

TUOTANTOKONEIDEN KÄYTTÖTEHOKKUUS

Sami Kauppinen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2012

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) KAUPPINEN, Sami	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 15.11.2012
	Sivumäärä 35 + 14	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ()
Työn nimi TUOTANTOKONEIDEN KÄYTTÖTEHOKKUUS		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn ohjaaja(t) KIVISTÖ, Hannu		
Toimeksiantaja(t) Ecocat Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli Ecocat Oy:n idean pohjalta rakentaa OEE -laskennan työkalu ja ottaa järjestelmä säännölliseen käyttöön. OEE perustuu Lean -ajattelutapaan, josta yrityksessä oli aloitettu projekti alkuvuodesta 2011.</p> <p>OEE, (Overall Equipment Effectiveness) on tuotantolinjojen tehokkuuden mittaustapa ja tunnusluku. OEE luku saadaan kun kerrotaan kolme suurta tekijää, Käytettävyys, Tehokkuus ja Laatu keskenään. Tuloksena saadaan prosentuaalinen tieto tuotannon kokonaistehokkuudesta, joka osoittaa, missä osin tuotantoa olisi syytä mahdollisesti parantaa.</p> <p>Tavoitteena oli kehittää OEE:n laskentatyökalu, johon otettaisiin mukaan mahdollisimman monta ja selkeää tuotantolinjakokonaisuutta. Laskentatyökalun rakentamisen jälkeen tulokset oli tarkoitus saada visuaaliseen muotoon, jotta niitä voitaisiin jatkossa helposti analysoida ja päästä mahdollisten ongelmanaiheuttajien jäljille. Lisäksi saatuja tuloksia oli tarkoitus käsitellä yrityksen johdossa kuukausittain, osana tuotannon mittareita.</p> <p>Työn toteutuksessa on käytetty useaa eri tietokantaa ja ohjelmistoa, koska yhtä selkeää kokonaisuutta ei ollut olemassa. Toteutus on ollut pääsääntöisesti manuaalista työtä ja työkalu on käytännössä kokonaan itse rakennettu, OEE:n teoriaa mukaillen.</p> <p>Opinnäytteen tuloksena syntyi työkalu, jolla tuotantokoneiden kokonaistehokkuus saadaan mitattua. Tulokset ovat saatavilla visuaalisessa muodossa ja niitä on siten helppo analysoida.</p> <p>Opinnäyte käsittää tutkimusta, kehitystä, suunnittelua ja pohdintaa, ja on näin ollen monipuolinen kokonaisuus.</p>		
Avainsanat (asiasanat) OEE, Käytettävyys, Tehokkuus, Laatu		
Muut tiedot Osittain salainen		



Author(s) KAUPPINEN, Sami	Type of publication Bachelors thesis	Date 15.11.2012
	Pages 35 + 14	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication ()
Title EFFICIENCY OF PRODUCTION MACHINES		
Degree Programme Mechanical and Production Engineering		
Tutor(s) KIVISTÖ, Hannu		
Assigned by Ecocat Oy		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to build OEE calculation tool and take the system for the regular use, based an idea of Ecocat Oy. OEE is based on the way of thinking called Lean, of which the company had started a project in early 2011.</p> <p>OEE (Overall Equipment Effectiveness) is simple, practical and powerful. It takes the most common sources of manufacturing productivity losses and places them into three categories: Availability, Performance and Quality. In doing so, it distills complex production data into simple understandable metrics that provide a gauge for measuring true manufacturing efficiency. It also forms the foundation for tools that help to improve productivity.</p> <p>The aim was to develop the OEE calculation tool, which includes as many clear production lines as possible. After that, the results were to get into a visual form, so that they could be analyzed easily. Besides, the results were to be described monthly with the company's management, as part of the production gauges.</p> <p>Implementation of the thesis has been used in a number of different databases and software. It has been mostly manual work and the tool is almost entirely self-built.</p> <p>As a result of this thesis became a tool, which allows the production of machinery performance can be measured. Results are available in visual form and are thus easy to analyze.</p> <p>The thesis includes research, development, planning and thinking, and is therefore a versatile package.</p>		
Keywords OEE, Overall Equipment Effectiveness, Availability, Performance, Quality		
Miscellaneous Partly secret		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	3
2	ECOCAT OY	6
3	OEE	10
3.1	OEE pähkinänkuoressa	10
3.2	OEE käytännössä	10
3.3	OEE:n laskenta	14
4	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUSPROSESSI	16
4.1	Tehtävä ja lähtökohdat	16
4.2	ARROW Machine Track	17
4.3	Suunnittelu	18
4.4	Tiedonkeruu ja laskentamallin rakentaminen	20
4.4.1	Laatu	20
4.4.2	Tehokkuus	21
4.4.3	Käytettävyys	23
4.5	Laskentamallin käyttöönotto	26
4.5.1	Viikoittainen laskentataulukko	26
4.5.2	Mitattavat kohteet	28
4.5.3	Graafinen esitys	29
5	TULOSTEN TARKASTELU	31
6	YHTEENVETO	32
	LÄHTEET	34

LIITTEET

LIITE 1. Ohje OEE:n laskentaan

LIITTEET 2-12 tietosuojallisista syistä salaisia

KUVIOT

KUVIO 1. Ecocat on globaali katalysaattoreiden valmistaja.....	7
KUVIO 2. Ecocat tuoteperheet.....	8
KUVIO 3. Ecocatin liiketoiminnan ja myynnin jakautuminen vuonna 2010.....	9
KUVIO 4. OEE:n ja kuuden suuren hävikin yhteys	12
KUVIO 5. PDCS -laaturaportin yhteenvetorivi erälle tuotteelle	21
KUVIO 6. Esimerkkihaku tietyn työlajin työtuntiraportille.....	24
KUVIO 7. Esimerkki työtuntiraportin hakutuloksesta	25
KUVIO 8. Malli työvaihekohtaisesta laskentataulukosta	27
KUVIO 9. Työvaiheen viikoittainen OEE graafisessa muodossa.	30

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Esimerkki OEE -luvun laskemisesta	14
---	----

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi katalyysaattoreita valmistava Ecocat Oy Laukaan Vihtavuorella. Ecocat Group on kansainvälinen ympäristöalan konserni ja yksi alan johtavista metallisten pakokaasukatalyysaattoreiden valmistajista ja tuotekehittäjistä.

Yrityksessä oli alkuvuodesta 2011 polkaistu käyntiin niin sanottu Lean -projekti, jonka tavoitteena on kehittää ja parantaa yrityksen toimintaa eri tavoin. Lean -ajattelumalliin sisältyy maailmalla yleisesti tunnetut termit, kuten Jatkuva parantaminen, Balanced scorecard, 5S ja OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Toyota kehitti Lean -tuotantojärjestelmän (jota kutsutaan myös Toyotan tuotantojärjestelmäksi), joka on aiheuttanut käytännössä kaikilla aloilla siirtymisen Toyotan valmistusjärjestelmän ja toimitusketjun filosofiaan ja metodeihin viimeisen vuosikymmenen aikana. (Liker 2006)

Koska Lean oli yrityksessä vielä kohtuullisen tuntematon käsite, etenkin käytännön tasolla, oli sitä alettu purkaa pienemmistä osakokonaisuuksista. Aluksi kaavailuissa oli, että opinnäytetyöni tulisi käsittämään koko Lean -projektin kehittämistä. Tähän oli kuitenkin nimetty jo erillinen työryhmä ja kaiken lisäksi kokonaisuutena projekti olisi ollut kohtuuttoman laaja opinnäytetyöksi.

Käytännön tasolla Leanista otettiin aluksi käyttöön 5S, Japanissa kehitetty työpaikkojen organisointiin ja työmenetelmien standardointiin keskittyvä menetelmä, jonka tavoitteena on kasvattaa työn tuottavuutta. 5S:stä järjestettiin koulutuksia henkilökunnalle kevään ja kesän 2011 aikana, sisältäen teorian lisäksi myös käytäntöä, niin sanotun punalaputuksen muodossa.

5S (lajittele, suorista, kiillota, standardoi, ylläpidä), on sarja virheitä, puutteita ja vahinkoja käsitteleviä hukanpoistomenetelmiä. Tuossa parannusmenetelmässä viides kohta, ylläpito, on kiistanalaisesti vaikein. Se pitää neljä ensimmäistä kohtaa liikkeesä korostamalla välttämätöntä koulutusta, harjoittelua ja palkkioita, joita tarvitaan rohkaisemaan työntekijöitä ylläpitämään ja jatkuvasti parantamaan operaatioiden prosesseja ja työpaikan ympäristöä. Tämä urakka vaatii sitoutuneen johdon, asianmukaisen koulutuksen ja kulttuurin yhdistelmää, joka tekee ylläpidon kehittämisestä totunnaisen tavan lattiatasolta johtoportaiseen. (Liker 2006)

1. Seiri (lajittele)
2. Seiton (järjestä)
3. Seiso (puhdist)
4. Seiketsu (standardoi)
5. Shitsuke (ylläpidä)

5S:n lisäksi haluttiin lisää jotain konkreettista osana Leania. Niinpä sain ehdotuksena työni aiheeksi OEE -laskentaan perehtymisen ja järjestelmän kehittämisen.

Koska myöskään OEE:ta ei ollut koskaan aiemmin yrityksessä mitattu, täytyi liikkeelle lähteä täysin tyhjältä pöydältä. Ensimmäiset kysymykset olivatkin: Mitä mitataan? Miten mitataan? Mitä tietoja halutaan saada selville?

Alkukartoituksessa pohdittiin mitä kohteita mittaukseen tulisi ottaa mukaan ja mitä on ylipäättään järkevää mitata. Kaikkia kohteita ei kerta kaikkiaan edes pystyisi mittaamaan järkevällä tasolla.

Aiheen valinta osui kohdalleni luonnollisesti, koska yritys on sama, jossa tällä hetkellä työskentelen. Toimeksiantajan ehdotuksen lisäksi yksi syy aiheen valintaan on myös se, että kyseinen aihe liittyy useisiin koulussa käsiteltyihin asioihin ja termistöihin, joista koin olevan hyötyä työn edetessä.

