen, josta tuotevaihtojen tekeminen suoritetaan.

Reaaliaikaisten tietojen laskeminen olisi järkevää toteuttaa esimerkiksi käytössä olevan tuotannonohjausohjelmiston avulla, jonka lähdekoodin muuttamiseksi tarvitaan työn valmistumisen hetkellä vielä puuttuva Delphi XE3 yhteensopiva dOPC Client Toolkit. Toinen vaihtoehto on toteuttaa dataa keräävä ohjelmisto erikseen jollakin toisella OPC-asiakasohjelmistokomponentilla. Suositeltavaa olisi myös eriyttää dataa keräävä ohjelmisto nykyisestä tuotannonohjaus-ohjelmistosta esimerkiksi taustalla pyöriväksi erilliseksi ohjelmaksi tai prosessiksi. Tällä hetkellä tuotannonohjausohjelman sulkeminen lopettaa myös datan keräämisen tietokantaan – toisaalta data myös kahdentuu jos ohjelma on käynnistetty kahdesti.

Tunnuslukujen laskeminen voidaan suorittaa PC:llä, josta tulokset voidaan siirtää OPC:n välityksellä esitettäväksi HMI-päätteille. Tunnuslukujen laskeminen on ainakin osittain mahdollista toteuttaa myös pelkän logiikan avulla, mutta kehittyneemmän tiedon muodostaminen sen avulla lisää huomattavasti työmäärää ja tarvittavaa askelmuistia logiikalta. Nykyiselle PLC-logiikalle ei voi lisätä askelmuistia, vaan ohjaimen prosessoriyksikkö (Central Processing Unit, CPU) pitäisi tällöin luultavasti vaihtaa seuraavaan malliin, jossa on enemmän muistia.

7.2.1 Koko hallin OEE

Pakkaamon seinälle voidaan asentaa suuri digitaalinen tekstinäyttö, johon voidaan koota tuotantopäivän yhteenveto kaikkien nähtäville. Näytössä voidaan esittää esimerkiksi:

- Päivän tuotantoaika
- Seisokkiaika
- Asetusaika
- Tauko
- OEE
- Käytettävyys

- Suorituskyky
- Laaduntuotto
- Hyväksytyt/Hylätyt tuotanto
- Saavutettu tuotantonopeus

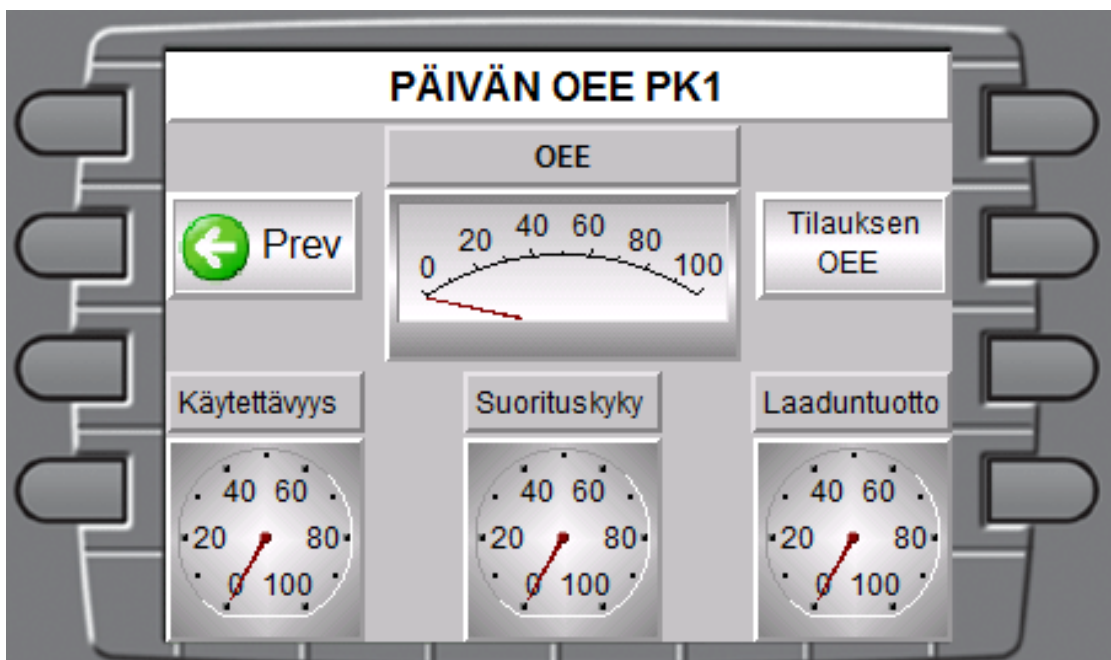
Näytön avulla henkilökunta voi puuttua nopeasti orastaviin ongelmiin. Lisäksi myös se, että tieto on julkisesti kaikkien nähtävillä lisää varmasti halukkuutta oikeellisen tiedon kirjaamiseen sen vaikuttaessa koko pakkaamon kokonaissuoritukseen näin selkeästi.

Tarkoitukseen soveltuvia näyttöpaneelija Suomessa toimittaa esimerkiksi Sarlin (Sarlin 2013). Kommunikointi paneelin kanssa onnistuu Ethernet-liittymän avulla tai käyttämällä tavallisimpia kenttäväyläteknikoita.

7.2.2 Konekohtainen suorituksen seuranta päätteiltä

Pakkaamon kokonaissuorituksen lisäksi nykyisillä HMI-päätteillä voidaan myös esittää konekohtaisia tunnuslukuja operaattoreiden omaseurantaan. Päätteiden avulla voidaan jopa muodostaa yksinkertaisia kuvaajia ja trendejä PLC-logiikalle tallennetun tiedon pohjalta.

Tietoa voisi visualisoida esimerkiksi seuraavanlaisella HMI-käyttöliittymällä (Kuva 7.1), joka myös ilmentää tunnuslukujen merkitystä tuotannon mittaristona.



Kuva 7.1 Hahmotelma pakkauskoneen mittaristosta

Kuvan esittämiä tunnuslukuja voidaan siis myös esittää trendeinä, jos halutaan tutkia arvojen muuttumista ajan suhteen. Esimerkiksi meneillään olevan tilauksen OEE:n seuranta voitaisiin toteuttaa käyttämällä trendejä, jotka päivittyvät esimerkiksi minuutin

välein. Myös tilauspäätteiden näytöillä kannattaa tietenkäin esittää tarkkoja arvoja myös muista tunnusluvuista, joita listattiin edellisessä aliluvussa.

Jos pakkaus koneilta syötettäisiin tavoitepakkausmäärä, voitaisiin sen perusteella laskea odotettu tilauksen valmistumisajankohta, jota voidaan hyödyntää tuotannosuunnittelussa. Sekä valmistumisaikojen ja trendikehityksen reaaliaikaisella seurannalla voidaan pyrkiä selvittämään tapahtumien ja toimenpiteiden merkitystä esimerkiksi tuotantoaika- tauluun.

7.2.3 Visuaalinen tuotannosuunnittelu

Etenkin jos käyttöaste lähentelee laitteiston maksimia, tuotannosuunnittelua voidaan pyrkiä visualisoimaan ohjelmallisesti menneen ja ennustetun tulevan suhteen aikataulu- tuksen helpottamiseksi. Tämä vaatii luonnollisesti hieman ohjelmistokehitystä, mutta toteutukseen vaadittava data on saatavilla järjestelmältä. Luonnollinen sijainti toiminnolle, olisi nykyisen tuotannonohjausohjelmiston yhteydessä. Vastaavankaltaisia ominaisuuksia on toteutettu myös joidenkin kaupallisten ohjelmistojen yhteydessä, esimerkiksi OEEToolkit (www.oetoolkit.com). Kuvassa (Kuva 7.2) on esitelty yksinkertaisesti ajatusta ja sitä miltä käyttöliittymä voisi näyttää.



Kuva 7.2 Esimerkki reaaliaikaisesta tuotannosuunnittelu-ohjelmasta

Kuvassa on esitettyä kunkin koneen aikajana, jossa punainen viiva esittää nykyhetkeä. Nykyhetkeä ennen on mennyt aika ja nykyhetken jälkeen tulevaisuus. Menneet tapahtumat perustuvat järjestelmän keräämään tietoon koneiden tilasta. Eri väreillä voidaan merkitä esimerkiksi normaalitilaa, korjausta, vaihtoa ja häiriöitä. Nykyisen saavutetun pakkausnopeuden perusteella voidaan laskea ennuste, siitä koska tavoitemäärä on pakattu. Myös tiedossa oleva tuleva tuotanto voidaan syöttää järjestelmään ja laskea myös niiden perusteella tulevan tuotannon odotettu valmistuminen.

Ohjelmiston toimintaan ja etenkin tuotannon valmistumisen ennustamiseen liittyy muutamia ratkaisuvaihtoehtoja. Esimerkiksi tuotevaihtoaikoja voitaisiin ennustaa kiinteillä arvoilla, tai toteutuneella keskimääräisellä tuotevaihtoaajalla. Jos järjestelmästä halutaan

erityisen tarkka, voidaan tuotevaihtoja seurata tuotteittain ja arvioida historiadatan perusteella. Eri tuotteiden vaihtoajat saattavat vaihdella riippuen siitä mitkä tuotteet ovat kyseessä.

Ennusteiden on tarkoitus muuttua nykytilanteen suhteen. Jos tuotantoon tulee katkoksia, siirtyvät ennustettu valmistumisajankohta, sekä vastaavasti seuraavien tilausten aloitusajankohdat. Myös valmistumisajankohdan ennustuksessa täytyy pohtia menetelmiä, joita valmistumisen arviointiin käytetään. Tuotannon valmistumista voidaan arvioida optimistisesti niin, että oletetaan lopputuotannon olevan keskeytyksetöntä. Lähemmäs todellista arvoa todennäköisesti päästään, jos käytetään esimerkiksi viimeisen päivän toteutunutta pakkausnopeutta. Täydellisen tarkkaan pakkausnopeuden ennustamiseen on mahdotonta päästä, eikä odottamattomia katkoksia voida täysin ennakoita. Ominaisuudet helpottavat kuitenkin epäilemättä aikataulusuunnittelua ja ymmärrystä siitä, mihin tuotantoaika kuluu.

