

KOKONAISTEHOKKUUS PK-YRITYKSISSÄ
Overall Efficiency of Small and Medium Enterprises
Kone- ja tuotantotekniikka

Harri Niskanen
Opinnäytetyö

____. ____ . ____ **lisämessä** _____

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Harri Niskanen	
Työn nimi Kokonaistehokkuus pk-yrityksissä	
Päiväys 7.12.2011	Sivumäärä/Liitteet 61 + 5
Ohjaaja(t) Esa Hietikko, Juhani Niiranen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Educa Learn -hanke	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ja määritettiin tuotantolaitteen tai -solun kokonaistehokkuus pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Kokonaistehokkuus muodostuu kolmesta osatekijästä: käytettävyys, nopeus ja laatu. Osatekijöihin vaikuttaa tuotannossa syntyvät tuotantohäviöt. Kokonaistehokkuuden määrittäminen antaa laajan kuvan tuotannon nykytilasta. Työ suunnattiin metalliteollisuuden yrityksiin Pohjois-Savon alueella. Opinnäytetyöhön valittiin koneistus-, hitsaus- ja kokoonpanotuotantoja.</p> <p>Työn tavoitteena oli tutkia kokonaistehokkuuden määrittämiseen liittyvää teoriaa ja toteuttaa neljälle yritykselle OEE-määrittäminen. Määrittämisestä laadittiin raportit, jotka sisälsivät tulosten pohjalta havaittuja kehityskohteita. Työn tarkoitus oli antaa ohjeistus kokonaistehokkuuden määrittämisestä kohdeyrityksille.</p> <p>Työ sisälsi yrityskohtaiset seurantajaksoja jokaisessa yrityksessä, joissa tutkittiin tuotantotehtäviä sekä -seisokkien aiheuttajia. Jokaisesta tapahtumasta tehtiin muistiinpanoja erilliselle lomakkeelle. Seurantamateriaalista tiedot analysoitiin ja muodostettiin kokonaistehokkuustulokset. Tuotantoseisokkien aiheuttajien perusteella pohdittiin tarpeellisia kehitystoimia, joita hyödyntämällä seisokkeja saadaan minimoitua tuotannosta. Kaikille kohdeyrityksille laadittiin raportti, joka esiteltiin toimihenkilöille henkilökohtaisesti. Lopuksi tuloksista muodostettiin Pohjois-Savon tasosta kertova kokonaistehokkuusarvo. Arvoa voidaan käyttää yleisenä vertailutietona.</p>	
Avainsanat Tuotantolaitteen kokonaistehokkuus, käytettävyys, nopeus, laatu, koneistus, hitsaus, kokoonpano.	
Luottamuksellisuus Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Harri Niskanen			
Title of Thesis Overall Efficiency of Small and Medium Enterprises			
Date	7 December 2011	Pages/Appendices	61 + 5
Supervisor(s) Esa Hietikko, Juhani Niiranen			
Project/Partners Educa Learn - Project			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to analysed and set overall equipment efficiency of a production machine or workstation for small and medium enterprises. Overall equipment efficiency consists of three elements: Usability, speed and quality. The elements are affected by production losses. Overall efficiency gives a broad overview to the present state of production. The target group was metal enterprises in North Savo. CNC-machining, welding and assembly productions in the target enterprises were chosen to the study.</p> <p>The purpose of the study was to explore the theory of assessing overall efficiency and carry out a overall equipment efficiency value in four enterprises. Development reports were made based on the results of the evaluation. The purpose of the study was to give instructions to assess overall efficiency in target enterprises.</p> <p>The work included tracking periods in each enterprise. During the tracking periods the production tasks and causes of standstill were investigated. Notes were taken from each task. The follow-up material gathered the during tracking periods was analysed to form overall equipment efficiency results. The reasons for standstills were investigated to find tasks that require development in order to decrease or eliminate standstills in production. The results were gathered in a report that was presented to the personnel in each target enterprise. Finally, an overall equipment efficiency value was constituted from the results in North Savo. This value can be used as a general reference.</p>			
Keywords Overall equipment effectiveness, usability, speed, quality, machining, welding, assembly			
Confidentiality Public			

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
2	KOKONAISTEHOKKUUS.....	9
2.1	Kokonaistehokkuuden taustaa.....	9
2.2	Osatekijät	11
2.2.1	Käytettävyys.....	12
2.2.2	Nopeus.....	14
2.2.3	Laatu	16
2.3	OEE-arvon muodostuminen osatekijöistä	17
2.4	OEE-arvon laskeminen Excel-sovelluksella	18
2.5	Kokonaistehokkuuden määrittämisen apuvälineet	19
2.6	Kehityskohteet.....	21
3	KOKONAISTEHOKKUUDEN MÄÄRITYKSEN TOTEUTUS YRITYKSIIN	23
3.1	Kokonaistehokkuuteen tutustuminen	23
3.2	Tutkimislomakkeiden laatiminen	24
3.2.1	Yritysseurantalomake	25
3.2.2	Lisätietolomake	26
3.2.3	Tutkimuslupalomake.....	26
3.3	Asiakasyrityksien valinta.....	27
3.4	OEE-seuranta yrityksissä.....	28
3.5	Tuloksien analysoiminen	30
3.6	Raportointi tutkimuksen tuloksista ja kehityskohteista yrityksiin	32
4	ASIAKASYRITYKSET KOKONAISTEHOKKUUDEN MÄÄRITYKSESSÄ	33
4.1	Farmi Forest Oy.....	33
4.2	HT Laser Oy	34
4.3	Metallityö Vainio Oy	35
4.4	Timaco Oy.....	35
5	ANALYYSI KERÄTYISTÄ TUOTANTOTIEDOISTA.....	37
5.1	Käytettävyysarvot	38
5.2	Nopeusarvot	39
5.3	Laatuarvot	40
5.4	OEE-arvot.....	42
6	KEHITYSKOhteita sekä -ideoita.....	45
6.1	Koneistuksesta löydetty kehitystarpeet	45
6.2	Hitsauksesta löydetty kehitystarpeet.....	49

6.3 Kokoonpanosta löydetyt kehitystarpeet	52
6.4 Yleiset kehitystarpeet jokaisessa yrityksessä.....	55
7 YRITYSTEN SAAMAT HYÖDYT KOKONAISTEHOKKUUSTUTKIMUKSESTA ..	60
8 YHTEENVETO	61

LÄHTEET

LIITTEET

- Liite 1 Alkuperäinen Novotek Oy:n Excel-lomake
- Liite 2 Muutettu OEE:n laskentalomake
- Liite 3 Yritysseurantalomake
- Liite 4 Lisätietolomake
- Liite 5 Tutkimuslupalomake

1 JOHDANTO

Tuotantolaitteen kokonaistehokkuustutkimuksessa saadut tulokset ovat hyvä tapa vertailla tuotannon tasoa eri tuotantomuodoissa sekä niiden kesken. Tutkimuksessa muodostuneita arvoja voidaan käyttää helposti tuotannon mittareina. Arvoja tutkimalla saadaan laaja käsitys nykytilasta. Kokonaistehokkuuden mittauksia on suoritettu globaalisesti useissa tuotantomuodoissa. Suomen teollisuudesta ei kuitenkaan ole löytynyt yksityiskohtaisia tuloksia tai arvoja, joita voitaisiin käyttää vertailukohteena.

Tästä syystä kokonaistehokkuusarvon määrittäminen pienissä ja keskiuurista yrityksissä (myöhemmin pk-yritys) Pohjois-Savon alueella katsottiin ajankohtaiseksi. Määritettyä arvoa voidaan käyttää vertailuarvona jatkossa suoritettavissa kokonaistehokkuustutkimuksissa. Alkuperäisenä vertailuarvona voidaan mainita ”World Class” -taso, joka toimii hyvänä tavoitetasona. Tämä taso koskee kaikkia valmistavan osateollisuuden teollisuusmuotoja. ”World Class” -arvo muodostuu referenssiarvoksi määritetystä kokonaistehokkuusarvosta. Tavoitearvo on 85 %. Kyseinen lukema muodostuu hyväksi todetuista kokonaistehokkuuden osatekijöiden arvoista. Toisena ja helpommin saavutettavana tavoitteena voidaan pitää maailmalla tutkittua kokonaistehokkuuden keskiarvoa. Useista tutkimuksista tulokseksi on saatu kokonaistehokkuuden keskiarvoksi 60 %. Näiden kahden tavoitearvojen johdosta herää kysymys, mikä on pk-yrityksien kokonaistehokkuustaso Pohjois-Savossa?