Opinnäytetyön arvoiseksi työn tekee sen kohtuullinen laajuus ja tärkeys toimeksiantajalle. Aiheen myötä yritys saa käyttöönsä tutkimusmenetelmän/-järjestelmän, jollaista ei ole vielä koskaan aiemmin otettu käyttöön. Tutkimisen arvoiseksi aiheen tekeekin juuri se, että se palvelee sekä tekijäänsä, että toimeksiantajaa.

Aihe käsittää tutkimusta, kehitystä, suunnittelua ja pohdintaa, ja on näin ollen monipuolinen ja suhteellisen opettavainen kokonaisuus. Tässä työssäni en esittele yksityiskohtaisesti tekstissä mainittuja tuotantolinjoja, tietosuojallisiin syihin vedoten.

2 ECOCAT OY

Ecocat Oy kehittää ja valmistaa katalysaattoreita ja katalysaattorijärjestelmiä henkilöautojen sekä kevyiden ja raskaiden hyötyajoneuvojen, off-road koneiden sekä kiinteiden teollisuusmoottorien pakokaasujen puhdistukseen. Ecocatin pääkonttori ja Suomen tehdas sijaitsee Laukaan Vihtavuorella.

Ecocat Oy on entinen Kemiran tytäryhtiö. Ryhmä Vihtavuori nimen alla Vihtavuorella toimi 80-luvun alussa räjähdystarvike- sekä Silenta -kuulosuojaintoimintaa ja kunvientinäkömät alkoivat heiketä 80-luvun puolivälissä, ryhdyttiin tehtaalla etsimään korvaavaa tuotantoa. Vuoden 1985 lopulla Kemira julkisti autojen pakokaasukatalysaattorien tuotekehitysprojektin.

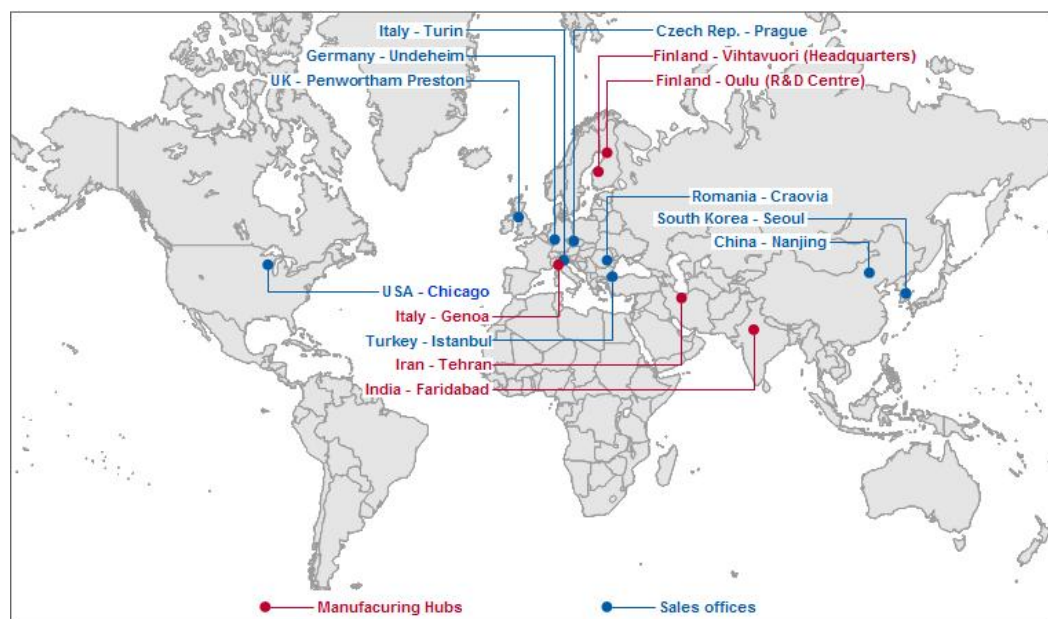
Ouluun perustettiin koetuotantoyksikkö, jossa aloitettiin katalysaattorien valmistus. Vuonna 1987 kehitysprosessi oli niin pitkällä, että Kemiran hallintoneuvos päätti pakokaasukatalysaattoreita valmistavan tehtaan rakentamisesta Vihtavuoreen ja koetuotanto alkoi 1988. Koetuotanto päättyi 1989 ja sarjatuotanto alkoi 1990.

90-luvun alussa avattiin markkinoita etenkin Keski-Euroopan autoteollisuuteen ja tuotekehitys ja pitkäjänteinen markkinointi alkoi näkyä yhtiön liikevaihdossa. Myös pienten polttomoottoreiden pakokaasukatalysaattorien tuotekehitys toi kasvua. Vuonna 1990 katalysaattoritoiminnasta tehtiin uusi tulosityksikkö: Kemira Specialty Products.

Vuoden 1994 alussa tulosityksikistä muodostettiin emoyhtiön kokonaan omistamia tytäryhtiöitä, jolloin katalysaattoriyksikkö yhtiöitettiin Kemira Metalkat Oy:ksi. 90-luvun lopulla maailmalla tajuttiin kasvihuoneilmiön olevan tosiasia, ja se vaikutti merkittävästi päästönormien kiristymiseen, ja sitä myötä uusien markkinoiden syntyyn.

Vuoden 1999 lopussa Kemiran hallitus päätti uusia liiketoimintastrategiaa siten, että konserni keskittyy jatkossa aloille, joiden kasvunäkymät ovat lupaavat, ja jotka ovat keskimääräistä vähemmän riippuvaisia talouden sykleistä.

Vuonna 2003 Kemira Metalkat muutti nimensä Ecocat Oy:ksi. Toukokuussa 2004 Kemira myi Ecocatin suomalaiselle pääomasijoitusyhtiö Ekvitec Partners Oy:n hallinnoimille rahastoille. Ja edelleen vuonna 2010 Ecocatin uudeksi omistajaksi tuli norjalainen sijoitusyhtiö Verdane Capital. Tänä päivänä Ecocat työllistää noin 300 työntekijää, joista Suomessa n. 120 henkilöä. Tuotantoa on Suomen lisäksi Italiassa ja Intiassa. Ecocatin liikevaihto vuonna 2010 oli noin 61 miljoonaa euroa. (Kuvio 1.)




KUVIO 1. Ecocat on globaali katalysaattoreiden valmistaja

Tuotteet, markkinat ja asiakkaat

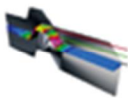







Kasvava huoli ilmaston tilasta ja sitä myötä moottoreiden kiristyvät päästövaatimukset takaavat katalysaattoreita valmistavan Ecocatin liiketoiminnalle uusia mahdollisuuksia nyt ja tulevaisuudessa. (Ecocat 2012)

Ecocatin katalysaattori on korkean teknologian tuote, jossa yhdistyvät metallitekniikka ja kemian prosessien hallinta. Uusia katalysaattorimalleja kehitetään jatkuvasti

kansainvälisille markkinoille erilaisiin käyttökohteisiin kuten henkilöautot, teollisuus, raskaat ajoneuvot, moottoripyörät sekä pienkoneet kuten ruohonleikkurit ja moottorisahat. (Kuvio 2). (EcoCat 2012)



Key Product Capabilities

		<p>EcoCat</p> <ul style="list-style-type: none"> Optimal durability by mechanical locking & brazing if needed Good fluid dynamics Easy integration into exhaust systems Customised in size and shape
		<p>POC</p> <ul style="list-style-type: none"> Maintenance free solution for efficient particulate emission reduction up to 70% As coated, enables a continuous regeneration of the product and a longer life length Low back pressure required compared to other filtering solutions
		<p>OCF</p> <ul style="list-style-type: none"> Unique, cost efficient coating technology Enables the use of different types of coating within the same substrate Wide range in cell densities and flexible manufacturing process
		<p>EcoXcell</p> <ul style="list-style-type: none"> Excellent durability Improved flow distribution & efficiency due to mixing properties

ECOCAT
Fresh Ideas - Cleaner Future™

KUVIO 2. EcoCat tuoteperheet

EcoCatin suurimpia asiakkaita ovat mm. eurooppalaiset kuorma-autovalmistajat MAN, Scania ja Volvo-Renault sekä henkilöautopuolella mm. intialainen Tata Motors, kiinalainen GreatWall ja iranilainen KEM. Teollisuuspuolella suurimpia asiakkaita ovat mm. suomalainen Wärtsilä sekä amerikkalainen Miratech.

Tällä hetkellä yrityksen suurin focus on Aasian markkinoille, joissa autojen valmistus ja pakokaasujen emissiorajat tulevat tiukkenemaan eniten seuraavan 10 vuoden aikana. Lisäksi tällä alueella asuu eniten ihmisiä, joilla taloudellinen tilanne tulee koventumaan huomattavasti tämän päivän tasosta. Se tarkoittaa sitä, että autoja tul-

laan myymään entistä enemmän ja tämä johtaa tietenkin myös kasvavaan katalysaattoreiden myyntiin.