Esitettyyn toteutukseen tarvitaan nykyisen tietokannan tietoja tilauksista ja häiriöistä menneisyys näkymän muodostamiseksi, sekä tieto nykytilasta tilanteen päivittämiseksi. Nykytilan tieto on saatavilla OPC-palvelimelta, joten ominaisuuden toteuttamiseen tarvitsee tehdä ainoastaan ohjelmointityötä PC:llä. Esitetty ohjelmisto olisi kaikkein hyödyllisin, jos se voitaisiin sijoittaa pakkaamon puolelle esimerkiksi teollisuus pc:lle.

7.3 Tietokannan uudistaminen

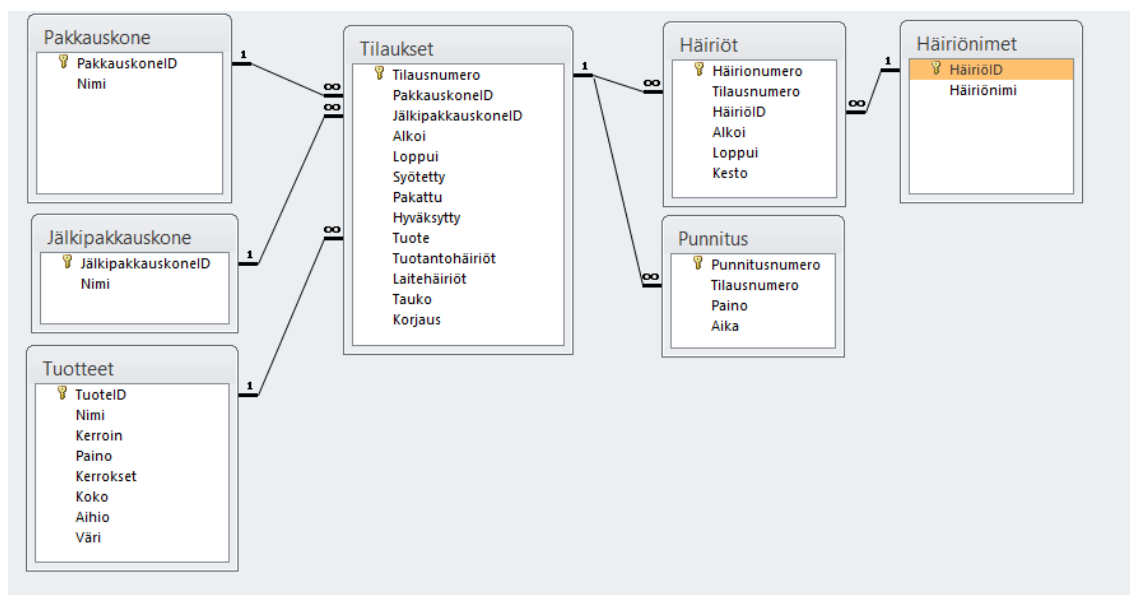
Työn tekemisen yhteydessä huomattiin, että nykyinen käytössä oleva tietokanta ei enää palvele tarpeita riittävän hyvin. Tietokantaa ei voitu kuitenkaan muuttaa niin, että muutokset olisi voitu ottaa käyttöön mainitun ohjelmistokomponentin puutteen vuoksi.

Jos tietokanta tulevaisuudessa uudistetaan, tulee tarvittavat uudistukset tehdä myös raportointi ja tuotannonohjausohjelmistoon. Tietokannan uudistaminen tulee ajankohtaiseksi etenkin, jos tietoa halutaan liikutella verkossa. Nykyisen kaltaisena tietoa on vaikea seuloa esimerkiksi vuoroittain ja eri kuukausille sijoittuvien tietojen hankkimiseksi on suoritettava useita kyselyitä. Tämä hidastaa ohjelmiston toimintaa, sekä kuormittaa verkkoa. Lisäksi tietokantaohjelmisto tulee verkkoon liittämisen yhteydessä vaihtaa järeämpään, koska nykyisen Microsoft Access tietokannan ominaisuudet on suunniteltu kevyempää käyttöä varten, eivätkä tue tehokkaasti esimerkiksi usean käyttäjän samanaikaisia kyselyitä tai palvelinkäyttöä. Tietokanta voidaan vaihtaa esimerkiksi Microsoft SQL Server ohjelmistoon, jolloin voidaan käyttää valmista muunnostyökalua.

Nykyisessä tietokannassa dataa yhdistää PLC-logiikan luoma tilausnumero. Tilausnumero ei kuitenkaan ole uniikki, sillä luku pyörähtää aina 10 000 jälkeen ympäri. Käytännössä käsitellessä dataa sen yksilöimiseksi tulee nyt tarkistaa myös kirjausten päivämäärät, jotka aiheuttavat ylimääräistä tiedon toistoa. Ongelma voidaan kiertää esimer-

kiksi käyttämällä ainakin Access-tietokannasta löytyvää laskuri ominaisuutta ja luomalla tilauksille yksilölliset tilausnumerot.

Jatkokehitystoimenpiteenä suunniteltiin Microsoft Accessilla esimerkinomainen relaatioita hyödyntävä tietokanta, joka on esitetty alla kuvassa (Kuva 7.3 Kuva 7.3). Tietokanta on suunniteltu tilaus-keskeisesti, koska tavallisesti kaikki tieto liittyy johonkin tilaukseen, joka myös muodostaa pienimmän yhtenäisen tarkasteltavan kokonaisuuden.



Kuva 7.3 Esimerkkietokanta

Esimerkin tietokannasta puuttuu joitakin todellisessa tietokannassa tarvittavia tietoja, mutta sen avulla voidaan esitellä relaatio-ominaisuuksien hyödyntämistä. Käytetyt tietokantataulut on linkitetty toisiinsa niin, että tiedon toistoa ei synny. Esimerkiksi tilauksen tuotteeseen liittyvät tiedot voidaan yhdistää samaan tauluun, johon viitataan tilauksen tuoteID:llä. Tietokannan suunnittelussa on myös hyödynnetty pää- ja vierasavaimia, joiden avulla voidaan yksilöidä tietueita. Kuvassa pääavaimena toimivien kenttien edessä on pieni avain. Pääavaimen avulla tietokantaohjelmisto voi paikallistaa yksittäiset tietueet tehokkaasti, jolloin sen toiminta tehostuu. Lisäksi tietokanta pysyy yhtenäisenä, kun yhteydet määritellään – esimerkiksi tilauksen poistaminen tietokannasta poistaa myös siihen liittyvät häiriöt.

Tietokantauudistus vaatii kohtalaisen määrän työtä, koska sen yhteydessä myös raportointi-ohjelma ja tuotannonohjausohjelma tulee päivittää. Myös järjestelmän toimintaperiaate muuttuu, jos otetaan käyttöön yksilölliset tilausnumerot.

8 YHTEENVETO

Häiriönkirjausta ja tunnistusta vaivanneet ongelmat saatiin suurimmalta osin paikallistettua ja korjattua, mutta osa jätettiin korjattavaksi suunnitellun laiteuudistuksen yhteydessä. Vanha tuotannonseuranta- ja raportointijärjestelmä ei täysin vastannut meijerin tarpeita ja sen avulla käsin koostetut luvut eivät olleet täysin vertailukelpoisia. Lisäksi tietojen koostaminen käsin kulutettiin paljon työaikaa, huolimatta siitä ettei lukuihin täysin luotettu.

Koska meijerillä oli olemassa suhteellisen toimiva infrastruktuuri tuotantodatan keräämisen, sitä hyödynnettiin raportointiohjelman kehittämiseksi kohti tuotannon kokonaistehokkuuden raportointia. Datan avulla pystyttiin muodostamaan automaattisesti erilaisia raportteja, joita aikaisemmin oli koostettu käsin. Työn yhteydessä raporteista tehtiin myös vertailukelpoisempia, jotta niiden avulla voidaan seurata luotettavasti myös trendien kehittymistä. Lisäksi ohjelmasta ja tunnuslukujen muodostumisesta laadittiin henkilökunnan käyttöön ohjeet, jotta niiden merkitys ymmärrettäisiin jatkossa paremmin.

Tuotannon kokonaistehokkuuden seuraaminen soveltuu hyvin automaatiopainotteiseen meijeriympäristöön, jossa tuotantodataa voidaan helposti kerätä automaattisen tiedonkeruun keinoin ja jossa tuotannon toimitusvarmuus on tärkeässä osassa. Yksityiskohtaisten reaaliaikaisten raporttien avulla voidaan pyrkiä motivoimaan myös tuotantohenkilökuntaa ja konkretisoimaan kokonaistehokkuuden muodostumista.

Jos tuotannonkokonaistehokkuutta lähdettäisiin toteuttamaan puhtaalta pöydältä, kannattaisi todennäköisesti kuitenkin turvautua käyttämään jotakin kaupallista ohjelmistoa. Kaupallisiin ohjelmistoihin ei työn yhteydessä perehdytty, mutta niiden avulla voidaan säästää huomattavasti toteutukseen käytettyä aikaa, kun triviaalien ohjelmistokehitysongelmien ratkaisulta voidaan välttyä. Työn tekemiseen liittyi joitakin rajoituksia, joiden puitteissa työn voidaan katsoa onnistuneen melko hyvin. Tuotannonseurantajärjestelmää saatiin kehitettyä monelta osin tarkoitusta vastaavammaksi, ja tarve käsin tehtävälle tiedon kirjaamiselle ja laskemiselle minimoitiin.