Opinnäytetyö antaa hyvät mahdollisuudet sekä kattavan kokonaiskuvan Pohjois-Savon pk-yritysten toiminnan tasosta. Työ on mahdollista suorittaa tiettyjen vaatimusten mukaan, jotka eivät kuitenkaan anna täydellisiä vertailtavia tuloksia. Rajalliset vaatimukset huomioiden kyseinen määrittäminen voidaan suorittaa pienessä mittakaavassa. Tästä saadaan suuntaa antavat kokonaistehokkuustulokset alueellisesta tasosta. Kokonaistehokkuuden tutkimus manuaalisesti antaa lisäksi hyvän mahdollisuuden tuotannossa esiintyvien kehitystarpeiden löytämiseen, jotka ovat suoraan liittyviä tuotantohäviöihin.

Kokonaistehokkuustutkimus on osa Educa Learn -hanketta. Hanke on Ylä-Savon alueella toimivien oppilaitosten, yritysten ja EU:n rahoittama kehityshanke. Hanketta koordinoi Ylä-Savon ammattiopisto eli YSAO. Kumppaneina toimii Savonia-ammattikorkeakoulu ja Savon ammatti- ja aikuisopisto. Hankkeen pääpaino oli vastata Pohjois-Savon teknologiateollisuuden sekä yhteistyöverkoston ammatillisen osaa- ja kehittämistarpeen varmistamisesta. Tavoitteina on kehittää toimintamalli vahvistamaan koulutus- ja tutkimustarjontaa alueella toimivien oppilaitosten ja teknolo-

giayritysten välille. Tämän pyrkimyksenä on tulevaisuudessa turvata alueella tarvittavan ammattitaitoisen työvoiman saatavuus ja jatkokoulutus.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutustua ja muodostaa perusosaaminen kokonaistehokkuuden määrittämiseen, joka voidaan suorittaa tarpeen mukaan teollisuusyrityksissä. Hyödyntämisen vuoksi opinnäytetyönraportti muodostaa lyhyen työohjeen kokonaistehokkuuden määrittämiseen. Eli aiheeseen tutustumisen jälkeen kokonaistehokkuuden määrittämisen voi suorittaa työssä esitetyjä ohjeita käyttämällä.

Tässä opinnäytetyössä käydään aluksi läpi kokonaistehokkuuden teoriaa ja kerrotaan yksinkertainen suoritustapa käyttämällä kokonaistehokkuuden määrittämisessä käytettäviä laskukaavoja. Määrittämiseen on saatavissa useita apuvälineitä ja palveluita. Teoriaosuuden jälkeen tutustutaan lyhyesti opinnäytetyöhön valittuihin yrityksiin ja heidän toimintoihin. Tästä siirrytään varsinaiseen työn suoritukseen ja toteutustapaan. Tässä vaiheessa käsitellään työhön tarvittavaa materiaalia sekä tiedon keräämistapoja. Varsinaisesta toteutussuunnitelmasta mennään itse kokonaistehokkuuden määrittämiseen ja käydään yleistasolla määrittämisen tulokset läpi. Lopuksi tutustutaan konepajateollisuudessa esiintyviin kehityskohteisiin, jotka havaittiin opinnäytetyön aikana. Kaikki tulokset ja kehityskohteet käydään läpi yleistasolla, joten näiden kohdistaminen tiettyyn yritykseen on täysin mahdotonta.

2 KOKONAISTEHOKKUUS

Tuotantolaitteen kokonaistehokkuus eli OEE muodostuu englannin kielistä sanoista Overall Equipment Effectiveness. Yleisemmin keskusteltaessa kokonaistehokkuutta kutsutaan OEE-lyhenteellä, mutta Suomessa voi törmätä myös käännettyyn lyhenteeseen KNL. Lyhenne muodostuu osatekijöiden käytettävyyden, nopeuden ja laadukkuuden ensimmäisistä kirjaimista. Käyttäjistä riippuen voidaan valita lyhennysmuoto. (Novotek Oy, Opi lisää OEE:stä/KNL:stä 2011a, 3.) Tässä opinnäytetyössä käytetään kokonaistehokkuudesta tästä eteenpäin lyhennettä OEE.

OEE-arvo muodostuu kolmen osatekijän yhteisvaikutuksesta, joilla kaikilla on oma merkitys valmistavassa konepajatuotannossa. Arvo muodostuu näiden yhteisvaikutuksesta seuraavan kaavan mukaan

$$OEE = \text{Käytettävyys} \times \text{Nopeus} \times \text{Laatu} \quad (2.1)$$

jossa OEE-arvo ja osatekijät ilmoitetaan prosenttiyksikköinä. Kaavan osatekijöihin tutustutaan paremmin alaluvussa 2.2. sekä OEE:n alaluvussa 2.3. OEE on tunnusluku, jota käyttämällä tuotantoprosessien, koneiden, tuotantolinjojen ja osastojen tehokkuutta voidaan seurata ja parantaa. (Novotek Oy, Opi lisää OEE:stä/KNL:stä 2011b, 8.)

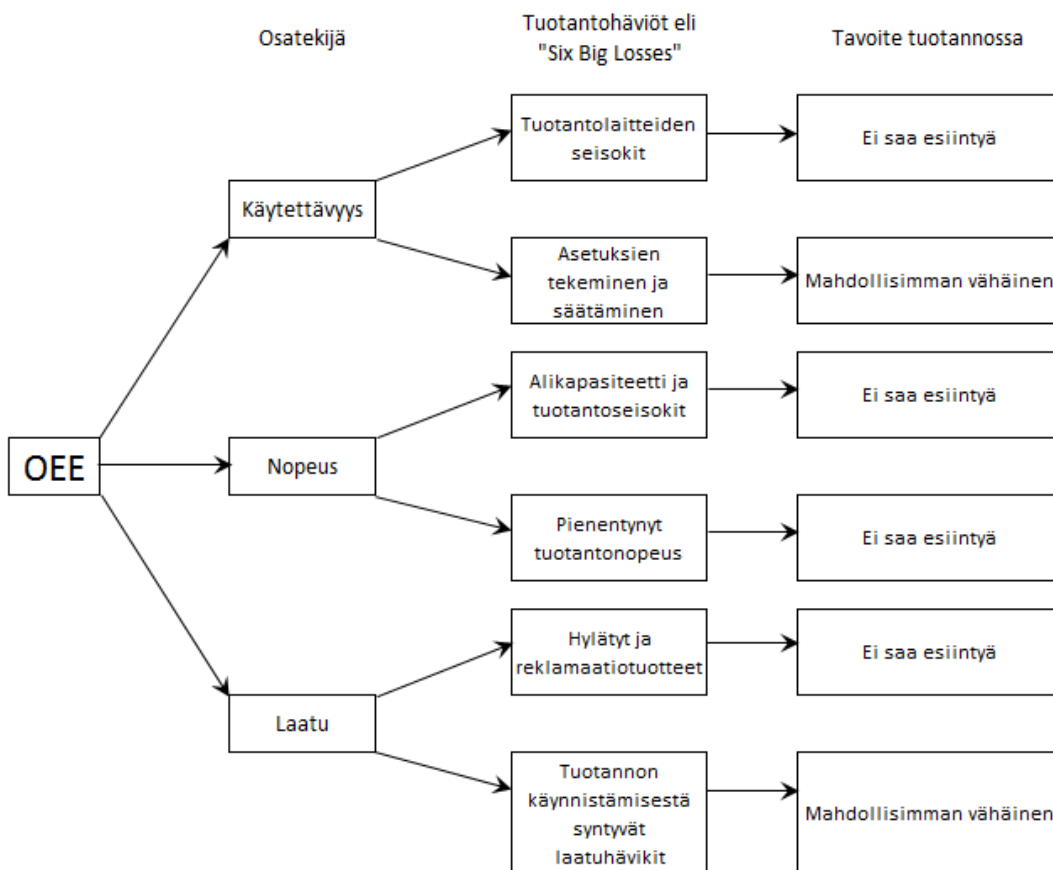
Kokonaistehokkuutta seuraamalla ja tuloksia analysoimalla voidaan havaita piilossa olevaa kapasiteettiä ja löytää syitä tuotantohäviöiden synnyttämiin seisokkeihin. Tehokas ja kannattava tuotanto edellyttää häviöiden minimoimista ja jatkuvaa kehittämistä. OEE-seurannasta saaduilla tuloksilla tutkitaan tuotantokoneiden tehokkuutta, nopeutta ja laatua sekä saada vertailutietoja jatkuvalla kehittämiselle.