Yhtiön myyntitoiminta on jaettu seuraavasti erillisiin business-alueisiin:

- Passenger & Light Commercial Vehicles
- Heavy Commercial Vehicles
- Small engines
- Aftermarket
- Industry (off-road)

Erilaisia tuotteita löytyy niin bensa, diesel, CNG (maakaasu) kuin teollisuuskatalysaattoreihin. Ecocatin strategiset ykkösvaihtoehtot ovat tällä hetkellä diesel ja CNG - ajoneuvot, joissa metalliset katalysaattorin parhaat ominaisuudet tulevat parhaiten esille. (Kuvio 3). (Ecocat 2012)



KUVIO 3. Ecocatin liiketoiminnan ja myynnin jakautuminen vuonna 2010

3 OEE

3.1 OEE pähkinäkuoressa

OEE, (Overall Equipment Effectiveness) on tuotantolinjojen tehokkuuden mittaustapa ja tunnusluku. OEE-luku saadaan, kun kerrotaan kolme tekijää; Käytettävyys, Tehokkuus ja Laatu, keskenään. Siitä käytetään myös suomenkielistä nimitystä KNL (**K**äytettävyys, **N**opeus, **L**aatu). OEE -tunnusluvun laskenta on määritelty PSK standardissa 7501 "Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut". (Wikipedia)

OEE -laskenta on yksinkertainen ja käytännöllinen tapa parantaa tuotantoa. Sen laskennassa käytetään tärkeimpiä ja tyypillisimpiä tuotantokatkojen syitä, asetetaan ne kolmeen pääkategoriaan (K, N, L) ja muutetaan numeerisiksi arvoiksi. Tuloksena saadaan prosentuaalinen tieto tuotannon kokonaistehokkuudesta, jonka tulos osoittaa, missä osin tuotantoa olisi syytä mahdollisesti parantaa.

3.2 OEE käytännössä

Tuottavuutta halutaan tavallisesti parantaa isoin askelin: ostetaan uusi kone, jolla tehtyjen tuotteiden valmistusaikoja verrataan aiempiin. Tekemiseen voi silti jäädä vanhan toimintatavan jäänteinä paljon tuhlausta: tehdään ylimääräisiä kappaleita, käytetään huonoja asetustapoja, tulee korjaamista tai hylättyjä tuotteita, tuotteiden siirtämistä paikasta toiseen, työkalujen tai materiaalien etsimistä, turhia välivarastoja, odottelua ja muita häiriöitä. Saattaa kulua jopa muutama vuosi ja huonontuvia tuotantolukuja selitetään käyntihäiriöiden ja kulumisen yhteisvaikutuksena. (Villanen 2009)

Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus eli OEE, tuo esille kaikki tuhlauksen lajit. Erityisesti käytettävyiden osalta tilanne kuvitellaan usein liian hyväksi: kuormitettua aikaa

syövät erilaiset tuotantoseisokit kuten konerikot, tauot, huollot ja asetukset. Käytettävyyteen, tehokkuuteen ja laatuun vaikuttavat tekijät ovat yleensä helposti ymmärrettäviä ja niistä saadaan kohtalaisen vaivattomasti tietoa. Parhaimmillaan OEE on yksinkertainen, käytännöllinen ja tehokas työkalu. (Villanen 2009)

Käytettävyys kertoo, kuinka paljon käytettävissä olevasta tuotantoajasta käytetään valmistettavien tuotteiden tekoon. Ennen käytettävyyden tarkastelua on selvitettävä suunniteltu tuotantoaika, mikä puolestaan koostuu yleensä työvuoron pituuden ja taukojen erotuksesta. Suunniteltu tuotantoaika sisältää tehottomat seisokkiajat, jotka saattavat pysäyttää suunnitellun tuotannon pitkäksi aikaa. Seisokkeihin lukeutuvat muun muassa laiteviat, materiaalipula ja asetusajat. Kun seisokit vähennetään suunnitellusta tuotantoajasta, saadaan selville tehollinen tuotantoaika eli käyntiaika. Vertaamalla tehollista tuotantoaika suunneteltuun tuotantoaikaan saadaan selvitettyä käytettävyys. Luku saadaan jakamalla toteutunut työaika lasketulla tuotantoajalla. Käytännössä käytettävyys on siis kuormitusajan ja seisokkien erotus, jaettuna kuormitusajalla. (Vorne Industries 2010)

$$\text{Käytettävyys} = \text{Tehollinen tuotantoaika} / \text{Suunniteltu tuotantoaika} \\ = (\text{Suunniteltu tuotantoaika} - \text{Seisokit}) / \text{Suunniteltu tuotantoaika}$$

Tehokkuustekijä vertaa toteutunutta tuotantonopeutta tavoitteelliseen tuotantonopeuteen. Se ottaa huomioon nopeushäviöt, jotka johtuvat alentuneista tuotantonopeuksista, joiden syitä voivat olla esimerkiksi laitteiden kuluneisuus, huonot raaka-aineet tai koneenkäyttäjän tehottomuus. Tehokkuuden maksimoinnin seurauksena laatu saattaa kärsiä. Tehokkuuteen vaikuttavat lyhyet pysäytykset, tauot ja tuotantolinjan nopeus. Käytännössä tehokkuus on siis ihanteellisen kappale-ajan ja tuotantomäärän tulo, jaettuna nimellistuotannolla. (Vorne Industries 2010)

$$\text{Tehokkuus} = \text{Tuotantomäärä} / \text{Optimaalinen tuotantokyky} * \text{Tehollinen tuotantoaika}$$

Laatutekijä ilmoittaa hylättyjen tai korjausta vaatineiden tuotteiden suhteen kaikkiin valmistuneisiin tuotteisiin. Virheellisten tuotteiden korjaukseen kuluva aika on yleensä pois johonkin toiseen työhön tarkoitettua kapasiteetista. Laatu koostuu tuotteiden virheistä, korjaustöistä ja uudelleenikäynnistämisen aikahäviöistä. Käytännössä laatu on siis tuotantomäärän ja hylättyjen kappaleiden erotus, jaettuna tuotantomäärällä. (Vorne Industries 2010)

$$\text{Laatu} = (\text{Tuotantomäärä} - \text{Virheelliset tuotteet}) / \text{Tuotantomäärä}$$

OEE on osa tuottavan kunnossapidon (TPM Total Productive Maintenance) paransuohjelmaa, jolla pyritään vähentämään tai pääsemään kokonaan eroon tuotantoa heikentävistä tekijöistä, joita kutsutaan yleisesti nimellä "Six Big Losses" (kuusi merkittävintä tuotantohävikkiä). Kuvio 4 havainnollistaa kuuden suuren tuotantohävikin yhteyttä tuotannon kokonaistehokkuuteen. (Plantrun 2011)



KUVIO 4. OEE:n ja kuuden suuren hävikin yhteys

Jos kaikki tuotannon osatekijät eli käytettävyys (K), nopeus (N) ja laatu (L) ovat hyvää tasoa 80%:

→ kokonaistehokkuus
 = $0,8 \times 0,8 \times 0,8$
 = 51%

Laitteen kokonaistehokkuus on siis vain puolet siitä, mitä se voisi oikeasti olla.

Käytännössä jokaista laitetta voidaan ajaa

- *hiljaa = kapasiteetin alarajoilla*
- *optimaalisesti = kapasiteetin parhaan toiminnan rajalla*
- *täysillä = kapasiteetin ylärajalla tai 10–20 % suunnitellun kapasiteetin yläpuolella.*

Tekniikan kehittyminen sallii sen, että laitteen omistaja voi hakea laitteistolle erilaisia ajomalleja.

- *Laitteisiin ja konelinjoihin on oltava asennettuna anturointi, jolla seurataan laitteen toimintaa tai sen toimimattomuutta (Vrt. auton ajotietokone tai Formula 1 -kisoissa varikon tietokoneseuranta).*
- *Anturoinnin tarkoituksena on kertoa käyttäjälle koneen kaikki ominaisuudet ja tila.*

Optimaalinen ajotapa

- *optimi = kapasiteetin parhaan toiminnan raja*
- *tällöin tuotteen laatu on yleensä hyvä:*
 - *hukka vähäisin*
 - *vauriot vähäisiä*

Optimaalisen ajotavan löytyminen vaatii tietoa:

- *miten kone on toiminut*
- *miten käyttäjät ovat toimineet*
- *miten kunnossapito on hoidettu*
- *miten puhdistus on hoidettu*
- *mikä oli syntynyt laatu ja oliko hävikkejä tai virheitä (Edu.fi 2011)*

Käytännössä OEE on tuotannon keskeinen tunnusluku, jonka mittaamiseen ja kehittämiseen voidaan sitouttaa parhaimmillaan koko henkilöstö. Koneenkäyttäjät ovat avainasemassa päivittäisen tiedon hyödyntämisen kannalta. Myös kunnossapidolla on keskeinen rooli tuotantolaitteiden käytettävyyden varmistamisessa. OEE:n tarkoitus ei ole kuitenkaan kritisoida työntekijöitä vaan parantaa koneen tai prosessin toimintaa. OEE on yhteinen mittari, joka määrää oikean suunnan jatkuvalle kehittämiselle minimoiden osaoptimoinnin.

3.3 OEE:n laskenta

Yleisesti tuotantolaitosten OEE -lukuja verrataan niin sanottuun ”World Class” -tasoon, jonka suuruudeksi on määriteltä 85 % tai enemmän. Yli 80 % OEE -luku tarkoittaa, että tuotantolinja toimii tehokkaasti, tauot ovat jaksotettu, huollot ja korjaukset ovat nopeita, kuin myös asetukset, joita tehdään vain harvoin. Laajalti tehdyt tutkimukset kuitenkin osoittavat valmistavan teollisuuden OEE -luvun hyvän keskitason olevan noin 60 %. (Novotek Oy 2011 & Vorne Industries 2010)

Alapuolelle olen lisännyt taulukon kuvitteellisine laskuesimerkkeineen, havainnollistamaan kuinka kokonaistehokkuus lasketaan.