Työn pohjalta voidaan antaa meijerille muutamia konkreettisia toimenpidesuosituksia:

- Hävikin kirjaaminen tietokantaan
- Tilauksittaisten OEE-raporttien tulostaminen vuoron päätteeksi
- Häiriötietojen lisääminen

Työssä toteutettiin mahdollisuus kirjata hävikki suoraan tilauspäätteeltä tietokantaan, niin että säästetään käsin tehdyltä kirjanpidolta ja saadaan hävikkitiedot suoraan tietokantaan. Aikaa säästyy erityisesti suoritukseen vaikuttavasta tuotevaihtoajasta, minkä takia säästetty aika on erityisen arvokasta. Lisäksi kokonaistehokkuuden laskemisessa tarvitaan tietoa hävikistä, jotta luku olisi todenmukainen.

Työn aikana todettiin, että erityisesti tauon kirjaaminen järjestelmään on tärkeää, jotta kerättävä data on luotettavaa. Automaattisen tiedonkeruun keinoin ei voi päätellä milloin kone seisoo tarkoituksellisesti, joten tauko on kirjattava käsin. Jotta tauko kirjataan, tulee pakkaajien ymmärtää mihin se vaikuttaa. Pakkaajien motivaatiota taukojen kirjaamiseen ja yleensäkin voidaan parantaa käyttämällä työvuoron päätteeksi uuden ohjelman avulla tulostettavaa tilauksittaista OEE-raporttia, josta päivän suoritus nähdään huomattavasti yksityiskohtaisemmin kuin nykyisestä käsin lasketusta tehoprocentista. Tulostamalla raportit suoraan ohjelmasta käsin laskemisen sijaan voidaan myös säästää työaikaa.

Järjestelmän tunnistamia häiriöitä ei voitu työssä lisätä, koska laitteistolle olisi pitänyt tehdä tämän työn laajuuden ylittäviä muutostöitä. Tulevaisuuteen suunniteltujen laiteuudistusten yhteydessä kannattaa kuitenkin harkita häiriöntunnistuksen lisäämistä järjestelmään. Tarkemmin rajattujen häiriötietojen avulla voidaan suunnitella ennakoivan huollon toimenpiteitä huomattavasti paremmin ja myös tarkastella tehtyjen toimenpiteiden vaikutusta. Nykyinen häiriötarkkuus on liian summittaista, jotta sen avulla voitaisiin rajata päätellä häiriöiden syy-seuraus yhteyksiä. Lisäksi kannattaa pohtia tiiviimpää yhteistyötä laitetoimittajien kanssa esimerkiksi käyttövarmuusdatan tarjoamisen kautta tai kunnossapitosopimusten avulla korkeamman suorituskyvyn ja käytettävyyden takaamiseksi.

LÄHTEET

Ammerman, M. 1998. The Root Cause Analysis Handbook: A Simplified Approach to Identifying, Correcting, and Reporting Workplace Errors. Productivity Press. 135 p.

Bäck, A & Karttunen, A & Pitkänen M. 1996. Tuotantotietojen keruu ja hyödyntäminen painotuotteiden valmistuksessa. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT-tiedotteita 1754. 59 p.

Campbell, J.D. & Reyes-Picknell, J.V. 2006. Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management, 2nd Edition. Productivity Press. 382 p.

Geng, H. 2004. Manufacturing Engineering Handbook. The McGraw-Hill Companies Inc. 1088 p.

Gulati, R & Smith R. 2009. Maintenance and Reliability Best Practices. Industrial Press. 433 p.

Hansen, R.C. 2002. Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits. 256 p.

Hinchcliffe, G & Smith, A. 2003. RCM, Gateway to the World Class Maintenance. Burlington, MA, USA. Butterworth-Heinemann. 362 p.

Hämeenlinnan Osuusmeijeri. 2013. [WWW-sivu]. [Viitattu 18.2.2013]. Saatavissa: <http://www.hmlosuusmeijeri.fi/>

Klutke, G. 2012. Maintenance, industrial and production. McGraw-Hill Education. [Viitattu 18.2.2013]. Saatavissa: <http://www.accessscience.com>

Kuusisaari, J. 2000. Kunnossapidon mittaamisen välineiden kehittäminen tuotepohjaiseen kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmään. Diplomityö. Espoo. Teknillinen korkeakoulu. Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto. 118 p.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V., Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo. WSOY. 398s.

Lehtinen, L. 2004. Automaattinen seuranta paljastaa toiminnan häiriöt. Kehittyvä elintarvike [Verkkolehti]. Elintarviketieteiden seura RY. Nro 2/2004. [Viitattu 1.8.2012]. Saatavissa: <http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/24-automaattinen-seuranta-paljastaa-toiminnan-hairiot>

- Lindley, R. Higgins, R., Mobley, K., Wikoff, D. 2008. Maintenance Engineering Handbook, Seventh edition. The McGraw-Hill Companies Inc. 1200 p.
- Moubray, J. 1997. Reliability Centered Maintenance, 2nd Edition. New York. Industrial Press. 423 p.
- Mäki, K. 2000. Kunnossapidon historiatiedon hallinnan kokonaismalli. Lisensiaatintutkimus. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto, Koneensuunnittelu. 129 p.
- Nakajima, S. 1989. TPM Development Program, Implementing Total Productive Maintenance, Massachusetts, Cambridge. Productivity Press, Inc. 403 p.
- Narayan, V. 2004. Effective Maintenance Management: Risk and Reliability Strategies for Optimizing Performance. Industrial press. 246 p.
- Nicholas, J. 2011. Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices. Productivity Press. 526 p.
- Patton, J.D. 1994. Maintainability and Maintenance Management. 3rd edition. Research Triangle Park (NC). Instrument Society of America. 452 p.
- Reimer, R.F. 1998. The Use of Metrics to Manage Proactive Maintenance. Reliability Magazine. December 1998. p10-21.
- Sadar, G., Ramachandran, N., Gopinath, R. 2006. Challenges in Achieving Optimal Asset Performance Based on Total Cost of Ownership. Proceedings of the 1st World congress on Engrineering Asset Management. Gold Coast, Australia.
- Sarlin 2013. Näyttölaitteet. [Sarlinin WWW-sivuilla][viitattu 13.3.2013]. Saatavissa : <http://www.sarlin.com/?Deptid=6517>
- SFS-IEC 60300-3-11 (1999). Luotettavuuden hallinta. Osa 3-11: Sovellusohje Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Suomen standardisoimisliitto SFS. 44 p.
- Smith, D.J. 2011. Reliability, Maintainability and Risk: Practical Methods for Engineers, 8th edition. Butterworth-Heinemann. 463 p.
- Tervo, J. & Säynäjoki M. 1998. Käyttövarmuustietojen hankkiminen ja hyödyntäminen. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT-Symposium 188. 130 p.

Torok, R.M., Cordon. P.J. 2002. Operational Profitability: Systematic approaches for Continuous Improvement. 2nd edition. John Wiley & Sons.

Turunen, H., Alanen, A., Lahdelma, S. 2008. PK-Teollisuuden kunnossapitopalvelukonseptin kehittämisestä. Oulu. Oulun yliopisto. Konetekniikan osasto. Raportti n:o 127. 40 p.

Visser, J., Mollentze, J. 2006. An Auditing Process to Improve Asset Management Performance. Proceedings of the 1st World Congress on Engineering Asset Management. Gold Coast, Australia. 8 p.

Vorne Industries Inc. Fast Guide to OEE [WWW]. Itasca IL, USA. 2002-2008. [Viitattu: 25.2.2013]. Saatavissa: www.oeec.com.

5 Whys. 2012. Wikipedia. [WWW-artikkeli]. [Viitattu 3.8.2012]. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/5_Whys

Wireman, T. 1998. Developing Performance Indicators for Managing Maintenance. New York. Industrial Press Inc. 195 p.

Wireman, T. 2005. Developing Performance Indicators for Managing Maintenance, Second Edition. Industrial Press Inc. 250 p.

Wireman, T. 2010. Benchmarking Best Practices in Maintenance Management, 2nd Edition. Industrial Press. 256 p.

Zandin, K.B. 2001. Maynard's Industrial Engineering Handbook, 5th edition. The McGraw-Hill Companies Inc. 2048 p.

LIITE 1: PDCA-SYKLI

Nelivaiheinen PDCA-sykli (Plan-Do-Check-Act) on jatkuvaan parantamiseen tähtäävä kehitysmalli ja ongelmanratkaisumenetelmä. Se perustuu neljään vaiheeseen, suunnitteluun, tekemiseen, tarkistamiseen ja korjausten tekemiseen. Syklin jokaisella kierroksella pyritään pääsemään lähemmäs asetettua tavoitetta arvioimalla tuloksia ja tekemällä vaadittavat korjaukset. Menetelmä perustuu jatkuvan oppimisen ajatukseen – taidot ja tiedot kehittyvät joka kierroksella ja yhden syklin aikana ei pyritä täydellisyyteen vaan ”sinne päin”. (Nicholas 2011)

Suunnittelu

Ensimmäinen, eli suunnitteluvaihe voidaan jakaa neljään osaan. Kehityksen alulle paneva voima on yleensä tyytymättömyys nykytilaan, havainto ongelman olemassaolosta.

Ennen ratkaisun etsimistä, tulee perustella ongelman olemassa olo ja selvittää sen juurisyitä. Seuraavassa vaiheessa, juurisyiden ollessa selvillä ongelma voidaan määritellä ja rajata yksiselitteisesti.

Kolmannessa vaiheessa määritellään tavoite ja mittarit onnistumiselle. Esimerkiksi Jonkin mitattavan arvon muutos, hävikin vähentyminen yms. Tavoite tulee hyväksyä yksimielisesti asianomaisten kesken. Jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti tavoite voi olla myös osittainen ratkaisu alkuperäiseen ongelmaan.