2.1 Kokonaistehokkuuden taustaa

Valmistavassa konepajateollisuudessa kehittyneimmät yritykset ovat käyttäneet pitkään tunnuslukuina tehokkuus- ja laatuarvoja. Kokonaistehokkuuden seurannan kehitys on lähtenyt aikojen saatossa kehittymään Yhdysvalloista ennakoivasta ja tuottavasta kunnossapidosta. Japanilainen autoteollisuus omaksui 1960-luvulla kunnossapitoajattelun ja lisäsi siihen laatuajattelun. Näin päädyttiin kokonaisvaltaiseen tuottavaan kunnossapitoon (TPM = Total Productive Maintenance) 1970-luvun alussa. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 378.)

Tuottavan kunnossapidon tavoitteita on merkittävien tuotantohävikkien vähentäminen tai mahdollisesti niiden poistaminen kokonaan. TPM:n tavoitteena oli poistaa tuottavasta teollisuudesta kuusi suurinta hävikkiä ”Six Big Losses”, jotka nykypäivänä ovat edelleen kokonaistehokkuuden taustalta löytyviä tuotantohävikkejä. TPM ei rajoitu ainoastaan teknisiin keinoihin, vaan sen tavoitteena on kehittää kaikkea tuotannon toimintaa, jonka avulla pk-yrityksien tuotavuus paranee. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 378.) Kokonaistehokkuuden määrittästä hyödyntämällä voidaan seurata ja analysoida tuotannon toimintaa sekä sen kehitystä.

Idealisessa tuottavassa konepajassa kaikki tuotantokoneet pyörisivät tauotta vuorokauden ympäri, koko ajan taloudellisella kuormituksella ja tuottaen laadukkaita tuotteita. Kuviossa yksi on esitetty osatekijöiden vaikuttavat tuotantohävikit tuottavassa kunnossapidossa havaituista häiriöiden syistä, jotka syövät ideaalitehtaan tuotantoarvoa. Jokaiseen osatekijään vaikuttaa kaksi tuotantohävikkiryhää, joihin puuttumalla voidaan päästä lähemmäksi ideaalitehtaan ajatusta.



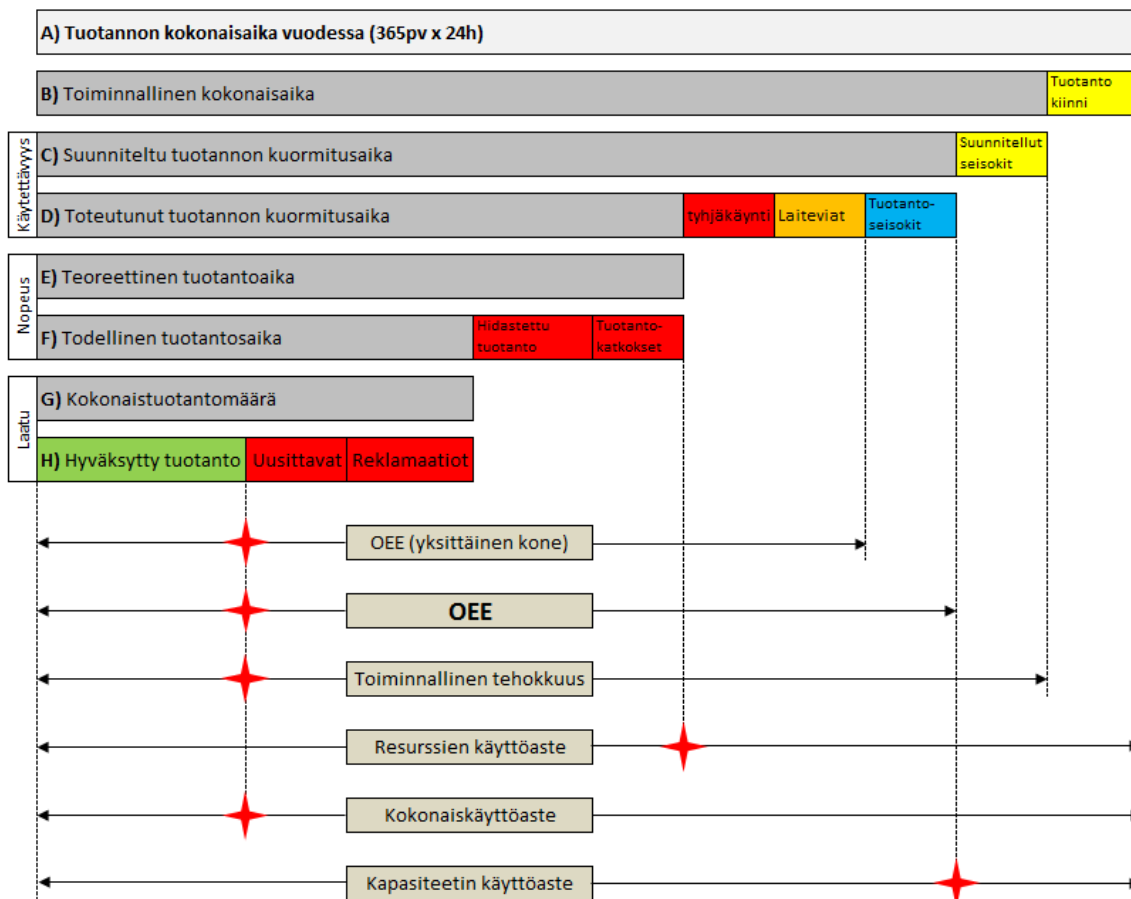
KUVIO 1. Osatekijöihin vaikuttavat tuotantohävikit ”Six Big Losses” (Niskanen 2011, 9 mukaillen Pernu 2007)

Tuotantolaitteiden tai -solun kokonaistehokkuuden määrittäminen on myös yksi tuottavan kunnossapidon apuväline ja mittari. Määritystä hyödyntämällä saadaan kunnossapitotoimiin kerättyä tarpeellista tietoa koneisiin ja laitteisiin vaikuttavista häiriötilanteista ja -lähteistä. Tietoja oikein hyödyntämisestä seuraa tuotantolaitteiden seisokkien väheneminen.

2.2 Osatekijät

OEE-arvon määrittämiseen on kehitetty erilaisia laskentakaavoja ja tietokonepohjaisia sovelluksia. Alkuperäisen laskentamallin kehitti japanilainen Seiichi Nakajima. Hän on kehittänyt alun perin myös edellisessä luvussa käsitellyn tuottavan kunnossapitomallin. Insinööriyössä hyödynnetty laskentamalli on Blom Consultancy -konsultointiyrityksen luoma teollisuussäännöksiin nojautuva malli. Sen juuret pohjautuvat Nakajiman luomaan laskentamalliin. (Pernu 2007a, 10.)

Seuraavissa luvuissa on esitetty osatekijöiden muodostuminen laskuyhtälöiden muodossa, jotka nojautuvat kyseiseen laskentamalliin. Osatekijöitä on kaikkiaan kolme; käytettävyys, nopeus ja laatu. Kuviossa kaksi on kuvattu Blom Consultancy -konsultointiyrityksen mukailema laskentamalli. Tässä käsitellään OEE-arvoa mittaavia käsitelmien jakautumisesta osatekijöihin.



KUVIO 2. OEE-arvoa mittaavia käsitelmälle tehokkuudesta ja käyttöasteesta laskeennallisessa muodossa (Niskanen 2011, 9 mukailen Koch 2003)

Tuotannon kokonaisaika vuodessa saadaan muodostettua suoraan kalenteriajasta. Vähentämällä tästä tuotannon kiinnioloaika, saadaan tulokseksi toiminnallinen kokonaisaika. Käytettävyysarvo muodostetaan suunnitellun tuotannon kuormitusajan ja toteutuneen tuotannon kuormitusajan suhteesta. Tässä häviötekijät muodostuvat tuotannon tyhjäkäynnistä, laitevioista ja tuotantoseisokeista. Nopeusarvo muodostetaan teoreettisen tuotannon ja todellisen tuotantoajan suhteesta. Häviöihin vaikuttavia tekijöitä ovat hidastettu tuotanto ja tuotantokatkokset. Laatuarvo muodostuu kokonaistuotantomäärän ja hyväksytyt tuotantomäärän suhteesta, jossa häviö syntyy uusintatyötä vaativista tuotteista sekä reklamaatiotuotteista. OEE-arvo antaa näiden osatekijöiden tuloksista selkeän kuvan yrityksen tuotannon nykytilasta. (Pernu 2007b, 10.)