TAULUKKO 1. Esimerkki OEE -luvun laskemisesta. (vrt. Vorne Industriesin esimerkki)

Vuoron pituus	8 tuntia = 480 minuuttia
Lyhyet tauot	2 x 15 min. = 30 min.
Lounastauko	1 x 30 min. = 30 min.
Suunnittelemattomat seisokit	45 minuuttia
Optimaalinen tuotantokyky	30 kpl/min
Tuotantomäärä	10 000 kpl
Hylätyt/korjatut tuotteet	600 kpl

Suunniteltu tuotantoaika = (Vuoron pituus – Tauot) = (480 – 60) = 420 minuuttia

Tehollinen tuotantoaika = (Suunniteltu tuotantoaika – Seisokit) = (420 – 45) = 375 minuuttia

Hyväksytyt tuotteet = (Tuotantomäärä – Virheelliset tuotteet) = (10 000 – 600) = 9400 kappaletta

Jolloin,

Käytettävyys = Tehollinen tuotantoaika / Suunniteltu tuotantoaika
 = 375 min / 420 min = 0,89285
 ≈ **89 %**

Tehokkuus = (Tuotantomäärä / Tehollinen tuotantoaika) / Optimaalinen tuotantokyky
 = (10 000 kpl / 375 min) / 30 kpl/min = 0,88889
 ≈ **89 %**

Laatu = (Hyväksytyt tuotteet – Tuotantomäärä)
 = 9400 kpl / 10 000 kpl = 0,94000
 ≈ **94 %**

OEE = Käytettävyys x Tehokkuus x Laatu
 = 0,89 x 0,89 x 0,94
 = 0,744574
 ≈ **74 %**

Taulukon 1 esimerkistä voi havaita käytettävyyden, tehokkuuden ja laadun olevan yksittäin hyvää tasoa. Tuotannon kokonaistehokkuutta parannettaessa on kuitenkin syytä muistaa, että OEE:n osatekijät muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden.

Jos kiinnitetään huomiota vain yhden osatekijän huippuun saamiseen, saattaa toinen osatekijä kärsiä. Samaisen havainnon on tehnyt myös Jaana Ala-Sankila omassa opinnäytetyössään vuonna 2009. (Ala-Sankila 2009)

4 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUSPROSESSI

Ongelmanasettelun keskeinen vaihe oli selvittää, miten mitattavaa tietoa saa irti mitattavilta kohteilta. Jotkin tuotantokoneet on kytketty suoraan käynti- ja häiriöaikoja seuraaviin ohjelmistoihin, kun taas joiltain koneilta tietoa saadaan ainoastaan työntekijöiden käsin kirjoittamasta seurantalomakkeesta. Lähtökohtaisesti eniten haastetta tuottaisi löytää yhteinen tapa kerätä dataa kaikilta koneilta, jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia ja vertailukelpoisia, ja edelleen OEE:n laskeminen olisi ylipäätään mahdollista. Toimeksiantajan puolesta sain vapaat kädet ideoinnin ja toteutuksen suhteen. Oleellisinta olisi päästä käsiksi useammasta viikosta muodostuvan trendin seuraamiseen, eikä ainoastaan erillisten viikkojen yksittäisiin tuloksiin.

4.1 Tehtävä ja lähtökohdat

Toimeksiantona minulla oli laatia Lean-ajattelumalliin pohjautuen tuotannon mittari, tarkemmin sanottuna kehittää OEE-luvun laskentatyökalu. Koska yrityksessä oli tällaisia tuotannon mittareita käytössä hyvin vähän, hädin tuskin laisinkaan, koettiin se tärkeäksi palaseksi osana Lean-projektia ja sen myötä kehittämään Jatkuvaa parantamista.

Lähtökohdat opinnäytetyölleni oli melko haastavat, koska työtä täytyi alkaa rakentaa täysin puhtaalta pöydältä. Mitään aiempaa vertailukohtaa saati kokemusta vastaavasta aiheesta minulla ei ollut hyödynnettäväksi. Aluksi perehdyin OEE -termiin syvällisemmin, mitä se tarkoittaa ja mitä sen on tarkoitus osoittaa.

Otettuani selvää mitä OEE tarkoittaa, aloin kartoittaa sen soveltuvuutta käytäntöön ja lattia-tasolle. Kartoitimme toimeksiantajan kanssa alustavasti mitattavia kohteita, joita laskentaan haluttaisiin sisällyttää. Päädyin tarkastelemaan aluksi yksittäisiä tuotantokoneita, joilta tietoa olisi helpointa saada irti. Osa tuotantokoneista oli yhdistetty automaattisesti dataa keräävään järjestelmään nimeltä ARROW Machine Track. Tällaisia koneita talossa on vain murto-osa, noin kymmenkunta.

Näin ollen lähtökohdat hieman mutkistuivat, koska kaikista koneista, joita mittauksen seurantaan haluttiin, ei kyseistä järjestelmää löytynyt. Tavoitteena kun oli saada aikaan vertailukelpoinen ja luotettavia tuloksia antava laskentamalli.

Järjestelmän avulla päästään käsiksi todellisen käyttötehokkuuden arvioimiseen. Tämä OEE-luku (Overall Equipment Effectiveness) tai suomalaisittain KNL (käytettävyys, nopeus, laatu) paljastaa, millaisella teholla laitos käy.

Luettuani Jyväskyläläisen ARROW Engineering Oy:n kuvauksen OEE:sta heidän kotisivuiltaan, heräsi mielenkiintoni kuitenkin uudestaan kyseistä järjestelmää kohtaan. Tästä varsinainen opinnäytetyöprosessi vasta kunnolla alkoi.

4.2 ARROW Machine Track

Tehtaiden tuotantokoneiden piilevä tehokkuus on mahdollista saada käyttöön automaattisen koneseurannan avulla. Sen avulla saadaan esiin ja arvioitavaksi ongelmia, joita ei muuten havaittaisi.

Koneiden ja tuotantolinjojen signaalit voidaan poimia esimerkiksi suoraan koneiden ohjauksista, jolloin kustannukset pysyvät hallinnassa. Tiedonkeruun avulla koneiden todelliset käynti- ja häiriöajat kirjautuvat automaattisesti järjestelmään. Kerätyn tiedon avulla on helppo havaita ja poistaa pullonkauloja, joiden paikallistaminen olisi muutoin vaikeaa. Järjestelmän keräämän tiedon pitää olla luotettavaa, jotta voidaan tehdä oikeita toimia tuotannon kehittämiseksi. (Arrow 2012)

ARROW Machine Track on tehokas työväline tuotantokoneiden automaattiseen seurantaan. Järjestelmä kerää automaattisesti tietoa koneen käyttösuhteesta, häiriöistä, nopeudesta ja laadusta, suoraan tuotantokoneelta. Koneilta voidaan kerätä esim. I/O-, laskuri- ja pulssitietoa sekä analogista tietoa.

ARROW Machine Track tukee erilaisia raportointitarpeita. OEE-/KNL-mittarointi auttaa koko tuotantoprosessin kehittämisessä. Järjestelmän avulla voidaan saada selville myös kunnossapidon tunnusluvut (MTTR, MTBF, MWT, MDT). (Arrow 2012)

4.3 Suunnittelu

Lähdin suunnittelemaan laskentamallin rakentamista aluksi Arrowin antaman datan perusteella. Varsinaista OEE -raportoinnin ominaisuutta ei Ecocatin käytössä olevasta Machine Trackin versiosta löytynyt, mutta lukuja ja arvoja, joita itse soveltamalla saisi OEE -luvun laskettua, sai kyllä ulos. Soveltamalla käynti- ja häiriöaikoja OEE:n kaavaan, sain tulokseksi suhteellisen järkeviä lukuja jo työn varhaisessa vaiheessa.

Kahden viikon hahmottelun ja testauksen jälkeen olin saanut kasaan jo jonkinlaisen OEE:n laskentamallin viideltä eri tuotantokoneelta. Nämä kaikki viisi konetta olivat kytkettyinä Machine Track -järjestelmään. Tutkailtuamme aikaansaatuja tuloksia toimeksiantajan edustajan kanssa, päätimme lähteä laajentamaan mittausta useammille tuotantokoneille. Otin tarkasteltavaksi lisää yksittäisiä tuotantokoneita, kone kerrallaan. Kartoituksen edetessä törmäsin seuraavaan suurehkoon haasteeseen, paremminkin esteeseen. Koneet, joilta OEE -luvun laskemiseksi tarvittavaa dataa oli seuraavaksi tarkoitus alkaa kerätä, eivät olleet kytkettyinä Machine Track -järjestelmään. Tässä kohtaa otimme aikalisän ja istuimme alas pohtimaan, kuinka seuraavaksi tulisi edetä.

Päätin jatkaa tulosten keräämistä tuotantokoneilta, joihin Machine Track oli kytkettyinä. Pikkuhiljaa oli tarkoitus kuitenkin laajentaa kenttää ja ottaa tarkastelun alle

useampia eri tuotantokoneita. Koska Machine Track -ohjelmisto oli sidottuna vain satunnaisiin yksittäisiin koneisiin, aloin pohtia, josko olisi järkevämpää alkaa keskittymään konekokonaisuuksiin ja tuotantolinjoihin, eikä vain yksittäisiin tuotantokoneisiin. Esitin ajatukseni toimeksiantajan edustajalle ja hän oli asiasta kanssani hyvin pitkälti samaa mieltä. Tarkastelujen jälkeen havaitsin, että Machine Trackiin kytketyt tuotantokoneet kattaisivat vain kaksi selkeää konekokonaisuutta ja työpistettä. Määrällisesti tämä olisi auttamatta liian suppea, kun tarkoituksena on mitata koko tuotannon tehokkuutta. Olkoonkin, että data jota Machine Trackin kautta ulos sain, oli käyttökelpoista ja melko luotettavaa sellaisenaan jatkojalostusta varten.

Tässä kohtaa aloin vähitellen luopua ajatuksesta siitä, että voisin hyödyntää täysin Machine Trackista ulos saatavaa dataa ja alkaa kehittää laskentatyökalua ainoastaan sen pohjalta. Seuraava askel olikin miettiä, kuinka kerätä dataa koneilta, joihin kyseinen järjestelmä ei ollut kytkettyinä.