Viimeinen osa suunnittelussa on ongelman ratkaisu. Ratkaisua voidaan lähestyä yleensä useammalla kuin yhdellä menetelmällä, ja ratkaisua etsittäessä tulisikin ottaa huomioon erilaiset ratkaisuvaihtoehdot ja arvioida niiden kustannus-hyötysuhdetta. Harkittavat ratkaisut jaetaan asianomaisten tahojen kesken ja heidän reaktionsa ja ehdotuksensa otetaan huomioon. Valitun ratkaisun ja ongelman juurisyyn syy-seuraussuhde tulisi olla selkeä. (Nicholas 2011)

Tekeminen

Tässä vaiheessa toteutetaan tehty suunnitelma. Laajempia muutoksia vaativat ratkaisut toteutetaan vähitellen tai tutkimuspohjalta. Toteutus ja tuloksena saadut muutokset dokumentoidaan ja suunnitelmaa voidaan muuttaa olosuhteiden vaatiessa. Tekemisvaiheessa tiedonkeruu on erityisen tärkeää. (Nicholas 2011)

Tarkistaminen

Tekemisvaihe voidaan ajatella ikään kuin kokeena, jonka tuloksia tarkastellaan tarkasteluvaiheessa. Tarkistamisvaiheessa kerätty data analysoidaan ja pohditaan missä määrin on päästy kohti tavoitetta. Mahdolliset toimenpiteiden sivuvaikutukset tulee myös ottaa huomioon. (Nicholas 2011)

Korjausten tekeminen

Viimeisessä vaiheessa tehdään korjaavat toimenpiteet tulosten perusteella. Jos suunnitellut muutokset olivat onnistuneita, ne säilytetään, standardisoidaan ja otetaan käyttöön laajassa mittakaavassa. Jos tulokset eivät ole odotuksen mukaisia, tilannetta tutkitaan ja selvitetään mitkä syyt ovat vaikuttaneet tähän. Tämän pohjalta suunnitellaan korjaustoimenpiteet. Jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti myös onnistuneet menetelmät saattavat korjautua jatkossa paremmilla. Korjausten jälkeen sykli jatkuu jälleen alusta. (Nicholas 2011)

LIITE 2: RAPORTOINTIOHJELMAN KÄYTTÖOHJE

Uudistukset

Uudistettuun HmlRaportit-ohjelmaan on lisätty seuraavat ominaisuudet:

- Alkuperäisten raporttien, sekä uusien raporttien tulostaminen vapaalta väliltä myös yli kuukausien ja vuosien
- Kaikkien raporttien tulostaminen haluttaessa vuoroittain
- Tuotantoraporttien tulostaminen pakkauskoneittain, yhdelle päivälle voidaan tulostaa myös tilauksittain
- Teho- ja häiriöraporttien tulostaminen graafisena kuukausittain koko pakkaamolle ja koneittain
- PK1 Tehojen laskennassa huomioidaan nyt vaihteleva tuotantonopeus (litran tuotteet, sekä 0,5l kahvikerma lasketaan 4500 kpl/h nopeudella, muut 5000 kpl/h)
- OEE-raporttien tulostaminen koko pakkaamolle ja pakkauskoneittain, grafiikalla tai ilman
 - Kuukausittain
 - Viikoittain
 - Päivittäin
 - Vapaalle välille, ei grafiikkaa
 - Tilauksittain yhdelle päivälle

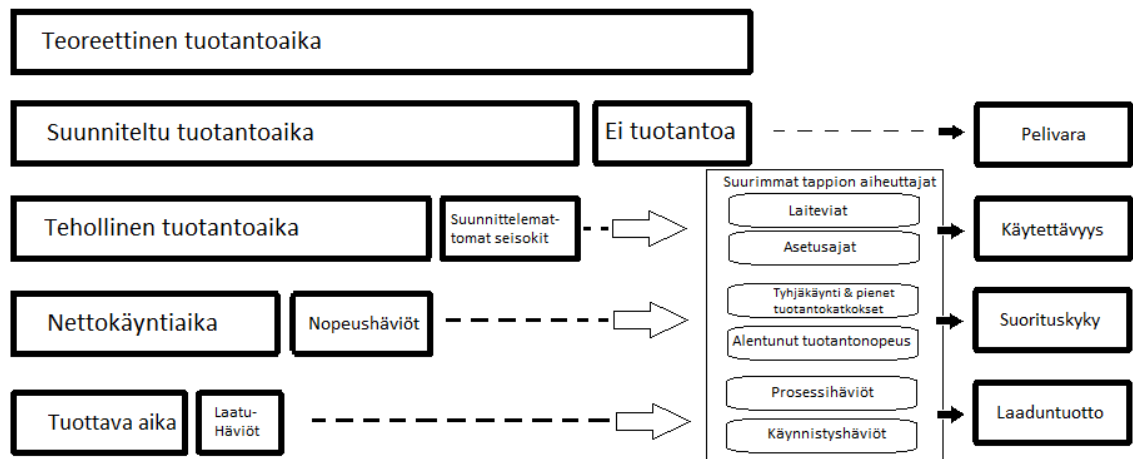
Huomioitavaa on myös, että järjestelmään tehdyt uudistukset eivät estä haluttaessa vanhan raportti-ohjelman käyttämistä.

Mikä on OEE?

OEE, Tuotannon kokonaistehokkuus

OEE (Overall Equipment Efficiency), eli tuotannon kokonaistehokkuus on hierarkkinen mittari, jonka avulla voidaan arvioida kuinka tehokkaasti tuotantolaitteita on käytetty. Standardin mukaisen OEE:n avulla saadut arvot ovat yleisiä ja niiden avulla voidaan periaatteessa vertailla jopa eri alojen tuotantolaitosten tehokkuutta. Se ei kuitenkaan ole absoluuttinen tuottavuuden mitta, sillä esimerkiksi OEE:n arvoon vaikuttava tuotevaihtojen määrä ja kesto saattaa olla hyvin alakohtaista. Parhaiten tunnusluku toimii oman suorituskyvyn ja etenkin sen kehityksen arvioinnissa ja pullonkaulojen ja hävikin identifiointissa. OEE:tä käytetään tavallisesti LEAN-filosofian soveltamisen yhteydessä ja sen avulla voidaan arvioida helposti *jatkuvan parantamisen syklin* (PDCA-sykli, liite 3) tuloksia.

Tuotannon kokonaistehokkuus lasketaan kolmen tekijän käytettävyyden (A, availability), suorituskyvyn (P, performance) ja laaduntuottokyvyn (Q, Quality) tulona. Seuraavassa kuvassa esitetään mallin mukaiset tuotannon aikalajit



Kuva 0.1 Tuotantoajan jakautuminen eri aikalajeihin

Teoreettinen tuotantoaika, tarkoittaa teoreettista maksimi kalenteri aikaa. Esimerkiksi, jos tuotantolinja toimii 24 tuntia 5 päivänä viikossa (120 tuntia), on *teoreettinen tuotantoaika* tällä ajalla 7 päivää (168 tuntia). *Suunnittelun- ja teoreettisen tuotantoajan* suhteella voidaan tarkastella ns. aikataulukusen tehokkuutta, joka ei huomioi itse tuotannon suorituskykyä. Tämä tunnusluku ei kuitenkaan kuulu itse OEE:n piiriin, eikä ohjelma laske sitä.

Suunniteltu tuotantoaika tarkoittaa aikaa, jolloin tuotantolinjaa yms. on tarkoitus käyttää. *Suunnittelusta tuotantoajasta* vähennetään esimerkiksi tauot ja aika, jolloin tuotantolaitetta ei käytetä. Meijerillä pakkauskoneen *suunniteltu tuotantoaika* on tuotantopäivän ensimmäisen tilauksen aloituksesta viimeisen tilauksen lopetukseen. Tästä ajasta vähennetään *Suunnitellut tauot*, joiden merkitseminen on ensiarvoisen tärkeää oikeellisen Käytettävyys arvon saamiseksi. Aika, jolloin ei ole tuotantoa, voidaan nähdä tuotannon suunnittelun *Pelivarana*. Meijerillä *Pelivara* on siis *yhtä* kuin *suunniteltu tauko*.

A, Käytettävyys

Tehollinen tuotantoaika on aika, jolloin tuotantolaite on käytettävissä. *Tehollisen tuotantoajan* ja *Suunnitellun tuotantoajan* suhdetta kutsutaan *Käytettävyudeksi*, joka laskeaan kaavalla:

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Tehollinen tuotantoaika}}{\text{Suunniteltu tuotantoaika}}$$

Käytettävyys jättää huomiotta suorituskyvyn ja laaduntuottokyvyn vaikutuksen. *Tehollinen tuotantoaika* saadaan vähentämällä *Suunnitellusta tuotantoajasta* tapahtumat, jotka pysäyttävät suunnitellun tuotannon. Tähän kategoriaan lukeutuvat mm.

- Asetusajat, tuotevaihdot
- Raaka-aineen puute
- Lämpenemisajat yms.
- Suunnittelematon huolto
- Laiteviat

Tavallisesti ”laitevian” ja *Suorituskyvyn* yhteydessä tarkoitetun ”pienen pysähdyksen” ero on häilyvä, mutta meijerin tapauksessa laitteistoviaksi luetaan viat, jotka vaativat laitoshuoltoa. Jotta laitteistovikojen osuus saadaan oikeellisesti talletettua, laitehuollon tulee merkitä tilauspääteeltä häiriön syyksi korjaus. Muussa tapauksessa laiteviat menevät virheellisesti *Suorituskyky*-parametrin piikkiin.

Lisäksi pakkaajien tulee merkitä suunniteltu tauko AINA, kun tuotantoa ei ole. Muussa tapauksessa aika laskee käytettävyyttä menemällä, joko tuotevaihdon tai ”pakkauskonehäiriön” piikkiin riippuen siitä, onko lopetus tehty.