2.2.1 Käytettävyys

Käytettävyys kertoo todellisuuden yrityksen tuotannon tilasta. Eli paljonko teoreettisesta tuotantoajasta tuotantokoneet tai työsolussa työskentelevä työmiehet tekevät tuottavaa tuotantoa yritykselle. Samasta asiasta voi käyttää myös toista muotoa eli

kuinka paljon todellisesta käytettävissä olevasta työajasta työstökoneet tai työmiehet tekevät tuottavaa työtä. Käytettävyys muodostuu suunnitellun tuotannon kuormitusajan ja toteutuneen tuotannon kuormitusajan suhteesta seuraavan kaavan mukaisesti

$$\text{Käytettävyys} = \frac{(D)\text{Toteutunut tuotannon kuormitusaika}}{(C)\text{Suunniteltu tuotannon kuormitusaika}} \times 100 \% \quad (2.2)$$

jossa suunniteltu tuotannon kuormitusaika on teoreettista tuottavaa työaikaa. Tämä aika voidaan käyttää tuotteiden valmistukseen. Suunniteltu tuotannon kuormitusaika muodostuu toiminnallisen kokonaisajan ja suunniteltujen seisokkiaikojen erotuksesta seuraavan kaavan mukaan

$$(C) \text{ Suunniteltu tuotannon kuormitusaika} = \\ (B) \text{ Toiminnallinen kokonaisaika} - \text{suunnitellut seisokit} \quad (2.3)$$

jossa suunnitellussa tuotannon kuormitusajassa otetaan huomioon lakisääteiset tautot ja tuotantokoneen toiminnan edellyttämät huoltoseisokit. Nämä luetaan suunnitelluiksi seisokeiksi. Tulokseksi saadaan suoraan suurin mahdollinen kuormitusaika ja nähdään suunniteltujen seisokkien vaikutus yrityksen tuotantoon.

Toteutunut tuotannon kuormitusaika muodostuu tuotantoajasta, jolloin tuotantokoneella, -solussa tai -yksikössä tehdään tuotantoa koneen tai työmiehen voimin. Eli aika, josta seuraa yritykselle tulosta. Toteutuneen tuotannon kuormitusaika lasketaan 2.4 kaavan mukaan, jossa käytettävyyshäviöt syntyvät tyhjäkäyntiajan, laitevioista syntyvän ajan ja tuotantoseisokkiajan summasta 2.5 kaavan mukaan:

$$(D) \text{ Toteutunut tuotannon kuormitusaika} = \\ (C) \text{ Suunniteltu tuotannon kuormitusaika} - \text{Käytettävyyshäviöt} \quad (2.4)$$

$$\text{Käytettävyyshäviöt} = \text{tyhjäkäynti} + \text{laitevialat} + \text{tuotantoseisokit} \quad (2.5)$$

Tyhjäkäynteihin voidaan laskea aika, jolloin työstökone tai mekaanisessa työssä työskentelevä työmies ei tee tuotantoa. Tällaisia tilanteita ovat työstökoneen käynnistämisestä johtuva odotus koneen lämmitessä toimintalämpötilaan, aihoiden lataaminen makasiiniin, tautot, palaverit ym. Lyhyesti sanottuna tyhjäkäynti muodostuu aina, kun odotetaan jotain. Laitevikoihin vuorostaan lasketaan aika, jossa työstökone tai työmies ei pysty tekemään työtä koneeseen tulleen teknisen vian vuoksi. Teknisiä

vikoja esiintyy jokaisessa tuotantokoneessa. Tuotantoseisokkeihin lasketaan aika, jolloin tuotanto on pysähdyksissä. Näihin lukeutuu esimerkiksi työstökoneen tai työmiehen odottaessa puolituotteita edellisestä työvaiheesta. Seurauksena työpisteelle muodostuu ruuhka, joka estää helposti seuraavan työn aloittamisen aikataulussa.

Seuraavaksi on laskettu esimerkki käytettävyydestä. Oletusarvoina on käytetty toteutuneen tuotannon kuormitusaikana 250 minuuttia ja suunniteltuna tuotannon kuormitusaikana 420 minuuttia. Tulokseksi käytettävyydelle saadaan 60 %.

$$\text{Käytettävyys} = \frac{D}{C} = \frac{250}{420} = 0,60 \times 100 \% = 60 \%$$

2.2.2 Nopeus

Osatekijöistä nopeus vuorostaan kertoo, paljonko todellinen tuotantonopeus poikkeaa ideaalisesta tuotantonopeudesta. Toisena vaihtoehtona on teoreettisen työstöajan suhde todelliseen työstöaikaan. Nopeushäviöitä tuotannossa voi syntyä vääristä työmenetelmistä, laitteiden kuluneisuudesta, huonoista raaka-aineista tai koneen käyttäjän ammattitaidosta. Tuotannon nopeus vaihtelee usein tuotekohtaisesti ja samanlaisen tuotteen valmistus toistamiseen ei suurella todennäköisyydellä muodosta samanlaista nopeusarvoa. Tapoja nopeuden määrittämiseen on useita, mutta edellä mainitut kaksi tapaa on yleisesti käytössä kokonaistehokkuuden määrittämisessä teollisuudessa. Nämä muodostuvat seuraavasti:

$$\text{Nopeus} = \frac{(F) \text{ Todellinen tuotantoaika}}{(E) \text{ Teoreettinen tuotantoaika}} = \frac{\text{Todellinen tuotantonopeus}}{\text{Ideaallinen tuotantonopeus}} \quad (2.6)$$

jossa todellinen tuotantoaika (F) ja teoreettinen tuotantoaika (E) ovat kuvio kahdessa esitetyn nopeusosatekijän mukaisia. Nopeusarvoa laskiessa laskukaava määrittellään monesti tuotanto-ominaisuuksien tai nopeusmittareiden mukaan. Tässä työssä käytettäväksi nopeuden laskentakaavaksi on valittu 2.6 laskukaavasta toteutuneen tuotantoajan suhde teoreettiseen tuotantoaikaan.

Toteutunut tuotantoaika todellisen kuormitusajan, jonka aikana työstökone tai työmiehen on valmistanut tuotantokappaleita. Eli tehdään tuottavaa työtä tuotannossa. Todellinen tuotantoaika saadaan vähentämällä toteutuneesta tuotantoajasta todellista tuotantonopeutta hitaampi valmistus ja tuotantoseisokit seuraavasti:

$$(F) \text{ Todellinen tuotantoaika} = (D) \text{ Toteutunut tuotannon kuormitusaika} - \text{Hidastettu tuotanto} - \text{Tuotantokatkokset} \quad (2.7)$$

Teoreettinen tuotantoaika kertoo, paljonko on mahdollista valmistaa tuotantoa ottamatta huomioon nopeushäviöistä muodostuvaa viivytystä. Eli tuotantoaika on puhdasta kuormitusaikaa maksimaalisella kapasiteetillä. Teoreettinen tuotantoaika muodostuu valmistettävien tuotteiden lukumäärän ja tuotteille kertyneen valmistusajan tulosta seuraavasti:

$$(E) \text{ Teoreettinen tuotantoaika} = \text{kappalemäärä} \times \text{kappaleaika} \quad (2.8)$$

Kappalemäärä on valmistussarjan koko kappalemäärä tai useita sarjoja valmistettaessa saman työpäivän aikaan yhteensä valmistunut kappalemäärä. Kappaleaika on yhden valmistuskappaleen valmistukseen kulunut aika minuutteina. Valmistettaessa useita tuotantosarjoja työpäivän aikaan kappaleajaksi lasketaan keskiarvo sarjakohtaisista kappaleajoista.

Todellinen tuotantonopeus kertoo keskimäärin nopeuden, jonka aikana tuotantokone tai työmies on valmistanut tuotteita. Eli tarkoittaa kuormituksen tasoa, jolla on valmistettu tuotteita. Todellinen tuotantonopeus muodostuu todellisen tuotantoajan suhteesta toteutuneeseen tuotannon kuormitusaikaan seuraavasti

$$\text{Todellinen tuotantonopeus} = \frac{(F) \text{ Todellinen tuotantoaika}}{(D) \text{ Toteutunut tuotannon kuormitusaika}} \quad (2.9)$$

jossa todellinen tuotantonopeus (F) ja toteutunut tuotannon kuormitusaika (D) ovat suoraan sivulta 12 kuviosta kaksi.