Ryhdyin hahmottelemaan kokonaisuutta uudessa valossa. Pelkästään yksittäisten tuotantokoneiden OEE:n mittaaminen ei olisi järkevää tuotannon kokonaistehokkuuden seurannan kannalta. Kuten toimeksiantajan edustajan kanssa olimme aiemmin pohtineet, siirryin tarkastelemaan mitä eri työpisteitä, työvaiheita, tuotantolinjoja tai konekokonaisuuksia olisi mahdollista sisällyttää tulevan OEE -laskennan piiriin. Sain aluksi kasaan kuusi eri työvaihetta, jotka olivat mielestäni selkeästi hahmotettavia kokonaisuuksia. Näistä kuudesta työvaiheesta kaksi oli sellaisia, joiden sisältämistä koneista olin jo aiemmin saanut dataa ulos Machine Trackin avulla. Koska neljä muuta työvaihetta oli järjestelmän ulkopuolella, täytyi alkaa hahmottelemaan kokonaisuutta yhtenäistä tapaa, jolla kerätä tietoa näistä kaikista työvaiheista. Tapaa, joka olisi nimenomaan täysin samanlainen kaikkien mitattavien kohteiden kohdalla. Tämä tulisi olemaan oleellisin seikka jatkoakin ajatellen, tuotannon kokonaistehokkuuden luotettavan seurannan näkökulmasta. Sovimme toimeksiantajan kanssa, että OEE -lukua alettaisiin laskea viikkotasolla, ei päiväkohtaisesti.

4.4 Tiedonkeruu ja laskentamallin rakentaminen

Aloitin tiedonkeruun perehtymällä ohjelmiin ja tietokantoihin, joita yrityksessä oli tuotannon puolella käytössä. Lähestyin asiaa ensisijaisesti OEE:n näkökulmasta; Kuinka saisin selville laadun, tehokkuuden ja käytettävyyden laskentaan vaadittavaa tietoa?

4.4.1 Laatu

Laadun olemusta voidaan ymmärtää tarkastelemalla sitä eri näkökulmista, joita ovat valmistus, suunnittelu, asiakas ja ympäristö. Voidaan ajatella, että laatuun kohdistuu erilaisia vaatimuksia eri tahoilta. Nämä vaatimukset ovat laatutyön tavoitteita ja laatu arvioidaan sen perusteella, miten näiden tahojen vaatimukset täyttyvät. Valmistuskeskeinen näkemys laadusta tarkoittaa hyödykkeiden virheettömyyttä, että ne on valmistettu annettujen spesifikaatioiden mukaisesti. (Wikipedia, Laatu)

OEE -laskennassa nimenomaan valmistuskeskeinen näkemys laadusta on se näkemys, johon halusin opinnäytetyössäni paneutua. Otin laadun selvittämisen työn alle ensimmäisenä, koska koin että sen laskeminen olisi selkeintä ja dataa helpoiten saatavissa. Yrityksen tuotannossa on käytössä kaksi eri järjestelmää, joista koin saavani laadun laskettua; Protacón Groupin tuotannonohjausjärjestelmä PDCS (Production Data Collection System) sekä Ecocat Tiedonkeruu. Työpistekohtaisten käyttöliittymien vuoksi nämä kaksi eri ohjelmaa ovat käytössä erilaisten tuotteiden valmistuslinjoilla.

Edellä mainittujen järjestelmien laaturaporteista sain haettua aikaväli -rajauksella valmistuneet kappaleet sekä hävikin. Työvaiheesta riippuen määrä ilmoitetaan joko kappaleina tai kilogrammoina (Kuvio 5). Kun suhteutetaan valmistuneiden kappaleiden (tai kilojen) kokonaismäärä korjattujen ja hylättyjen määrään, saadaan laatu prosentteina mitattavalta ajanjaksolta, tässä tapauksessa viikon ajalta.

Yhteensä	4995.0	93	1,00
Valm. Yhteensä	1048,95 kg		
	1665,00 kpl		
Hävikki/korjaus		1,86 %	0,06 %

KUVIO 5. PDCS -laaturaportin yhteenvetorivi eräälle tuotteelle

Kokeilin tätä toimenpidettä molemmilla tiedonkeruujärjestelmillä, useammalta eri tuotantolinjalta. Tein laskennan helpottamiseksi Excel-taulukkoon kaavan, johon syöttämällä arvoja, sain tulokseksi järkeviä ja luotettavan oloisia laatuprosentteja. Laadun osalta olin nyt saanut aikaiseksi järkevän ja yhtenäisen menetelmän, joka toimii samanveroisesti kaikilta eri työvaiheilta, joita oli tarkoitus ottaa mukaan viikoittaiseen OEE -laskentaan.

4.4.2 Tehokkuus

Yleisesti tuotannon tuloksista kiinnostavimmat ovat tuotannon laajuus ja tuotannon tehokkuus. Tuotantoa koskeva data on tarkimmillaan yritystasolla ja kun sitä yhdistellään toimialan ja kansantalouden tilastointia varten, menetetään jossain määrin tiedon tarkkuudessa. Tämän vuoksi myös tuotannon tulosten esittämisessä on eroja, vaikka tuotannon tuloksen muodostumisen mekanismi on aina sama. (Wikipedia, tehokkuus)

Tehokkuus oli OEE -luvun kolmesta tekijästä minulle se kaikista vaikein selvitettävä arvo. Kun olin todennut, ettei Machine Trackia voi käyttää vertailukelpoisten tulosten saamiseksi, oli jälleen palattava takaisin lähtöruutuun. Lähdin tutkailemaan yrityksen sisäistä tietokantaa ja etsimään materiaalia työntutkimuksista. Sain kuulla, että yrityksessä vierailee silloin tällöin niin sanottu ”kellokalle”, eli työntutkija, joka laskee yksikköaikoja ja yksikkökustannuksia. Hän piti yllä tiedostoa standardiaikajärjestelmistä. Taulukoista löytyi listattuna tuote- ja tuotantolinjakohtaisesti yksikköaikoja

sekä konekapasiteetilaskelmia. Kokeilin hyödyntää työntutkijan taulukoita siten, että laskisin tehokkuutta tuotteiden ideaaliaikojen pohjalta. Ideaaliajan (tuntia/kappale), sain suoraan taulukosta. Sovelsin ideaaliaikaa yhtälöön, jossa se suhteutetaan valmistuneiden kappaleiden määrään ja ideaaliajan tuloon. Haastavuutta tilanteeseen toi se, että työntutkijan laskemat standardiajat tuotteille oli esitetty senttiminuutteina (cmin).

Ideaaliaikojen kanssa kikkailu ei kuitenkaan tuntunut luontevalta tekniikalta. Oli siirryttävä miettimään toista keinoa tehokkuuden laskemiseksi. Päätin lähestyä tehokkuuden laskentaa tuotantopalkkiolaskelman näkövinkkelistä. Perehdyin syvällisemmin yrityksen tuotantopalkkion laskentatapaan ja siihen, mistä luku koostuu. Hyvin nopeasti minulle selvisi, että laskelmassa palkkiot jakautuivat työvaihekohtaisesti, aivan kuten OEE -laskentakin tulisi jaotella. Tuotantopalkkiolaskelma pohjautui osittain työntutkijan standardiaikataulukoihin ja sitä suhteutettiin käytettyihin työtunteihin ja työlajeihin, työpisteittäin ja tuotteittain. Sain kahden viikon välein laskettavasta tuotantopalkkiolaskelmasta kätevän työkalun, jota sain suoraan hyödynnettyä OEE:n tehokkuuden laskemiseen. Palkkiolaskelmaa hyödyntämällä vältin turhan välivaiheen standardiaikojen etsimiseen ja joutuisuusprosenttien laskemiseen. Tuotantopalkkion suoritustaso määräytyi 100 % joutuisuudella, mutta OEE:n raamien mukaan tehokkuus tuli laskea 120 % joutuisuudella. (Nieminen 2011)

Niinpä otin laatuprosentin tavoin Excel -taulukkoon sovellettavaksi laskukaavan, jossa tehokkuus määräytyisi suoraan tuotantopalkkion työvaihekohtaisesta suoritustasosta. Tehokkuuden sain siis tuotantopalkkiolaskelman suoritustajan ja 120 % joutuisuuden suhteesta. Jos esimerkiksi tietyn työvaiheen suoritustaso on 118, jaetaan se 120 % joutuisuudella. Näin saadaan tehokkuudeksi 98,3 %. Tämä oli tutkimistani keinoista paras ja oikeastaan ainoa järkevä tapa laskea tehokkuutta. Ennen kaikkea menetelmä tuntui toimivalta siksi, koska laskentatapa olisi samanlainen kaikille työvaiheille ja tulokset näin ollen vertailukelpoisia toisiinsa nähden. Ainoana miinuspuolelana tässä laskentatavassa on se, että uusi tuotantopalkkiolaskelma tehdään yleensä

kahden viikon välein, tilikatkojen yhteydessä. Niinpä samaa suoritustasoa on käytettävä kahden eri viikon tehokkuuden laskennassa. Suoritustaso ei yleisesti kuitenkaan kahdessa viikossa juurikaan radikaalisti vaihtele, joten sitä voi huoletta pitää luotettavana laskennan lähteenä. Tähän menetelmään sain siunauksen myös työtäni ohjanneelta toimeksiantajan edustajalta. (Nieminen 2011)

4.4.3 Käytettävyys

Tuotantoympäristöissä käytettävyydellä tarkoitetaan yleensä järjestelmien teknistä toimivuutta ja toimivuusastetta. Teknisissä standardeissa (esimerkiksi PSK 6201) käytettävyydellä (availability) tarkoitetaan vain käytettävyyttä ajan suhteen. (Wikipedia, käytettävyys)

OEE:n kolmesta tekijästä minulla oli eniten lähestymisvaihtoehtoja käytettävyyden laskemiseksi. Käytettävyys koostuu käytännössä koneen todellisen käyntiajan ja suunnitellun työajan suhteesta. Todellinen käyntiaika kattaa kuormitusajan ja seisokien yms. taukojen erotuksen. Koneen todellisen käyntiajan sai selville tarkimmillaan ainoastaan Machine Trackista ja siihen kytköksissä olevilta yksittäisiltä tuotantokoneilta. Oli siis keksittävä jälleen toinen keino sen saamiseen, ja mieluiten työvaihekohtaisesti. Koneen käyntiaikaa laskiessa täytyi muistaa, että tarkastellaan työpisteitä kokonaisuuksina. Tämä tuotti haasteita, koska mitään suoraa reittiä ajan laskemiseksi ei tuntunut löytyvän.