P, Suorituskyky

Suorituskyky on tunnusluku, joka ei huomioi *Käytettävyyttä* ja *Laaduntuottokykyä*. Se mittaa puhtaasti tuotantolaitteen tuotantonopeutta suhteessa teoreettiseen maksimituotantonopeuteen. Se on käytännössä siis sama luku, kuin vanhoissa raporteissa käytetty *Konetehto*. *Suorituskyky* lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\text{Suorituskyky} = \frac{\text{Tuotantonopeus}}{\text{Teoreettinen maksimituotantonopeus}}$$

Suorituskykyyn vaikuttavia nopeushäviöitä aiheuttavat mm. seuraavat tekijät

- Ruuhkautumiset
- Laitteiston jumiutumiset
- Syöttöhäiriöt
- Sensorien peittymiset
- Puhdistus/tarkistus
- Alentunut tuotantonopeus

- Operaattorien tehottomuus
- muut ”pienet pysähdykset”

”Pienillä pysähdyksillä” tarkoitetaan häiriöitä, joiden korjaaminen ei vaadi kunnossapidon osallistumista. Näitä ovat esimerkiksi syöttöhäiriöt ja ruuhkat. Kun *Tehollisesta tuotantoajasta* vähennetään nopeushäviöihin kulunut aika, jää jäljelle nettotuotantoaika.

Q, Laaduntuottokyky

Laaduntuottokyky puolestaan ei huomioi *Suorituskyvyn* ja *Käytettävyyden* vaikutusta. Se on yksinkertaisesti hyväksytyn tuotannon suhde kokonaistuotantoon. Joissakin tuotantolaitoksissa (esim. konepajateollisuudessa) heikko laatu saattaa aiheuttaa menetyksiä myös virheellisen tuotannon korjaamiseen käytettynä aikana. Suorituskyky lasketaan kaavalla:

$$\text{Laaduntuottokyky} = \frac{\text{Hyväksytty tuotanto}}{\text{Kokonaistuotanto}}.$$

Kuinka ohjelma laskee parametrit?

OEE voidaan laskea hieman poikkeavilla tavalla. Ohjelman toiminta minkään varsinaisen standardin mukaan ei ole taattua, mutta laskennassa on noudatettu yleisiä yksinkertaisia OEE:n laskenta periaatteita, joita on esitelty mm. osoitteessa www.oeec.com.

Määritelmiä

Tilausaika: Tilausaika alkaa päivän ensimmäisestä tilauksesta ja päättyy viimeiseen lopetukseen.

Tauko: Päätteeltä merkitty ”Suunniteltu tauko”

Suunniteltu tuotantoaika: $Tilausaika - \text{tauko}$

Korjausaika: päätteeltä merkitty häiriön syyksi korjaus

Tehollinen tuotantoaika: $Suunniteltu\ tuotantoaika - Tuotantohäiriöt - korjausaika - Tuotevaihtoaika$

Käytettävyys: $(Tehollinen\ tuotantoaika / Suunniteltu\ tuotantoaika) * 100\%$

Suorituskyky: $(Pakkausmäärä\ per\ h / Teoreettinen\ pakkausmäärä\ per\ h) * 100\%$

Laaduntuntuotto: $(Hyväksytyt\ tuotanto / Kokonaistuotanto) * 100\%$

Nettokäyntiaika : Aika, joka kone on käynyt keskeytyksettä.

Kirjaaminen

- Häiriöajan kirjaaminen alkaa, kun pakkauskone pysäytetään, pysähtyy häiriön seurauksena, tai menee tyhjäkäynnille jälkipään häiriön yms. johdosta *tilausaikana*.
- Aina kun kone pysähtyy *tilausaikana*, kirjataan tälle jokin syy.
- Myös tauot, korjaukset ja tuotevaihdot kirjataan samalla periaatteella.
- Kun tauko tai korjaus syötetään tilauspäätteeltä, se muuttaa nykyisen häiriön syyn, ei alkamisajankohtaa. Tämä tarkoittaa, että jos taukoa ei muista kirjata heti sen alettua, tilanteen voi pelastaa vielä myöhemmin, kunhan muistaa kirjata tauon tilauspäätteeltä ennen kuin laittaa aihionsyötön taas päälle (Tällöin häiriö/tauko/vaihto/korjaus merkitään päättyneeksi ja kirjataan).
- Kun tilauspäätteeltä tehdään lopetus, nykyinen häiriö kirjataan ja alkaa tuotevaihtoajan kirjaaminen. Tuotevaihtoajan kirjaaminen päättyy, kun seuraava tilaus alkaa. Eli jos seuraava tilaus ei ala heti putkeen, täytyy kirjata tauko!
- Edellinen tilaus kirjataan, kun seuraava on alkanut tai tuotantopäivä lopetetaan. Tällöin sen tiedot löytyvät myös koneelta. Eli viimeinen tilaus näkyy koneella vasta, kun tuotantopäivä on lopetettu.

Käytettävyys

Käytettävyyden laskemisessa käytetty *Suunniteltu tuotantoaika* lasketaan yksittäisten tilausten tilausajasta vähentämällä siitä tauot. Koneen tilausaikaa kirjataan tuotantopäivän ensimmäisen tilauksen tuotannon alkamisesta viimeisen tilauksen päättymiseen. Tuotanto lasketaan alkaneeksi, kun pakkauskoneelta on tullut 10 ehjää purkkia (pakatut). *Suunnitellusta tuotantoajasta* saadaan *Tehollinen tuotantoaika* vähentämällä siitä:

- Korjausaika
- Tuotevaihto aika
- Tuotantohäiriöt

Tuotevaihtoajan laskeminen alkaa lopetuksen tekemisestä ja päättyy, kun seuraavan tilauksen 10 ehjää purkkia on tullut koneesta. Pakkaajan on kirjattava tilauspääteeltä suunniteltu tauko, jos lopetuksen jälkeen ei aloiteta heti uutta tilausta. Muussa tapauksessa järjestelmä kirjaa ajan tuotevaihtona.

Korjausaika tarkoittaa aikaa, jolloin pakkauskone, tai jälkipakkauskone on vikaantunut niin, että tarvitaan kunnossapidon apua sen toimintakuntoon saattamiseksi. Tällöin tilauspääteeltä on kirjattava häiriön syyksi Korjaus. Muussa tapauksessa korjausaika kirjautuu järjestelmään laitehäiriönä tai tuotantohäiriönä. Myös jos kone käy korjauksen välissä, on kirjattava korjaus uudelleen.

Tuotantohäiriöihin lukeutuvat seuraavat häiriöt:

- Pk/tuotanto
- Varasto / tuotanto (varasto ruuhka)

Nykyisellä laitteistokokoonpanolla ei ole mahdollista erotella milloin tuotanto seisoo matalan tuotepinnan/aihion puutteen takia tai sen takia, että pakkauskoneen syöttö on laitettu pois päältä. Tästä syystä on myös tärkeää kirjata suunniteltu tauko, jos pakkauskone on tarkoituksellisesti pois päältä. Syötön ollessa pois päältä tämä aika kirjautuu ”pk/tuotanto” häiriölle, eli pakkauskoneen tuotantohäiriöksi, joka vaikuttaa alentavasti *Käytettävyteen*.

Tuotantohäiriöiden keston mittaus alkaa koneen tuotannon katkeamisesta ja päättyy kun kone taas käy. Jos kone jää seisomaan laitevian seurauksena, tulee syy kirjata pääteeltä (korjaus). Jos tehdään lopetus, tulee myös kirjata tämän jälkeen syyksi tauko tai korjaus, jos tuotanto ei heti jatku.

Tuotantohäiriöt

Koodi, Nimi (jolla häiriö kirjataan): selitys

Nämä vaikuttavat *Käytettävyteen*

- 58, Varasto / tuotanto: Rullakkoa / laatikkopinoa ei voida työntää varastoon, koska tuotteen ryhmittelyrata on täynnä.
- 60, PK/Tuotanto: Matala tuotepinta tai kun aihionsyöttö on painettu pois

Suorituskyky

Suorituskyky lasketaan pakkausmäärän suhteena teoreettiseen maksimipakkausmäärään *Tehollisena tuotantoaikana*. Suorituskykyyn ei siis vaikuta muu kuin laitehäiriöt, jos korjaus aika merkitään tilauspääteeltä. Suorituskyvyn laskemiseen käytetään seuraavia teoreettisia nopeuksia:

- PK1 : litran tuotteet & ½ kahvikerma 4500 kpl/h, muut 5000 kpl/h
- PK2A&B: 6000 kpl/h
- PK3A&B: 6000 kpl/h
- PK4: 4500 kpl/h
- PK5: 4500 kpl/h
- PK7A&B: 6000 kpl/h

Laitehäiriöitä tutkittaessa tunnistamattomat häiriöt menevät ”Rataruuhka” nimikkeen alle, jolloin ne ovat käytännössä jälkipakkaus koneen häiriöitä. Häiriöistä ei laitteiston nykykokoonpanolla voi saada tarkempaa tietoa. Häiriöiden keston mittaus alkaa koneen tuotannon katkeamisesta ja päättyy kun kone taas käy. Jos kone jää seisomaan laitevian seurauksena, tulee syy kirjata pääteeltä. Jos tehdään lopetus, tulee myös kirjata tämän jälkeen syyksi tauko tai korjaus, jos tuotanto ei heti jatku.