Viimeisenä ideaalituotantonopeus määrittää tuotantokoneelle tai työmiehelle maksiminopeuden, jolla tuotteita on mahdollisuus valmistaa keskimääräisen valmistusnopeuden tai kappale/valmistussarja kohtaisen valmistusnopeuden mukaan. Ideaalinopeudessa tärkeää on kiinnittää huomio nopeuteen, joka ei saa muodostua suuremmaksi kuin 100 %. Nopeuden kasvaessa yli 100 % ideaalituotantonopeus vääristää OEE-arvon ja vaikeuttaa nopeushäviöiden havainnointia tuotannosta. Ideaalituotantonopeus voidaan laskea suunniteltujen arvojen mukaan, jotka voidaan kerätä yrityksen tietokannoista esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmästä.

Seuraavaksi on laskettu esimerkki nopeudesta, jossa oletusarvot ovat:

- Toteutunut tuotannon kuormitusaika 250 minuuttia.
- Hidastettu tuotantoaika 10 minuuttia.
- Tuotantokatkoksia 15 minuuttia.
- Valmistuskappalemäärä 16 kappaletta.
- Kappalekohtainen valmistusaika on 15 minuuttia.

Näistä saadaan seuraavan mukainen laskutoimitus:

$$Nopeus = \frac{F}{E} = \frac{250 \text{ min} - 10 \text{ min} - 15 \text{ min}}{16 \text{ kpl} \times 15 \text{ min}} = 0,938 \times 100 \% = 94 \%$$

2.2.3 Laatu

Osatekijöistä viimeisenä laatu kertoo valmistuneiden tuotteiden määrän, jotka täyttävät laatukriteerit. Eli paljonko on syntynyt virheetöntä tuotantoa tunnin, työvuoron, vuorokauden tai työviikon aikana. Laatukriteerit alittavassa tuotannossa esiintyy yleisesti laatuhäviöitä. Näihin lukeutuu valmistusvirheet, hylätyt tuotteet, ylimääräistä työtä vaativat tuotteet tai tuotanto, joka luokitellaan laadullisesti alempaan laatuluokkaan. Laatuarvotekijä muodostuu hyväksytyt tuotantomäärän ja kokonaistuotantomäärän suhteesta, joka lasketaan seuraavasti:

$$Laatu = \frac{(H) \text{Hyväksytty tuotantomäärä}}{(G) \text{Kokonaistuotantomäärä}} \quad (3.0)$$

Kokonaistuotantomäärä muodostuu seuranta-ajan sisällä valmistuneesta tuotantomäärästä, jossa aikamääränä voi esimerkiksi olla tunti, työvuoro tai vuorokausi. Yllä olevassa kaavassa mainitut muuttujat ovat kuvio kahdessa esitetyn laatuosatekijän mukaisia. Laskukaavan 3.0 hyväksytty tuotantomäärä saadaan vähentämällä kokonaistuotantomäärästä uusintatyötä tai reklamaatiotyötä vaatimat kappaleet seuraavasti:

$$(H) \text{Hyväksytty tuotantomäärä} = (G) \text{Kokonaistuotantomäärä} - \text{Uusitavat kappaleet} - \text{Reklamaatikappaleet} \quad (3.1)$$

Seuraavaksi on esimerkkilasku laadusta, jossa oletusarvoina kokonaistuotantomääränä on sata (100) kappaletta, uusinta työtä vaativina kappaleina kaksi (2) kappaletta ja reklamaatiotyötä vaativina kappaleina yksi (1) kappale. Näistä muodostuu hyväk-

syttäväksi tuotannoksi 97 kappaletta. Arvoista saadaan seuraava laskutoimitus, josta tulokseksi tulee 97 %.

$$Laatu = \frac{H}{G} = \frac{100 \text{ kpl} - 2 \text{ kpl} - 1 \text{ kpl}}{100 \text{ kpl}} = 0,97 \times 100 \% = 97 \%$$

2.3 OEE-arvon muodostuminen osatekijöistä

OEE-arvo ottaa huomioon edellisessä luvussa luetellut kaikki kolme OEE-osatekijää (Novotek Oy, Opi lisää OEE:stä/KNL:stä 2011c, 5.) Laskentatapa ei anna yrityksille ihmeratkaisuja tuotannon ongelmien poistamiseen, vaan kertoo osatekijäarvojen avulla realistisen kuvan tuotannon tasosta. OEE-mittauksien aikaan on kuitenkin mahdollisuus löytää hävikkien muodostajia tuotannosta. Näihin voidaan puuttua myöhemmissä kehitystöissä. OEE muodostuu käytettävyyden, nopeuden ja laadun yhteisvaikutuksesta kertomalla kaikki kolme osatekijää keskenään. Näistä muodostuu OEE-arvon laskukaava, josta tuloksena saadaan prosenttiarvo:

$$OEE = \text{Käytettävyys} \times \text{Nopeus} \times \text{Laatu} \times 100 \% \quad (3.2)$$

OEE-arvoon sisältyy tuotannollisia muuttuvia tekijöitä, joiden vaikutuksesta se ei ole aina samansuuruinen aikaisemmin suoritettujen mittauksien kesken. Tuotantotekijöistä saadaan ainoastaan identtiseksi tuotantotilat aikaisemmista tarkastelujen pohjalta. Muita tuotantotekijöitä on mahdoton kopioida tai muodostaa.

Seuraavaksi on laskettu esimerkki OEE-arvon muodostumisesta aikaisempien esimerkkilaskujen tuloksista. Laskussa käytettävyys on 60 %, nopeus 94 % ja laatu 97 %, joista OEE muodostuu alla olevan kaavan mukaan. Tulokseksi saadaan OEE-arvoksi 55 %. Lukema jää viisi prosenttia alle valmistavan teollisuuden keskiarvon (60 %).

$$OEE = 0,60 \times 0,94 \times 0,97 \times 100 \% = 55 \%$$

OEE-arvon parantaminen ei ole helppoa. Jos esimerkiksi kaikkien kolmen osatekijän arvo olisi 90 %, OEE-arvoksi saadaan vain 73 %. Maailmalla on tehty useita OEE-arvon määrittämiä valmistavassa teollisuudessa, johon myös tässä insinööriyössä seurattavat pk-yritykset lukeutuvat.

OEE-arvon määrittämisestä on laadittu referenssiarvot eli ”World Class” -arvot. ”World Class” -tason osatekijöiden arvot ovat seuraavat: käytettävyys 90 %, nopeus 95 % ja laatu 99,9 %. Näistä OEE-arvoksi saadaan 85 %. Kyseisistä arvoista voidaan asettaa valmistavalle teollisuudelle tavoite arvoiksi edellä mainitut arvot. Ympäri maailmaa suoritettujen OEE-määrittämiset ovat kuitenkin osoittaneet valmistavan teollisuuden OEE-arvon olevan noin 60 %. Tämä vuorostaan osoittaa valmistavassa teollisuudessa olevan paljon kehitettävää ”World Class” -arvojen saavuttamiseksi. (Novotek Oy, Opi lisää OEE:stä/KNL:stä 2011d, 9.)

2.4 OEE-arvon laskeminen Excel-sovelluksella

Kokonaistehokkuus määrittämisessä kerättävien tietojen analysointiin voi laatia yrityksen tai ulkopuolisen osapuolen henkilökunta sopivan sovellusvaihtoehdon, jossa käytetään osatekijöiden laskukaavoja. Sovellus vaatii useita lukuarvojen syöttökenttiä osatekijöiden muodostajille. Toinen vaihtoehto on etsiä OEE-palvelua suorittava konsultointiyritys ja pyytää tätä laatimaan kyseinen sovellus. Tärkeää on pohtia sovelluksen syöttökenttien ja mitattavien tekijöiden soveltuvuutta seurattavan yrityksen tuotantoon.