Sain ajatuksen, josko voisin hyödyntää työntekijöiden tuntikirjausjärjestelmää, Futeco Oy:n Hertta -sovellusta. Työntekijät kirjaavat Herttaan työtuntinsa, työlajin ja työnumeron. Tarkastelin millaista tietoa saisin ulos järjestelmän työtuntiraporteista. Hakuetoja pystyi rajaamaan useampia. Valitsin haluamani ajanjakson, tässä tapauksessa viikon kerrallaan, sekä työlajin. (Kuvio 6)

Tapahtumien hallinta

Päivämäärävali:
 22.10.2012 - 26.10.2012

Henkilönumero Työnumero Työlaji
 * * 15

Haettaessa tietoja raporttiin *-merkki tarkoittaa mitä tahansa merkkijonoa ja ?-merkki tarkoittaa mitä tahansa merkkiä. (Esim. Henkilönumerokentässä on pelkästään *-merkki -> raporttiin otetaan mukaan kaikki henkilöt. Henkilönumerokentässä on merkit 550* -> raporttiin otetaan mukaan kaikki 550-alkuiset henkilöt. Henkilönumerokentässä on merkit 55??6 -> raporttiin otetaan mukaan kaikki sellaiset henkilöt, jotka alkavat merkeillä 55 ja päättyvät merkkiin 6.)

Katso raportti **Tulosta raportti**

KUVIO 6. Esimerkkihaku tietyn työlajin työtuntiraportille

Raportista kävi selkeästi ilmi tunnit, joita tietyllä työlajilla oli kirjattu viikon aikana (Kuvio 7). Työlajit olivat samoja, joita tuotantopalkkiolaskelmassa esiintyy. Suurin osa työlajeista oli myös niitä, joita olin kaavaillut ottavani mukaan OEE -laskentaan. Koneilin hakua useammalle eri työlajille ja eri ajanjaksoilta. Tunnit vaikuttivat järkeviltä ja suhteellisen luotettavilta, joten niinpä lähdin jalostamaan tätä ideaa eteenpäin. Koska laskentaa ei ollut tarkoitus tehdä konekohtaisesti, oli koneen käyntiaika näin ollen muotoa tietyn työvaiheen, tietylle työlajille kirjatut tunnit. Tämä osoittautui jälleen toimivaksi tavaksi sen vuoksi, että laskentamenetelmä olisi yhtenäinen ja kaikille mitattaville kohteille samanlainen.

Työnro	Työlaji	Tunnit
30748	15	0,9
11008	15	0,13
11008	15	7,87
11008	15	2
11008	15	0,06
11008	15	7,94
11011	15	0,1
11011	15	7,9
11009	15	3
11009	15	4
Tunnit yht.		33,9

KUVIO 7. Esimerkki työtuntiraportin hakutuloksesta

Suunnitellun työajan laskemiseksi minulla ei ollut ennakkoon mitään selkeää mielikuvaa. Päiväkohtaisen suunnitellun työajan laskeminen kuulosti jo alkuunsa mahdottomalta ajatukselta, joten lähdin tarkastelemaan tätäkin viikkotasolla. Oivalsin, että voisin lähteä kokeilemaan, josko työntekijöiden vuorojakoa voisi jotenkin hyödyntää tässä asiassa. Vuorojako tehdään viikoksi kerrallaan, aina edellisen viikon torstaihin mennessä. Vuorojakoon on jaoteltu selkeästi työvaiheet, joihin henkilöt on sijoitettu omiin vuoroihinsa ja työpisteisiinsä. Lähestyin asiaa niin, että suunniteltu työaika tulisi kaavasta; työpisteellä olevien työntekijöiden määrä kerrottuna yhden henkilön päivittäisillä työtunneilla. Päivittäinen työtuntimäärä olisi 7 h, eli normaalista kahdeksasta työtunnista on vähennetty lakisääteiset tauot pois. Yhden henkilön viikkokohtainen suunniteltu työtuntipanous olisi siis 7 h kerrottuna viidellä työpäivällä. Mikäli työvaihetta tehdään kolmessa vuorossa ja työntekijöitä on työpisteellä vuorossaan esimerkiksi kaksi (yhteensä kuusi henkilöä), on työvaiheen viikon suunniteltu työaika $6 \text{ hlö} \times 7 \text{ h} \times 5 \text{ d} = 210 \text{ h}$.

Käytettävyyssprosentti saadaan näin ollen jakamalla koneen todellinen käyntiaika (tietyn työvaiheen, tietyille työlajille kirjatut tunnit) suunnitellulla työajalla. Tämä tuntui toimivalta laskentatavalta ja olisi jälleen samanlainen ja tasapuolinen kaikille mitattaville työvaiheille. Mikäli suunniteltu työaika on huomattavasti suurempi suhteessa koneen todelliseen käyntiaikaan, voi syynä olla esim. työntekijöiden sairastuminen kesken kuluva viikkoa. Tätä ei tietenkään voi tietää ennakkoon kun vuorojako suunnitellaan, mutta on helposti perusteltavissa, kun saatuja tuloksia analysoidaan ja tutkaillaan. Esittelin käytettävyyden laskentamalliani toimeksiantajalle ja hän oli sitä mieltä, että tätä voitaisiin käyttää OEE:n laskennassa. Menetelmä oli selkein ja tasavertaisin, muttei kuitenkaan millään tavalla automatisoitavissa.

4.5 Laskentamallin käyttöönotto

Ennen varsinaista käyttöönottoa minun oli tehtävä järjestelmän käyttöönottotestauksia. Kaikille kolmelle OEE:n tekijälle oli nyt siis olemassa toimivaksi todettu laskentatapa. Seuraava askel oli yhdistää nämä tekijät yhtenäiseksi laskentamalliksi. Koska kaikki lähteet olivat tavalla tai toisella itse luotuja, oli myös yhdistäminen tehtävä alkuvaiheessa täysin manuaalisesti. Päätin lähteä rakentamaan laskentamallia Microsoftin Excel -taulukkolaskentaohjelmalla.

4.5.1 Viikoittainen laskentataulukko

Ensimmäinen OEE -laskentaan mukaan otettava työvaihe oli nimeltään Robottipinnoitus. Loin uuden Excel -taulukon ja nimesin sen tarkasteltavan viikon mukaan. Tein taulukon eri soluihin listauksen arvoista, joita keräsin laskentamallia rakentaessani. Arvotaulukon alle aloin rakentaa uutta taulua, johon OEE -lukuun vaikuttavat kolme tekijää oli listattuna, ja näiden viereen laskukaavan, joka laskee arvot yläpuolella olevista lukemista. Lisäksi otin samaan taulukkoon mukaan kaksi arvoa, jotka eivät OEE -lukuun vaikuta, mutta ovat myös tarkastelun arvoisia ja suhteellisen helposti laskettavissa. Nämä kaksi arvoa ovat Käyttösuhde ja PPM -luku. Käyttösuhteen laskin ko-

neen käyntiajan ja normaalin koneen käyntiajan suhteesta. Normaalin koneen käyntiajan puolestaan laskin aivan kuten suunnitellun työajan, huomioimatta työntekijöiden taukoja ja viikoittaista työvoimaa. Normaali koneen käyntiaika on siis täyden kahdeksan tunnin työpäivän ja työpisteen ihanteellisen kuormituksen (täystyöllistetty työvaihe) tulo. PPM -luku puolestaan ilmoittaa kuinka monta kappaletta miljoonasta on epäkurantteja. Taulukossa luku saadaan helposti laatuprosentin takaa. PPM -luvun otin mukaan laskentaan yrityksen laatupäällikön pyynnöstä. (Kuvio 8)

Kone	Robottipinnoitus		
Viikko	26		
Normaali koneen käyntiaika (h)	120		
Suunniteltu työaika (h)	84		
Koneen käyntiaika (h)	66,42		
Valmistuneet kappaleet	2258	Suoritustaso	117,8
Ideaaliaika h/kpl	0,007222	Std. 120%	120
Valmistuneet kpl x ideaaliaika	16,307276		
Korjatut + hylätyt kappaleet	36		
Käyttösuhde	55,4 %		
Käytettävyys	79,1 %		
Tehokkuus	98,2 %		
Laatu	98,4 %		
OEE	76,4 %		
ppm (parts per million)	15943		

KUVIO 8. Malli työvaihekohtaisesta laskentataulukosta

Edellä esitetty esimerkkikuva havainnollistaa ja tiivistää hyvin aiemmin mainitsemiäni termejä ja arvoja, mistä luvut tulevat ja kuinka niitä lasketaan. Jätin yläpuolen lähtötietotaulukkoon tarkoituksella mukaan harmaalla pohjalla olevat kentät. Tämä vain omaksi avukseni, jotta saatoin helposti verrata kuinka ideaalijaoilla laskettu tehokkuus poikkeaisi tuotantopalkkioon pohjautuvasta tehokkuuden laskennasta. Kuvan oikeassa laidassa näkyvä suoritustaso -sarake on juurikin Robottipinnoituksen suoritustaso viimeisimmästä tuotantopalkkiolaskelmasta.

Tiivistettynä, yläpuolen taulukko sisältää käytännössä käsin syötettyjä ja manuaalisesti laskettuja lähtöarvoja, kun taas alapuolen taulukko sisältää laskukaavat, jotka laskevat OEE:n kolme tekijää ja itse OEE -luvun edellä mainituista lähtöarvoista. Tie-

toja on helppo päivittää kun samaan Excel -tiedostoon lisää uusia välilehtiä, ja nimeää ne tarkasteltavan viikon mukaisesti.