Nykyiset laitehäiriöt:

Koodi, Nimi (jolla häiriö kirjataan): selitys

Nämä vaikuttavat *Suorituskykyyn*

- 51, RP-Häiriö: Rullakkopakkerin häiriö. Rullakkopakkerin toiminta on pysähtynyt muusta syystä kuin varastosta tai puutteesta johtuen.
- 53, LPI-Häiriö: Laatikonpinoajan häiriö. Sama periaate
- 55, LPA-Häiriö: Laatikkopakkaajan häiriö. Sama periaate.
- 57, Varasto häiriö: Varastoon ei oteta rullakoita/laatikkopinoja, vaikka ryhmitteilyrata EI ole täynnä, eli toisin sanoen yleensä siirtovaunun häiriö.
- 59, PK Häiriö: Häiriö pakkaus koneella. Mikä tahansa pakkaus koneen häiriö, paitsi matala tuotepinta tai aihionsyötön katkaisu.
- 65, Rataruuhka: Tuotekuljettimien ruuhka ja myös kaikki tunnistamattomat jälkipäähän häiriöt. Usein miten todennäköisesti jälkipakkerin häiriö, jota ei tunnisteta.
- 66, Mupan häiriö: seiskalla multipakkerin häiriöt
- 52, Rullakon puute: Jälkipakkerille ei tule rullakkoa. Kirjataan myös, jos rullakko jumiutuu rullakko kuljettimille tai jos rullakkoa ei muusta syystä havaita
- 54, Alusvaunun puute: Laatikkopinoajalle ei tule alusvaunua. Muuten sama periaate kuin rullakonpuutteessa.
- 56, Laatikon puute: Laatikkopakkerille ei tule laatikkoa, muuten sama periaate.

Laaduntuottokyky

Laaduntuotto kyky lasketaan, kuten aiemmin mainittiin. Purettujen, eli hävikin määrä tulee syöttää tilauspäätteelle. Laatuhäviöissä menetetty aika lasketaan kappalemäärän ja teoreettisen tuotantonopeuden perusteella.

Miten arvoihin voi vaikuttaa?

Tässä kappaleessa esitellään ohjelman toimintaperiaate, sekä kerrotaan yleisiä asioita tunnuslukuihin vaikuttavista asioista ja siitä mitä niiden korjaamiseksi voidaan tehdä.

Ohjelman suunnittelussa tärkeimpiä ajatuksia ovat olleet:

- Trendien seuraamisen mahdollistaminen, eri aikaskaaloilla
- Porautumisanalyysin ja pareto-analyysin mahdollistaminen
- Hävikin helppo kohdistaminen
- Muutoksen seuranta
- Pakkaajien omaseurannan helpottaminen

Ohjelmalla voidaan muodostaa raportteja kuukausittain, viikoittain, päivittäin ja tilauksittain. Lisäksi raportit voidaan tulostaa koko pakkaamolle, yhdelle pakkauskoneella ja useimmissa tapauksissa myös kootusti niin, että eri pakkauskoneiden arvoja voidaan vertailla rinnakkain.

Kuukausittaisten raporttien avulla voidaan seurata pidemmän ajan trendejä ja yleistä suorituskkyä. Viikoittaisten raporttien avulla voidaan reagoida tapahtumiin ja tapahtumien kehityskulkuun lyhyemmällä välillä ja tarkastella helposti esimerkiksi tehtyjen uudistusten ja korjausliikkeiden vaikutuksia. Päivittäiset ja tilauksittaiset raportit sopivat parhaiten mm. pakkaajien omaseurantaan ja laitoshuollon tiedonkulun parantamiseksi. Tämän ohjeistuksen mukaan on liitetty kiinnostuneille porautumisanalyysin ja pareto-analyysin teoreettinen tausta (liitteet 1 & 2). Lyhyesti porautumisanalyysillä tarkoitetaan eri hierarkia tasoille luokiteltujen sähköisten tietokantojen analysointia. Ohjelman avulla porautumisanalyysijä voidaan suorittaa esimerkiksi seuraavan esimerkin mukaisesti:

1. Otetaan *kuukausittainen OEE raportti* halutulta väliltä
2. Valitaan tarkastellulta väliltä heikoin kuukausi ja tulostetaan väliltä *viikoittainen OEE raportti*
3. Jos havaitaan esimerkiksi heikon OEE:n johtuvat heikentyneestä käytettävyydsarvosta, valitaan raportin tyypiksi *viikoittainen käytettävyydsraportti*.
4. Raportista voidaan havaita esimerkiksi, että tuotantohäiriöiden osuus tehollisesta tuotantoajasta on kasvanut tarkasteluvälillä. Tulostetaan raportti, jossa koneiden käytettävyyys on rinnakkain.
5. Raportista nähdään esimerkiksi, että PK5:n, PK1:n ja PK2B:n *Käytettävyydet* ovat heikoimmat ja lähteneet laskuun. tarkastellaan seuraavaksi PK5:n, PK1:n ja PK2B:n *konekohtaisia käytettävyydsraportteja*.
6. Esimerkiksi PK5:n raportista voidaan huomata, että tuotantohäiriöiden osuus suunnitellusta tuotantoajasta on lähtenyt nousuun tarkasteltavien viikkojen aikana. Tarkastellaan seuraavaksi *PK5:n tuotantohäiriöiden jakautumista*.
7. Raportista voidaan havaita esimerkiksi, että häiriö ”Varasto/tuotanto” on lähtenyt nousuun, kohdistetaan korjaavat toimenpiteet syiden ehkäisemiksi.

Lopuksi kohdat 6&7 toistetaan PK1:lle ja PK2B:lle. Näin kohdissa 5 ja 7 voidaan soveltaa Pareto-analyysin periaatetta (liite 2). Pareto-analyysin periaatteena on lyhyesti ajatus siitä, että useimmissa ilmiöissä, kuten myös tuotantoympäristössä pätee 80/20 säännönlaisuus. Tämä tarkoittaa esimerkiksi että karkeasti 80 % häiriöistä kohdistuu yleensä noin 20 % syistä. Eli esimerkin tapauksessa suurimman hyödyn saavuttamiseksi korjaavat toimenpiteet kannattaisi kohdistaa PK5:n mainittujen häiriöiden ehkäisemiseksi (kuten myös PK2B:n ja PK1:n suurimpien hävikkien aiheuttajien ehkäisemiseksi).

Kun suurimmat tuotantohävikin lähteet on paikallistettu, voidaan ongelmien ratkaisemiseksi ja ehkäisemiseksi suunnitella aiheuttajasta riippuen esimerkiksi huolto toimenpiteitä, ennakoivaa huoltoa ja/tai soveltaa PDCA-sykliä (liite 3).

Nykykokoonpanolla ei voida kerätä automaattisesti tarkempia tietoja häiriöiden aiheuttajista, mutta kunnossapidon toimintaa silmälläpitäen ohjelma helpottaa tiedonkulkua, kun häiriötrendien kehitystä voidaan seurata. Tällöin myös helposti huomaamatta jäävä vikojen ”hiipiminen” voidaan havaita helpommin.

Tuotantohäiriöiden tapauksessa, varsinkin kun aiheuttajana ei ole välillisesti laitehäiriö, esimerkiksi toimintamallien muuttamiseksi yms. voidaan soveltaa esimerkiksi jatkuvan parantamisen sykliä, PDCA (Plan-Do-Check-Act). PDCA-sykliä on esitelty tarkemmin liitteessä 3. Erityisesti ohjelmiston tarjoamat raportit helpottavat tavallisesti hankalaa muutosten vaikutusten mittaamista. Toimenpiteitä suunniteltaessa voidaan soveltaa juurisyyanalyysiä, josta on kerrottu tarkemmin liitteessä 4.

Lopuksi, etenkin päivittäisten ja vuoroittaisten raporttien avulla on tarkoitus helpottaa myös pakkaajien omaa suorituksen seuranta. Päivittäisellä raportilla on mahdollista ottaa raportteja esimerkiksi viikon eri vuoroilta tietyiltä koneilta tai jopa tilauksittaisia raportteja. Tilauksittaiset raportit täydentyvät sitä mukaa, kun tilaukset lopetetaan ja seuraava tilaus alkaa (edellinen tallentuu tietokantaan). Erityisesti voidaan seurata mm. tuotevaihtojen kestoja tai jälkipakkereiden häiriöiden kestoja, joihin pakkaajien ja prosessinvalvojen on mahdollista toiminnallaan vaikuttaa. Palmatin toimintaa voi niin ikään seurata mm. puutteiden kautta. Huomioitavaa on kuitenkin, että esimerkiksi puutokset saattavat johtua myös laitteistovioista (laatikko jumissa yms.)