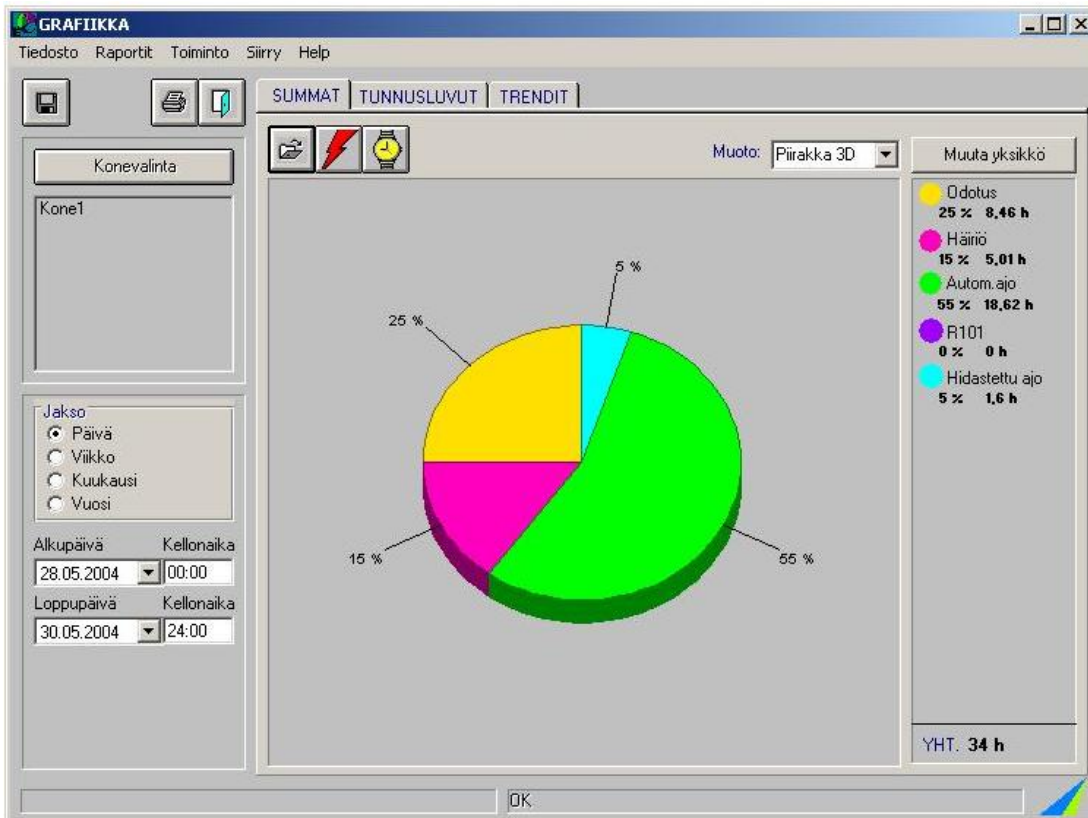
Esimerkiksi yksi kyseiseen tarkoitukseen räätälöity Excel-sovellus löytyy Internetistä (liite 1). Kokonaistehokkuuslaskentasovelluksen on laatinut Novotek Oy konsultointiyritys. Sovellus on kaikkien saatavissa Novotek Oy:n kotisivuilta. Kyseisen laskentataulukkoa käyttämällä yritykset voivat laskea oman yrityksen OEE-arvon (Novotek Oy, OEE Excel-lomake 2011). Tässä työssä seurantaan valittujen asiakasyritysten OEE-määrittämisessä saadut tulokset analysoitiin lievästi muokatulla Novotek Oy:n laatimalla Excel-sovelluksella (liite 2).

Alkuperäisestä sovelluksesta on jouduttu muokkaamaan ideaalituotantonopeuden arvokenttä tuotantonopeuden keskiarvoksi. Tähän syötetään työvuoron aikana valmistuneiden sarjojen kappaleaikojen keskiarvolukema minuuttia per kappale. Samalla muutos vaatii nopeusosatekijän laskukaavan muutoksen luvussa 2.2.2 mainitun 2.6 laskukaavan mukaiseksi. Muutos on tehty sen vuoksi, että se sopisi paremmin osatuotannon kokonaistehokkuuden määrittämiseen. Kyseisissä yrityksissä ideaalituotantonopeutta ei ole saatavilla. Lomakkeeseen syötetään syöttökenttien otsikoiden pyytämät arvot tunteina, minuutteina tai kappalemäärinä. Näiden avulla sovellus laskee automaattisesti tallennettujen laskukaavojen avulla osatekijöiden arvot sekä OEE-arvon.

2.5 Kokonaistehokkuuden määrittämisen apuvälineet

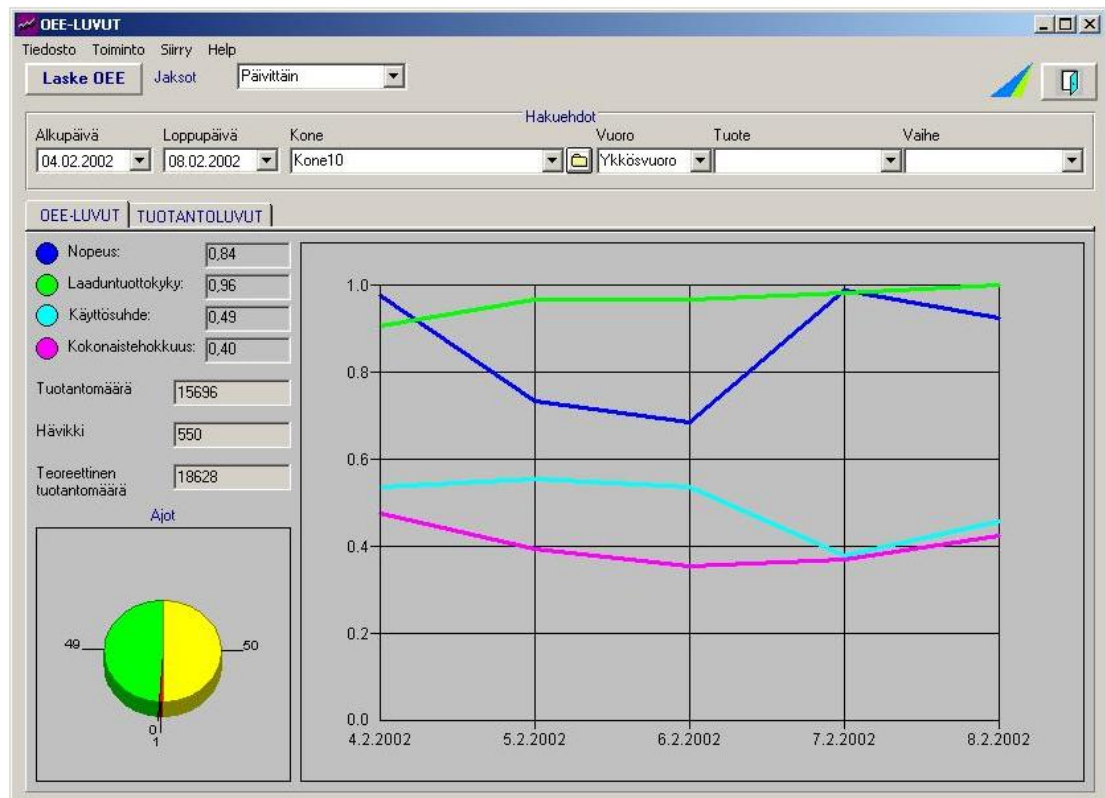
Valmistavan teollisuuden tarpeet ovat kovan kysynnän seurauksena kasvaneet rajusti viimeisimpien vuosikymmenten aikaan. Kysynnän kasvaessa yritysten kyky laittaa henkilö- ja aikaresursseja OEE-analysointiin on pienentynyt. Tämä vähentää tuotantotulosten seuraamista. Konsultointiyritykset ovat asiasta tietoisia ja ovat kehittäneet useita OEE-osatekijöiden käyttöasteiden seurantaan tarkoitettuja ohjelmajärjestelmiä, joita he markkinoivat teollisuudelle. Tämä on mahdollistanut yritykselle ostotuotteen, jonka he voivat hankkia ulkopuolisen tahon tarjoamana ratkaisuna. Konsultointiyritykset tarjoavat myymiinsä sovelluksiin käyttöönotto-, koulutus- ja konsultointipalveluja. Näiden vuoksi sovelluksen ostavalle yritykselle jää vain vastuu ohjelmiston käytön opettelevasta henkilökunnasta ja OEE-sovelluksen aktiivisesta käytöstä.

OEE-sovellusten tiedonkeräys käyttöasteista ja häiriöistä perustuu suoraan tuotantokoneelta tai -solusta automaattisesti saatavaan I/O-keskusteluun, analogiseen tietoon, pulssi- tai laskuritietoon. Tuotantokoneeseen liitetään tietoa keräävät anturit, jotka ovat reaaliaikaisesti itse OEE-sovellukseen. Kerätyistä käyttöasteista ja häiriötekijöistä kertyy sovellukseen useita erilaisia tulosten tulkintaa helpottavia jakaumadiagrammeja tai -taulukoita. Kuviossa kolme, grafiikkaikkuna käytettävyyden jakautumasta, on esitetty esimerkki Arrow Machine Track -sovelluksen luomasta käytettävyydenjakautumadiagrammista. Diagrammi kertoo osa-alueet tuotantokoneen kuormituksen jakautumasta tarkastelujakson aikana. Näitä käytettävyydenjakautumia hyödyntämällä voidaan suorittaa tulosten vertailua ja muodostaa päätelmiä tuotannon muutoksista. (Arrow Engineering Oy, Arrow Machine Track: ominaisuudet 2011.)