Pari viikkoa Robottipinnoitusta pyöriteltyäni päätin ottaa saman Excel -taulukon periaatteet mukaan myös muiden mitattavien kohteiden OEE -laskentaan. Laskentamalli tuntui kokoajan sitä toimivammalta, mitä useampia kohteita laskentaan otti mukaan. Saadut tulokset olivat vertailukelpoisia keskenään. Toisaalta, myös manuaalisen työn määrä suhteessa mitattavien kohteiden määrään kasvoi koko ajan. Tämä oli täysin ymmärrettävää, olihan kyseessä täysin itse rakennettu laskentamalli, joka vasta myöhemmässä vaiheessa tultaisiin ottamaan virallisesti käyttöön. Matkan varrella sain kuitenkin lisättyä pieniä ”automatisoivia” hienosäätöjä viikoittaista laskentaa helpottamaan (esimerkiksi makroja ja laskukaavoja).

4.5.2 Mitattavat kohteet

Todettuani, että Robottipinnoituksen osalta laskentamalli toimii, aloin luoda vastaavaa työkalua myös muille suunnitelmissa mukana olleille työvaiheille. Koska periaate oli selvillä, sain suhteellisen joutuisasti kasaan seitsemän eri mitattavan työvaiheen OEE -laskentamallin. Muutamassa tapauksessa laskentakaavio erosi ainoastaan siten, että valmistuneet kappaleet olivat kilogrammoina. Tämä ei kuitenkaan tuottanut ongelmaa laatuprosentin laskemiseen, koska myös korjattujen ja hylättyjen määrän yksikkö oli sama. Lopullisen OEE -laskennan piiriin otin mukaan kymmenen selkeää työvaihekokonaisuutta, jotka kattavat useampia tuotantokoneita.

Mitattavat kohteet ovat:

- EcoCat -rullaus
- Imeytys (Rh & Pt)
- Isojen kennojen pinnoitus
- MAN -pinnoitus
- MAN -kokoontehitys

- Pd -imeytys & kuivaus
- Robottipinnoitus
- Rypytys
- Samand kokoonpano
- Tukiaineen levitys

Edellä mainituista kohteista kolme olivat sellaisia, jotka otin mukaan laskentaan myöhemmässä vaiheessa. Tässä työssäni en esittele erikseen tuotantolinjoja tai kerro työvaiheista yksityiskohtaisesti, tietosuojallisista syistä johtuen.

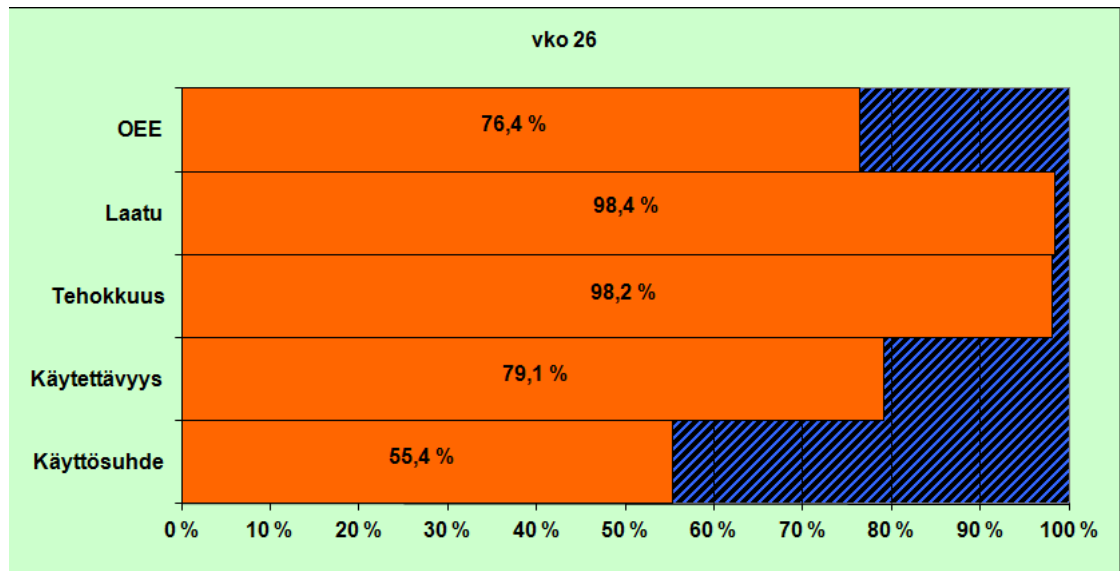
4.5.3 Graafinen esitys

Koska OEE:n laskenta tuntui olevan Excel -työkalun osalta kunnossa, oli alettava siirtää tuloksia visuaaliseen muotoon. Lisäsin aiemmin mainittujen taulukoiden alle palkkimaisen kaavion, joka päivittyy automaattisesti laskukaavojen antamien prosenttien mukaisesti (Kuvio 9). Kaavio havainnollistaa ja auttaa tulkitsemaan viikoittaisia OEE -tuloksia, kun verrataan eri viikkoja ja eri työvaiheiden tuloksia keskenään. Kaavio kulkee taulukoiden kanssa käsi kädessä, viikoilla numeroiduissa välilehdissä.

Pelkän työvaihekohtaisen OEE -luvun lisäksi haluttiin seurata myös viikoittaista OEE -trendiä. Lisäsin kunkin koneen omaan laskentataulukkoon välilehden, johon on koottu taulukkoon kahteen eri sarakkeeseen viikkonumero sekä kunkin viikon OEE -luku. Näistä kyseisen työvaiheen viikoittaisista OEE -luvuista viereiseen kaavioon piirretty trendi, jonka seurattavuus paranee sitä mukaa kun uusia viikkotuloksia saadaan laskettua.

Viikoittaisten laskentataulukoiden ja Trendi -välilehden lisäksi tein viimeiseksi vielä Tulostus -välilehden. Siihen päivittyy kunkin työvaiheen viimeisimmän viikon kaavio OEE -laskelmasta (Kuvio 8.) sekä trendi -välilehden data selkeämmässä muodossa. Tulostus -välilehti (Ks. liitteet) helpottaa kunkin työvaiheen viimeisimmän mitatun viikon seurantaa ja tulosten löytämistä. Se on valmiiksi muotoiltu tulostusvalmiiksi ja

näin ollen helposti saatavilla paperille ja edelleen työpisteillä sijaitseville valkotauluille.



KUVIO 9. Työvaiheen viikoittainen OEE graafisessa muodossa.

Lisäsin graafista ulosantia vielä yhden A4 -tulosteen verran. Tein taulukon, johon on laskettu viikoittain kaikkien mitattavien kohteiden OEE -lukujen keskiarvo (Ks. liitteet). Kyseisen OEE average -taulukon tietojen pohjalta piirtyy kuvaaja, josta käy ilmi myös trendi, OEE:n teollisuuden keskiarvo 60 %, sekä optimaalisin ”World Class” 85 % OEE -taso. Tämän kuvaajan idea on helpottaa seuraamaan, missä OEE:n osalta kokonaisuudessaan liikutaan.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Opinnäytteen tuloksena sain rakennettua käyttökelpoisen ja toimivaksi havaitun järjestelmän, jolla voidaan laskea tuotantokoneiden käyttötehokkuus, tarkemmin sanottuna OEE -luku. Virallista järjestelmän käyttöönottopäivämäärää ei ollut, vaan aloin suorittaa laskentaa omatoimisesti heti, kun mitattavia kohteita oli koossa viisi kappaletta. Kun tuloksia oli saatavilla useasta eri työvaiheesta ja monen viikon ajalta, oli helppoa seurata OEE:n kehittymistä ja havaita mahdollisia syitä sen vaihteluihin.

Myöhemmin OEE otettiin seurannan alle myös viikoittaisessa tuotantopalaverissa, jossa käytiin läpi edellisen viikon mittaustulokset työvaihekohtaisesti. Mikäli vaihtelua OEE -luvussa oli selkeästi havaittavissa suuntaan tai toiseen, otettiin asia esille ja alettiin pohtimaan syitä, jotka esimerkiksi radikaalin romahduksen taustalla olivat. Useasti syyksi paljastui jokin yksiselitteinen tekijä, kuten laiterikko, laajempi huolto-toimenpide, materiaalipula, kapasiteettipula tai vaikkapa työkuormituksen väheneminen. Nousevaan trendiin vaikuttavat puolestaan esimerkiksi koneiden huoleton toiminta, laadullisesti hyvien tuotteiden suuri määrä, sekä pitkinä sarjoina ilman asetusten vaihtoja tehtävät tuotteet.

OEE:n mittaamisessa päähuomio kiinnittyi nimenomaan trendin kehittymisen seurantaan, koska laskentatapa kaikille kohteille oli yhteneväinen ja vertailukelpoinen. OEE:n laskemisen hyöty ei suinkaan jäänyt vain viikoittaisen seurannan tasolle vaan sitä haluttiin hyödyntää myös osana tuotannonohjauksen suorituskykymittaristoa, Balanced Scorecardia (BSC). Kyky kuvata suunnitelma tavoitemitoin, sekä kannustusominaisuudet ovat suorituskykymittariston tärkeitä ominaisuuksia. Mittariston avulla on tarkoitus saada suunnitellut asiat tehdyksi. Kaikille mittaristoille on yhteistä, että niitä käytetään tavoitejohtamisen yleisissä puitteissa. Erot koskevat mittariston rakentamista, eli sitä miten tavoitteet luodaan ja esitetään. BSC koostuu kohdeyrityksessä eri organisaatiorakenteiden mittareista ja se käsitellään johtoryhmän kesken kuukausittain. OEE haluttiin mukaan nimenomaan osaksi tuotannon mittareiden

ta. Omalla kohdallani tehtävänäni oli päivittää Scorecardiin OEE:n kuukausittainen keskiarvo.