Arvojen tulkitsemisesta

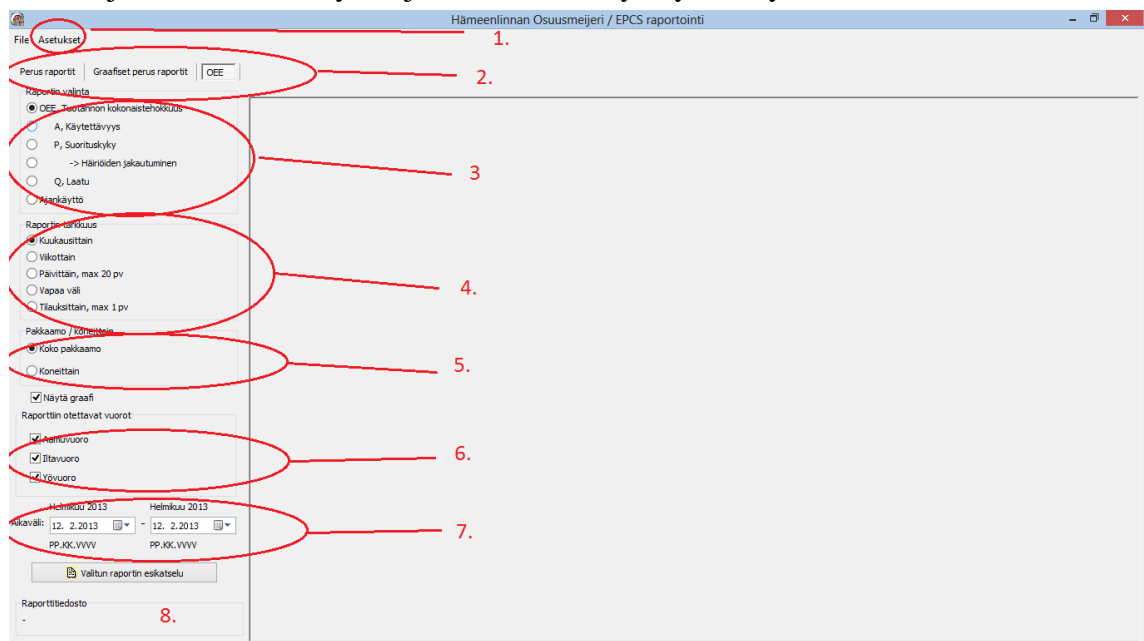
Erityisesti tilauksittain tarkkailtaessa on huomioitava, että lyhyillä tilauksilla OEE arvot jäävät helposti alhaisiksi, koska esimerkiksi 15 minuutin tilauksessa 10 minuutin tuotevaihto aika tarkoittaa ilman muita käytettävyysskatkoja, että käytettävyys on ainoastaan noin 33% , mikä tarkoittaa ettei myöskään OEE arvo voi ylittää 33%. Arvo sinänsä ei ole tällöin väärä – tuotantolaitetta on käytetty tehottomasti. Tähän liittyy kuitenkin OEE-arvojen alakohtaista vertailtavuutta koskeva rajoitus. Esimerkin tapauksessa ratkaisu voisi olla konepajateollisuudessa tuotantoerien kasvattaminen, mutta kyseinen toimenpide ei meijerin tapauksessa johda välttämättä parempaan tuottavuuteen tai haluttuihin tavoitteisiin elintarvikkeiden säilyvyyden asettamien rajoitteiden takia – lukuja ei siis pidä tulkita sokeasti!

Kun ohjelmassa tulostetaan tietoja tilauksittain, taulukossa alle 20 minuutin tilaukset on merkitty punaisella asian korostamiseksi.

Ohjelman käyttöohjeet, OEE-raportit

Raporttien muodostaminen

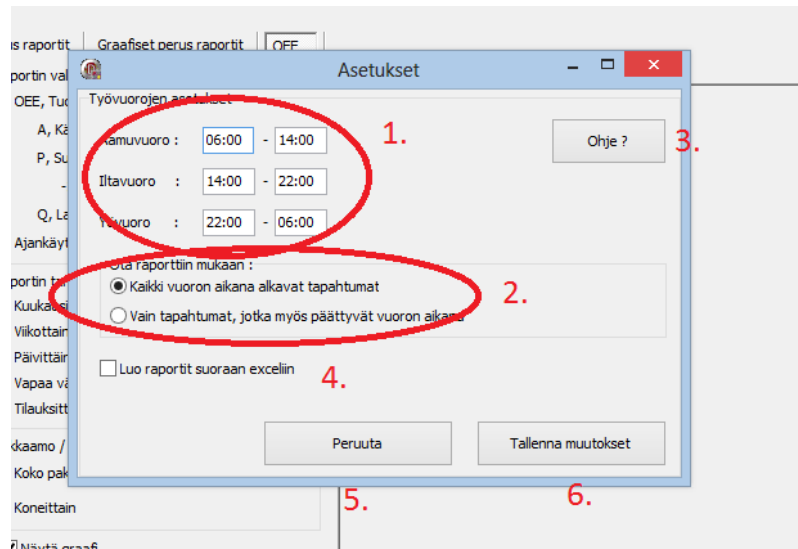
Uudistettu raportointiohjelman vanha osio toimii, kuten tähänkin asti, sillä erotuksella, että raportit voi tulostaa vapaasti valittavalta väliltä, lisäksi uutena raporttina on konekohtaisten tuotantoraporttien tulostaminen. Vanhoista raporteista, teho- ja häiriöraportteja voidaan tulostaa graafisena koneittain ja koko pakkaamolle. Tämä ohje käsittelee lähinnä uusien OEE-raporttien tulostamista. Seuraavassa kuvassa on esitettyä raportointiohjelman aloitusnäkyä, johon on merkitty käyttöliittymän olennaiset alueet.



Kuva 0.2 Käyttöliittymän päänäkymä

1. Asetukset valikko

Asetukset valikosta voidaan tehdä valintoja, jotka vaikuttavat kaikkien raporttien tulostamiseen. Klikkaamalla asetuksia aukeaa seuraavanlainen ikkuna.



Kuva 0.3 Asetukset näkymä

Asetuksista voidaan säätää työvuorojen alkamis- ja päättymisajat, joiden mukaan raportteja muodostetaan jos valitaan raportteihin vain tiettyjä vuoroja. Vuorot asetetaan kuvan kohdassa 1. Kentät hyväksyvät vain kellonaikoja 24 tunnin muodossa. Kellon aikojen on oltava muodossa ”00:00” eli esim. kuusi aamulta kirjoitetaan ”06:00”. Väärässä muodossa olevia kellonaikoja ei voi tallentaa. Ohjelma ei kuitenkaan tarkista kellonaikojen järjestyttä muutoin, eli niitä asetettaessa tulee noudattaa tarkkaavaisuutta.

Kuvan kohdassa 2 on valinta, josta voidaan valita otetaanko esimerkiksi aamuvuoron tietoja tulostettaessa mukaan ne tilaukset, jotka sekä alkavat, että päättyvät valitun vuoron aikana, vai kaikki jotka alkavat vuoron aikana huolimatta siitä milloin ne päättyvät. Huomioitavaa on että mukaan otettavien tietojen osalta ratkaiseva tekijä on tilausajan alkaminen ja päättymisen. Tilaus aika päättyy kun seuraava tilaus alkaa, tai kun tuotantopäivä päättyy huolimatta siitä, onko lopetus tehty esimerkiksi aamuvuoron aikana. Tästä syystä on suositeltavaa käyttää kohdassa 2. valintaa ”Kaikki vuoron aikana alkavat tapahtumat”.

Kuvan kohdassa 3 esitetyllä näppäimellä saa esiin asetuksia koskevat pikaohjeet.

Kohdassa 4 olevalla valintaruudulla voidaan päättää muodostetaanko raportit suoraan Exceliin vai raportointi ohjelman Excel-ikkunaan. Jos raportit muodostetaan suoraan Exceliin, niiden tallentamisesta on huolehdittava itse Excelin avulla. Raporttien luominen Exceliin on kuitenkin suositeltavaa, sillä muussa tapauksessa ne on itse kopioitava alunäkymän kohdasta 8 löytävästä tiedostopolusta.

Jos asetuksiin tehtäviä muutoksia ei haluta tallentaa, painetaan Peruuta-painiketta(5) tai ruksia, muussa tapauksessa ”Tallenna muutokset”- painiketta.

2. Raportin valinta

Aloitus näkymän kohdasta 2 voidaan valita muodostettava raportti. Jos halutaan tehdä perinteisiä raportteja, valitaan ”Perusraportit” jolloin saadaan näkyviin vanhan mallinen

raportointi näkymä. Jos halutaan Graafisia teho tai häiriö raportteja valitaan Graafiset perus raportit. OEE raportteja voidaan tulostaa kohdasta ”OEE”.

3. Raportin valinta (OEE)

Kun raportin valinta kohdassa (2) on valittuna ”OEE”, aloitusnäkyvän kohdasta 3 voidaan valita OEE raportin tyyppi. Erilaisista raporttityypeistä on kerrottu myöhemmin.

4. Raportin tarkkuus

Kohdasta 4 voidaan valita minkä pituisille aikajaksoille raportti tulostetaan. Jos valitaan päivittäinen raportti, välille voidaan valita maksimissaan 20 päivää. Rajoitus on tehty, jotta raportit pysyvät siistin mittaisina, pidemmällä aikavälillä on mielekkäämpää käyttää esim. viikoittaista tarkkuutta.

Jos raportteja tulostetaan vapaalle välille, tämä tarkoittaa että aikavälin tiedot summaataan yhteen, kuten perus raporteissakin, eikä niitä pilkota viikoille tai kuukausille. Tilauksittaisia raportteja voi tulostaa myös ainoastaan yhdelle päivälle kerrallaan.

5. Pakkaamo / Koneittain

Kohdan 5 valinnalla valitaan tulostetaanko raportit koko pakkaamolle vai yksittäiselle koneelle. Jos halutaan tulostaa tietoja koneittain, ilmestyy alavetovalikko, josta haluttu pakkauskone voidaan valita. Jos listalta valitaan ”Kaikki”, saadaan kohdan 3 raportti valinnasta riippuen seuraavat kooste raportit:

OEE – Kaikkien koneiden OEE prosentti samassa raportissa/kuvaajassa

A – Kaikkien koneiden käytettävyys prosentti samassa raportissa /kuvaajassa

P – Kaikkien koneiden suorituskyky prosentti samassa raportissa / kuvaajassa

Häiriöiden jakautuminen – Kunkin pakkauskoneen häiriöiden osuus pakkaamon kokonahäiriöajasta samassa raportissa/kuvaajassa

Q – Kaikkien koneiden laaduntuottoa prosentti samassa raportissa / kuvaajassa

Ajankäytölle tätä valintaa ei ole mahdollista tehdä. ”Kaikki” valinta ei ole myöskään mahdollinen tulostettaessa tietoja tilauksittain.

Kohdan alla olevasta valintaruudusta ”Näytä graafi” voidaan valita halutaanko piirtää kuvaaja. Jos valintaa ei näy, kuvaajaa ei voi piirtää kyseiselle raportille.