KUVIO 3. Grafiikkaikkuna käytettävyydenjakautumasta (Arrow Engineering Oy. Machine Track -sovellus. Grafiikka 2011)

Seurattavista tiedoista voidaan tarvittaessa tulostaa tarvittavat raportit tietyn aikamäärän jaksoissa, kuten päivä- tai viikkotasolta. Näitä voidaan käyttää havaintomateriaaleina esimerkiksi kuormitustason käsittelyyn yhteisissä tuotantopalaverissa. OEE-tuloksista on seuraavalla sivulla esimerkki kuviossa neljä, OEE-luvut kuormitusjaksolla. Kuviossa on esitetty Arrow Machine Track -sovelluksen luomasta OEE-luvuista muodostuvasta viivadiagrammista. Viivadiagrammi kertoo tietyn ajanjakson aikana muodostuneen OEE-tulokset ja arvoista muodostuvan muutoskäyrän.



KUVIO 4. OEE-luvut kuormitusjaksolta (Arrow Engineering Oy. Machine Track -sovellus. OEE-luvut 2011)

Kyseisiä sovelluksia Suomessa tarjoavat esimerkiksi Konecranes Oyj Hyvinkäältä, Fastems Oy Ab Tampereelta, Novotek Oy Vantaalta ja Arrow Engineering Oy Jyväskylästä. Jokaisella yrityksellä on oma päämies, jonka laatimaa sovellusta konsultointiyritykset markkinoivat teollisuusyrityksille. Ohjelmistoa tarvitsevat yritykset voivat täten valita oikean OEE-sovelluksen, joka vastaa parhaiten heidän tuotannon vaatimuksia.

2.6 Kehityskohteet

Kokonaistehokkuuden määrittäminen on mainio keino sekä apuväline kerätä tietoa ja tuotantohävikkien syitä seurattavasta tuotannosta. Yleensä taustalta löytyvä tuotantohävikki syö OEE-arvon tasoa. Erittelemällä seurannan aikaiset tuotantohävikkien muodostumat ja tutkimalla niiden aiheuttajia tarkemmin voidaan tuotantohävikkien poistamiseksi muodostaa kehityskohteita. Kehityskohteisiin suunniteltuja ratkaisuvaihtoehtoja hyödyntämällä voidaan tuotantohäviöt minimoida tai parhaimmassa tapauksessa poistaa kokonaan.

Hävikkien tutkimiseen ja jaotteluun sopii hyvin sivulla yhdeksän esitetty kuvio yksi, jossa on esitetty kuusi suurinta tuotantohävikkiä. Erittelemällä tuotannossa syntyneet tuotantohävikit hävikkisyiden alle ja muodostamalla niistä kehityskohteita, voidaan suunniteltua kehitystyötä viedä eteenpäin. Kehityskohteita ratkaisemaan voi nimetä henkilökunnasta yksittäisen henkilön tai työryhmän, joka keskittyy ongelman ratkaisuun. Työryhmä on usein parempi vaihtoehto, koska ryhmässä toteutuu usean henkilön ajattelutyö. Ajattelutyön tuloksissa voidaan tuoda esiin useampia kehitysvaihtoja, joiden avulla voidaan ongelma ratkaista. Laatomalla ongelmalle ratkaisu voidaan seuraavassa OEE-mittauksessa seurata kehitystyön tulosta ja havaita, miten kehitystyö on vaikuttanut kokonaistuloksiin.

3 KOKONAISTEHOKKUUDEN MÄÄRITYKSEN TOTEUTUS YRITYKSIIN

Luvussa käsitellään OEE-arvon määrittystä työvaihe kerrallaan. Vaiheiden tarkoitus on selkeyttää sisältöä, jotka muodostavat kokonaisuutena työhöjeen. OEE-tutkimuksen voi tehdä kahdella tapaa; tutkimalla vain osatekijöiden arvot lyhyesti tuotannosta tai pidemmän kaavan mukaan, jossa OEE-arvojen lisäksi perehdytään osatekijöiden arvoa alentaviin tuotantohäviöihin. Tässä luvussa käsitellään OEE-tutkimuksen vaiheet jälkimmäisen vaihtoehdon mukaan. Tiettyä osaa tutkimuksesta voidaan käyttää kummassakin menettelyssä.

Tutkimus jakautuu kolmeen päävaiheeseen: Työn suunnitteluun, seurantatyöhön ja tuloksien muodostamiseen. Työn suunnitteluun kuuluu kokonaistehokkuuden määrittymiseen tutustuminen, tutkimus-, tiedonkeräys- ja lupalomakkeiden laatiminen sekä seurattavien yritysten valinta. Toiseen vaiheeseen eli seurantatyövaiheeseen lukeutuu asiakasyrityksen tuotannon seuraaminen sovitun aikajakson mukaan. Viimeinen vaihe on yritys seurannasta saatujen tietojen analysoiminen, OEE-arvojen muodostus ja raportin laatiminen yritykselle. Raporttiin voidaan lisätä tuotantohävikkien minimoimiseen tai poistamiseen kehityskohteita. Seuraavaksi tutustutaan tarkemmin aiheeseen.

3.1 Kokonaistehokkuuteen tutustuminen

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla kokonaistehokkuusaiheeseen. Aiheesta etsittiin tietoa tuotantotekniikan painetuista lähteistä, aikaisemmista opinnäytetöistä, konsulttiyritysten kotisivuilta ja Internetistä. Parhaimmiksi tietolähteiksi paljastuivat konsulttiyritysten kotisivut ja aikaisempien opiskelijoiden tekemät opinnäyte- ja tutkimustyöt. Konsulttiyritykset ovat tehneet kotisivuilleen kokonaistehokkuudesta kertovia tietopaketteja ja kertovat näiden sisällöistä tarkemmin palvelutuotteinaan. Opinnäytetöissä parhaimmaksi materiaalilähteeksi havaittiin niiden lähdeluettelot. Lähdeluetteloista saatiin selville alkuperäiset materiaalilähteet. Alkuperäisistä materiaaleista saadaan paras ja ajantasaisin tieto, jota ei ole vielä muutettu toisten henkilöiden laatimien tekstien mukaiseksi.

Aiheeseen tutustumisen yhteydessä kerättiin materiaalia osatekijöiden kohdentamiseksi tutkittaviin tuotantomuotoihin. Kohteena oleva tuotanto täytyy olla etukäteen tiedossa, jossa kokonaistehokkuuden tutkimus suoritetaan. Tutkimuksen sisältöön tutustuminen oli helppoa, kun suurin osa aikaisemmin suoritetuista kokonaistehok-

kuuden määrittämisestä on laadittu metalliteollisuuden tarpeisiin. OEE-osatekijöiden sisältöön tutustuttiin kokonaistehokkuudesta laadittuja materiaaleja tutkimalla ja määriteltiin seurattavia tekijöitä yritysseurantaa varten. Seurattavat tekijät jaettiin OEE-arvojen laskennassa käytettäviin aiheisiin ja tuotantohävikkien muodostajiin.

OEE-arvoja määritettäessä seurantajaksoilta tarvitaan seuraavia tietoja: suunnitellut ja toteutuneet tuotantoajat, tuotantonopeudet valmistetuilta tuotantokappaleilta, syntyneet seisokkiajat eli tuotantohävikit, työvuorojen pituudet, pidetyt tauot sekä toteutuneet ja hylätyt tuotantomäärät. Edellä mainitut tiedot ilmoitetaan minuutteina ja kappalemäärinä. Näin ne helpottavat yksiköiden käyttöä. Kerätyistä tiedoista voidaan helposti muodostaa osatekijä- ja OEE-arvot.

Seisokkiaika ja muut tuotanto-ongelmat muodostuvat tuotantohävikkien mukaan, jotka on esitelty sivulla yhdeksän olevassa kuviossa yksi. Tuotantoseisokit jakautuvat pääryhmittäin kuuteen tuotantohävikkiryhmään. Tuotantohävikkiryhmään on tutustuttava perusteellisesti ennen varsinaista seurantajaksoa tuotannossa. Tuotantohävikkien havainnointi ja erittely seisokkien syntyessä on tärkeää, jotta ne osataan yhdistää oikeaan paikkaan oikealla hetkellä.

Tuotantohävikkeistä havaittiin yksi tärkeä tekijä. Miksi ja miten tuotantohäviöt muodostuvat? Syyksi osaltaan paljastui tuotannossa esiintyvät ongelmat. Tutkimalla näitä suurimmalle osalle löytyy ratkaisu. Näistä ongelmista voidaan muodostaa kehityskohteita ja laatia näihin ratkaisuja.