Kirjoitushetkellä mitattavia kohteita on koossa kymmenen kappaletta ja laskentaa on suoritettu noin vuoden verran. Tarkoituksena on kehittää seuranta ja tulosten analysointia myös nyt ja tulevaisuudessa. Kuten aiemmin on todettu, on laskenta enimmäkseen manuaalista työtä ja lähteinä on väistämättä käytettävä useita eri tietokantoja. Tähän on kuitenkin odotettavissa muutos parempaan, koska yrityksessä ollaan siirtymässä vaiheittain kokonaan uuteen toiminnanohjausjärjestelmään (ERP) vuoden 2012 loppuun mennessä. Alkuvaiheessa myös vanhat järjestelmät pysyvät elossa uuden rinnalla, mutta niin sanotussa ”kakkosvaiheessa” uuden järjestelmän on tarkoitus korvata vanhat ohjelmat, jotka toistaiseksi ovat elintärkeitä lähteitä nykyisen, luomani OEE:n laskemismenetelmän kannalta. Haasteita ja pohdittavaa tämän aiheen tiimoilta on siis varmasti luvassa myös tulevaisuutta silmällä pitäen.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyö on ollut haastava, opettavainen ja mielestäni yksi koko koulutuksen mielenkiintoisimmista kokonaisuuksista. Opin paljon uutta tuotannon mittareista, Lean -ajattelutavasta sekä opiskelujen aikana käytyjen asioiden ja termien yhtenevyyksistä yritysmaailmaan. Aihe yhdistää hyvin opiskelujen ja työelämän aikana opittuja asioita ja auttaa ymmärtämään kuinka pienillä asioilla on merkitystä suurempiin kokonaisuuksiin. Opinnäytetyö avasi myös silmiäni näkemään teorian ja käytännön vuorovaikutussuhteiden merkityksen uudessa ja entistä kirkkaammassa valossa.

Opinnäytetyön aihe ja sisältö olivat mielestäni yhdessä suhteellisen laaja ja kattava kokonaisuus, mutta samaan hengenvetoon myös sopivan kompakti paketti. Kokonaisen Lean -projektin kehittämistyön rajaaminen yhdeksi selkeäksi osakokonaisuudeksi

osoittautui mielestäni hyväksi asiaksi. Mikäli tuotantokoneiden käyttötehokkuuden mittaamisen sijaan aiheena olisi ollut Lean -projekti kokonaisuudessaan, työn valmistuminen olisi ollut monen vuoden urakka, ehkä jopa loputon savotta suoritettavaksi.

Lähtökohtiin nähden saavutin mielestäni itse itselleni asettamat tavoitteet varsin onnistuneesti. Työ palveli sekä tekijäänsä että kohdeyritystä tasapuolisesti ja saatuja tuloksia onkin tämän jälkeen helpompi lähteä kehittämään ja parantamaan tulevaisuudessa entisestään.

LÄHTEET

Ala-Sankila, J. 2009. Tuotannon kokonaistehokkuusmittarin eli OEE:n kehitys Formica Iki Oy:ssä. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.

Arrow Engineering Oy. 2012. ARROW Machine Track. Viitattu 30.5.2012.
<http://www.arroweng.fi/fi/>, Tuotteet ja palvelut, ARROW Machine Track.

Ecocat Oy. Yrityksen Intranet-sivut. Viitattu 14.6.2012.

Edu.fi. 2011. Opetushallinto. Koneautomaation kunnossapito. Viitattu 12.9.2012.
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/kokonaistehokkuus/03.html>.

Liker, J. 2006. Toyotan tapaan. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino Oy, 1. painos.

Nieminen, T. 2011. Production planner. Ecocat Oy. Haastatteluja 2011.

Novotek Finland Oy. 2011. Opi lisää OEE:sta/KNL:stä. Luettu 26.4.2012.
<http://www.novotek.fi/downloads/OEEbrochure.fi.pdf>.

Plantrun. 2011. OEE, Machine Downtime & Manufacturing Information Systems. Tascomp Ltd. Viitattu 28.8.2012. <http://plantrun.co.uk/oee-overall-equipment-effectiveness.html>.

PSK Standardisointi. Prosessiteollisuuden standardit PSK 6201 & PSK 7501, Kunnossapito & Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. Käsitteet ja määritelmät. 30 s. 2. p. 2003. Viitattu 14.4.2012.
<http://www.pskstandardisointi.fi/Alasivut/Standardiluettelo.htm#Ryhm%C3%A462>.

Villanen, H. 2009. Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus, OEE (Overall Equipment Efficiency). Viitattu 27.8.2012.
http://www.hannuvillanen.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf

Vorne Industries. 2010. OEE Factors. Viitattu 19.3.2012.
<http://www.oeecom.com/tools/fast-guide-to-oeecom.pdf>.

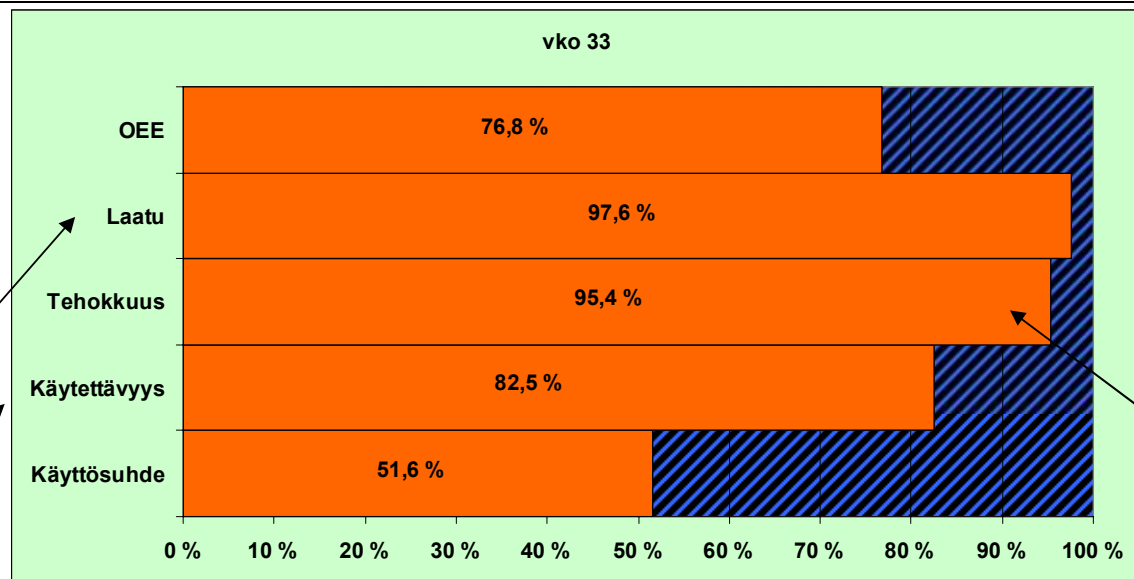
Vorne Industries. 2010. OEE Pocket Guide. Tulostettu 4.10.2011.
<http://www.leanproduction.com>, Free Tools, OEE Pocket Guide (PDF).

Wikipedia, Vapaa tietosanakirja. Viitattu 30.11.2011. [Http://fi.wikipedia.org/](http://fi.wikipedia.org/), OEE, KNL –laskenta.

Ohje OEE:n laskentaan

OEE (Overall equipment effectiveness) on tuotantolinjojen tehokkuuden mittaustapa ja tunnusluku. Se lasketaan kertomalla **Laatu**, **Tehokkuus** ja **Käytettävyys** keskenään, jolloin saadaan kokonaistehokkuutta kuvaava luku.

$$\text{OEE} = \text{LAATU} \times \text{TEHOKKUUS} \times \text{KÄYTETTÄVYYS}$$



Esimerkki Tukiaineen levityksen OEE –laskelmasta viikolta 33.

Laatu: Luku saadaan suhteutettuna valmistuneiden kappaleiden kokonaismäärä korjattujen ja hylättyjen määrään mitattavalta ajanjaksolta (viikko).

Tehokkuus: Saavutettujen tulosten ja käytettyjen resurssien suhde. Kuvaa kuinka tehokkaasti ”työpiste” pyörii suhteessa suunniteltuun tehokkuuteen.

- Lasketaan kunkin työvaiheen tuotantopalkkiolaskelmasta suhteutettuna 120% suoritustasoon.

Käytettävyys: Kuvaa koneen käyntiaikaa suhteutettuna kyseisen työpisteen suunniteltuun työaikaan → Koneen käyntiaika / Suunniteltu työaika

- Koneen käyntiaika (h) saadaan Hertan työtuntiraportista kyseiselle työlajille ja työnumerolle syötettyjen tuntien mukaan. Suunniteltu työaika lasketaan työvuorolistasta kunkin työpisteen kapasiteetin ja työntekijöiden määrän perusteella, taot huomioiden.

(**Käyttösuhde:** Koneen käyntiaika / Normaali koneen käyntiaika. Ei vaikuta OEE –arvoon)

Miksi OEE-lukua mitataan?

Luotettava tieto tuotannon toiminnasta on tärkeää. Esimerkiksi koneenkäyttäjät, työnjohto, tuotannon kehitys ja tuotannon suunnittelijat tarvitsevat jatkuvasti ajantasaista tietoa. OEE:n mittaaminen vaikuttaa koneenkäyttäjien ja oman yrityksen lisäksi suoraan asiakkuihin. Toimitusvarmuus paranee, kapasiteetti nousee, kustannukset alenevat ja niiden hallittavuus paranee, sekä henkilötyön tehokkuus kasvaa.

OEE –mittaus on nykyisin varsin yleinen käytäntö teollisuuden tuotantolaitoksissa. Myöskään Ecocat Oy ei halua jäädä paitsioon OEE:n suhteen, vaan sen avulla on tarkoitus parantaa kokonaistehokkuutta ja sitä kautta kilpailukykyä entisestään.

Kuka voi vaikuttaa OEE-lukuun?

OEE on tuotannon keskeinen tunnusluku, jonka mittaamiseen ja kehittämiseen voidaan sitouttaa parhaimmillaan koko henkilöstö. Koneenkäyttäjät ovat avainasemassa päivittäisen tiedon hyödyntämisen kannalta. Myös kunnossapidolla on keskeinen rooli tuotantolaitteiden käytettävyyden varmistamisessa.. OEE on yhteinen mittari, joka määrää oikean suunnan jatkuvalle kehittämiselle.