6. Raporttiin otettavat vuorot

Valinta rukseilla voidaan valita, mitä vuoroja raporttiin otetaan mukaan. Nämä valinta-perusteet koskevat kaikkia raportteja, perinteisiä, graafisia perinteisiä sekä OEE raportteja.

7. Aikaväli valinta

Aikavälin valinta on muutettu kalenterivalikoksi vanhasta ohjelmasta poiketen. Päivämäärien vieressä olevista nuolista saadaan esiin kalenteri, josta päivämäärät voidaan

valita. Jos raportteja tulostetaan kuukausittain, tai viikoittain, alku- ja loppupäivämäärin yläpuolelle ilmestyy kuukausi tai viikko ja vuosi. Huolimatta valitusta päivästä raporteihin haetaan tiedot tällöin valituilta viikoilta tai kuukausilta. Jos valitaan tarkkuudeksi ”tilauksittain”, voidaan valita ainoastaan alkupäivä. Tilauksittain tulostettaessa graafi voidaan tulostaa ainoastaan yhdelle pakkauskoneelle, koska tilaukset ovat vain tällöin kronologisessa järjestyksessä. Taulukossa alle 20 minuutin tilaukset ovat merkitty punaisella.

Aikaväli voidaan myös kirjoittaa suoraan käsin, mutta tällöinkään kenttä ei hyväksy virheellisiä päivämääriä, kuten 31.2.2013.

Erilaiset raporttityypit

Tässä kappaleessa on esitelty erilaiset raporttityypit koko pakkaamolle ja yksittäisille pakkauskoneille tulostettaessa. Kaikkien koneiden kooste raporttityypit on esitelty edellisessä kappaleessa.

OEE, Tuotannon kokonaistehokkuus

Tähän raporttiin tulostetaan OEE, A, P ja Q prosentti. Jos tulostetaan ilman kuvaajaa, nähdään myös tauko-prosentti. Kuvaajassa X-akselilla on aikajakson lisäksi koko pakkaamon tai valitun pakkauskoneen tilausaika kyseisellä välillä.

A, Käytettävyys

Käytettävyys raportin tapauksessa saadaan kaksi kuvaajaa. Ensimmäisessä on kuvattuna käytettävyys prosentti, ja siihen vaikuttavien tekijöiden (Tuotevaihto, tuotantohäiriöt ja suunnitteleman korjaus) osuus suunnitellusta tuotantoajasta. Kun lukuja verrataan *suunniteltuun tuotantoaikaan*, ne ovat riippuvaisia ainoastaan käytetystä tuotantoajasta, eli taukojen määrä ei vaikuta osuuksiin. X-akselilla on kuitenkin merkittynä *kokonaistilausaika*, mitä ei tule sekoittaa *suunniteltuun tuotantoaikaan*.

Toisessa kuvaajassa on keskimääräinen tuotevaihtoaika, sekä keskimääräinen korjausaika (suunnittelemattomat korjaukset, jotka merkitään tilauspäätteeltä). Nämä luvut lasketaan puhtaasti kestojen ja lukumäärän perusteella. kokonaistilausajat. Jos tulostetaan ilman graafia, nähdään myös tuotannon aikaisten korjausten lukumäärä.

P, Suorituskyky

Suorituskyky raporteissa on suorituskyvyn lisäksi kuvattuna laitehäiriöiden osuus tehollisesta tuotantoajasta. Jos jätetään graafi piirtämättä, taulukosta nähdään myös netto-käyntiaika. Kun laitehäiriöitä verrataan *teholliseen tuotantoaikaan tilausajan* sijasta, luku on riippumaton tuotantohäiriöistä, tauoista, korjauksesta ja vaihdoista. Tämä tarkoittaa että luku on vertailukelpoisempi esimerkiksi edellisen päivän/viikon/kuukauden lukuarvoihin, kuin verrattaessa *tilausaikaan*. X-akselilla on merkittynä kuitenkin *kokonaistilausaika*.

Häiriöiden jakautuminen

Häiriöidenjakautumisraportin avulla voidaan tutkia, joko tuotantohäiriöitä (jotka vaikuttavat *käytettävyYTEEN*), laitehäiriöitä (jotka vaikuttavat *suorituskykYYN*) tai molempia. Raporttia muodostettaessa ohjelma kysyy mitä häiriöitä halutaan ottaa mukaan. Häiriöt järjestetään aikajaksoille ensimmäisen jakson mukaan laskevassa järjestyksessä.

Muista raporteista poiketen häiriöidenjakautumisraporteissa aikajakson perässä on kokonaishäiriöaika. Ohjelman ilmoittamat prosenttiosuudet ovat kunkin häiriön osuus kokonaishäiriöajasta johon lasketaan tuotantohäiriöt ja laitehäiriöt. Kokonaishäiriö aikaan ei siis lasketa esimerkiksi korjausaikaa, taukoa tai tuotevaihtoaikaa. Häiriöaikojen vertaaminen kokonaishäiriömääriin helpottaa muutoksen seuranta ja vertailtavuutta – voidaan verrata eri kuukausia tai koneita riippumatta siitä paljonko niitä on käytetty.

Q, Laaduntuotto

Laaduntuotto raporteista nähdään, montako prosenttia tuotannosta on hyväksyttyä valitulla ajalla/laitteistolla. Lisäksi lasketaan hävikin tuotantoon käytetty aika. Hävikin tuotantoon käytetty aika lasketaan teoreettisen tuotantonopeuden perusteella.

Ajankäyttö

Ajankäyttöraporttien avulla voidaan tarkastella kuinka meijerin ajankäyttö jakautuu aikalajeihin Kuva 0.1 Tuotantoajan jakautuminen eri aikalajeihin, mukaisesti. Ajankäyttöraportista kannattaa Excelin ominaisuuksia hyödyntämällä poistaa ne sarjat (eli kuvaajat), joista ei olla kiinnostuneita, jotta kuvaaja näyttää selkeämmältä.

Tiedon oikeellisuus

Jotta järjestelmästä saatavat tiedot ja luvut ovat luotettavia, seuraavista asioista tulee huolehtia:

- Aina kun tuotantoa ei aloiteta välittömästi edellisen lopetuksen jälkeen, on kirjattava suunniteltu tauko
- Tuotannon seistessä tarkoituksellisesti, on myös kirjattava suunniteltu tauko, vaikka lopetusta ei tehtäisi
- Jos kesken tuotannon tarvitaan suunnittelematonta kunnossapitoa, eli laitoshuollon väliintuloa, on päätteeltä kirjattava häiriön syyksi korjaus. Jos kone käy välissä, korjaus on kirjattava uudelleen.
- Puretut tuotteet on kirjattava tilauspäätteelle.
- HmlVarasto-ohjelma on oltava aina päällä, muuten tiedot eivät tallennu tietokantaan !!! Huomioitava etenkin mahdollisten sähkökatkosten sattuessa.

Jos taukoja ei kirjata oikein, aika kirjautuu väärälle nimikkeelle, yleensä pakkauskooneen tuotantohäiriöksi.

Lisäksi on huomioitava järjestelmän nykykokoonpanon asettama mittaustarkkuus:

- Järjestelmä ei tee eroa sen välille milloin käyttäjä on pysäyttänyt itse koneen, milloin aihiot loppuvat tai tuotepinta laskee liian matalaksi.
- Varsinaisen rataruuhkan lisäksi jälkipään tunnistamattomat häiriöt kirjautuvat ”Rataruuhka” nimikkeeseen alle – suurin osa rataruuhkasta aiheutuu siis todennäköisesti kuitenkin jälkipakkauskooneiden häiriöistä.
- Ohjelman käyttämät pakkauskooneiden nopeudet eivät ole absoluuttisen tarkkoja. Ohjelma korjaa selkeissä tilanteissa (suorituskyky yli 100% ja laitehäiriöt alle 20sec) suorituskyvyn ylimenevän osan sataan prosenttiin, mutta jos ohjelma näyttää lievästi yli 100%, (<~3%) tämä johtuu epätarkasta teoreettisesta tuotantonopeudesta. Tuotantonopeuksia voidaan korjata muuttamalla tietokannasta, pois lukien PK1.

Ongelmatapaukset

Jos ohjelma syystä tai toisesta kaatuu, tai ei suostu muodostamaan pyydettyä raporttia, voidaan yrittää seuraavaa korjausta:

1. Jos HmlRaportit-ohjelma on päällä, sammuta se.
2. Klikkaa käynnistä palkkia oikealla hiiren painikkeella ja valitse tehtävien hallinta.
3. Tarkiste ettei ”sovellukset” tai ”prosessit” välilehdiltä löydy Exceliä. Jos löytyy valitse se ja klikkaa lopeta prosessi tai lopeta tehtävä.
4. Sammuta tehtävien hallinta
5. Käynnistä HmlRaportit ja yritä uudelleen

Jos tämä toimenpide ei auta, ongelman pitäisi korjautua uudelleen käynnistämällä tietokone. HUOM! Jos tuotanto on käynnissä, kaikki tapahtumat jotka tapahtuvat tietokoneen (HmlVarasto- ohjelman) ollessa pois päältä jäävät tallentumatta tietokantaan!) Muissa ongelmatapauksissa voi yrittää ohjelman sammuttamista ja uudelleen käynnistämistä.

Huomioitavaa jatkokehityksen kannalta

Jos järjestelmään halutaan lisätä lisää tunnistettavia laitehäiriöitä, se voidaan tehdä lisäämällä tietokantaan hkoodit-aulukkoon häiriökoodi ja häiriön nimi. Tämän jälkeen häiriökoodi voidaan tallentaa logiikalta vastaavanlaisesti kuin muutkin häiriöt. Jos halutaan tallentaa tuotantohäiriöitä, ne on lisättävä HmlRaportit-ohjelman lähdekoodissa olevaan PROD_ALARMMS vakio taulukkoon, jotta ne tunnistetaan ohjelmassa tuotantohäiriöiksi.