Kehityskohteiden muodostamisesta saadaan opinnäytetyöhön yksi osa-alue lisää. Seurantatyön yhteydessä pohdimme ratkaisuja, joita hyödyntämällä tuotantohävikkejä voidaan poistaa tai minimoida. Ratkaisut luovutamme raportin yhteydessä asiakasyrityksille, jotka saavat monipuolisemman ja laajemmin hyödynnettävän raportin.

3.2 Tutkimislomakkeiden laatiminen

Kokonaistehokkuusteorian ja esimerkkien jälkeen oli vuorossa yritysseurannoissa käytettävien seuranta- ja selvityslomakkeiden tekeminen. Lomakkeita on kaikkiaan kolme, joita käytettiin asiakasyrityksistä saatavan tiedon muistiinpanoihin. Lomakkeet muodostuvat yritysseuranta-, lisätieto- ja lupalomakkeesta. Kyseiset lomakkeet on esitelty seuraavissa kappaleissa.

3.2.1 Yritysseurantalomake

Yritysseurantoja varten laadittiin erillinen ja yksinkertainen yritysseurantalomake (liite 3), joka on suunniteltu yrityksen toimintatavasta riippumatta erilaisiin tuotantotapoihin. Lomaketta käytettiin tuotantotoimintojen kirjaamiseen. Lomake on kaksiosainen. Valmistusaikojen koskevat tiedot kerätään lomakkeen yläosaan ja suoritettavista tuotantotoiminnoista saadut tiedot alaosaan. Lomakkeessa käytettäviä arvoja ovat minuutit ja kappalemäärät. Tiedoista voidaan kirjoittaa lisätietoa selvityssarakkeeseen.

Yritysseurantalomakkeen yläosan ensimmäiseen sarakkeeseen kerätään tietoa tuotantokappaleen nimikkeestä, tuotantokoneesta tai -solusta, työntekijän ja yritysedustajan tiedot. Nämä muodostavat perustiedot, joiden perusteella voidaan myöhemmin kerätä tietoa yrityksen tietokannoista. Toiseen sarakkeeseen kerätään seurattavan tuotteen suunniteltuja kappalemääriä ja valmistusaikojen. Kolmanteen sarakkeeseen merkitään todelliset kappalemäärät ja valmistusajat. Neljänteen sarakkeeseen voidaan kerätä tiedot hylätystä tuotannosta ja työvaiheiden määrästä. Edellä mainittujen sarakkeiden tietoja voidaan hyödyntää suunniteltujen valmistusaikojen eroavaisuuksien vertailussa todellisiin valmistusaikoihin.

Seurantalomakkeen alaosaan on tehty taulukkopohja, jonka sarakkeet on jaettu toimenpiteeseen, aloitus- ja päättymisaikaan sekä toimenpiteen tarkempaan selvityskenttään. Näiden alapuolelle kerätään tuotannossa tapahtuvien toimintojen muutoksista tietoja. Toimenpidesarakkeeseen kirjataan kuormitus- tai seisokkimerkintä. Aloitusarakeeseen merkitään toimenpiteen aloitusajankohta kellonaikana ja päättymisarakeeseen toimenpiteen lopetusajankohta. Viimeiseen toimenpiteen tarkempaan selvityssarakkeeseen kirjataan kuormituksen tai seisokin tarkempi selvitys. Kuviossa viisi on esimerkki yritysseurantalomakkeen täydentämisestä. Siinä on esitetty yksinkertainen esimerkki, kuinka lomaketta voidaan täydentää.

TUOTANTOKONEEN/SOLUN KOKONAISTEHOKKUUDEN SEURANTALOMAKE

Nimike: 510A330 Suun.kpl määrä: 20 Tod. kpl määrä: 19 Hylätyt kpl: 1

Tuotantokone/solu: Doosan 2500 Suun. kpl aika: 15,45 Tod. kpl aika: 15,15 Vaihemäärä: 2

Työntekijä: Mikko Mallikas Suun. sarja-aika: 309 Tod.sarja-aika: 303

Yritysedustaja: Antti Ylijoki Yritysedustajan yhteistiedot: _____

Toimenpide	Alkoi	Päättyi	Toimenpiteen tarkempi selvitys
Kuormitus	9:00	9:15	Nimikkeen 510A330 1.vaihe
Seisokki	9:16	9:18	Kappaleen käänö käsin, mittojen tarkastus ja säätö.

KUVIO 5. Esimerkki yritysseurantalomakkeen täydentämisestä

3.2.2 Lisätietolomake

Tuotannosta kerättäviin lisätietoihin laadittiin kaksisivuinen lisätietolomake, johon kirjataan tuotantotyöskentelyyn vaikuttavia tekijöitä. Liitteessä neljä on esitetty lisätietolomake, jota käytettiin yrityksiin suoritetuissa seurannoissa. Lomake täydentää edellisessä luvussa esitettyä yritysseurantalomaketta. Täydentävistä lisätiedoista voidaan muodostaa kokonaiskuva tuotannosta. Lisätietolomakkeelle on tarkoitus kirjata ylös tuotannossa esiintyviä tuotantohävikkejä.

Lisätietolomakkeelle on kerätty kysymyksiä muistilistaksi asioista, jotka ovat tärkeitä poimia tuotannosta. Kysymykset koskevat yrityksen sisäistä logistiikkaa, työpisteiden organisointia, menetelmäsovelluksia ja työn valmistelua sekä suunnitelmallisuutta. Jos edellä mainituista tuotantoa parantavista tekijöistä havaitaan tuotantoseisokkeja, voidaan niistä muodostaa kehityskohteita ja pohtia ratkaisuehdotuksia. Näistä raportoidaan kokonaistehokkuusraportin yhteydessä asiakasyritykseen.

3.2.3 Tutkimuslupalomake

Viimeisenä lomakkeena on tutkimuslupalomake, jonka tarkoitus on pyytää asiakasyrityksen edustajalta oikeudet käyttää yrityksen tuotannosta saatuja tuloksia opinnäytetyössä. Tuloksia käsitellään yleisellä tasolla opinnäytetyössä. Tällöin tietojen kohdentaminen yrityksiin on mahdotonta. Luvallinen ja luotettava yhteistyö on päädytty varmistamaan virallisella tutkimuslupalomakkeen (liite 5). Kaksisivuinen tutkimuslupalomake hyväksytään tutkimuksen suorittajan ja kohdeyrityksen valtuuttaman työntekijän kesken ennen OEE-seurannan suoritusta.

Tutkimuslupalomakkeesta käy ilmi tutkimuksen tekijä ja kenen alaisuudessa tekijä työskentelee, tutkimuksen ohjaaja(t), tutkimuksen tarkempi selvitys ja ajankohta sekä yrityksen edustajan hyväksyntä tai kieltäminen. Tärkeimpiä kohtia lomakkeessa on tutkimuksen selvitys sekä päätös työn hyväksymisestä, jonka kaikki osapuolet allekirjoittavat. Tutkimuslupalomakkeiden allekirjoitusten jälkeen voidaan tutkimuksessa edetä yritysseurantoihin.

3.3 Asiakasyrityksien valinta

Opinnäytetyöhön valittiin valmistavasta osateollisuudesta pk-yrityksiä lisäalasta ja Vieremältä. Valittavien yritysten tuotantomuodon täytyi muodostua vähintään yhdestä seuraavista vaihtoehdoista: koneistuksesta, hitsauksesta tai kokoonpanosta. Kriteerejä valinnassa oli osallistuvien yritysten tuotannossa esiintyvät kehityspuutteet ja kehityspotentiaali. Tämän tyyppisissä yrityksissä on usein rajalliset resurssit tuotannon kehitystyöhön. Näillä kriteereillä hankkeella on mahdollisuus antaa mahdollisimman suuri hyöty alueen pienille yrityksille. Educa Learn -hanke vuorostaan sai tärkeää informaatiota yritysten kehitystarpeista. Hankkeen päättymisen jälkeen kehitystarpeita voidaan jatkaa oppilaitoksien ja yritysten välisenä yhteistyönä. Näistä muodostetaan ajankohtaisia kehitystöitä, joita viedään yhdessä eteenpäin.

Ensimmäisenä tiedusteltiin puhelimitse koneistusyritysten halukkuutta osallistua OEE-tutkimukseen, koska tuotantomuoto on tuttu opinnäytetyön tekijälle. Koneistavista yrityksistä tiedusteltiin ensimmäiseksi halukkuutta tulla mukaan OEE-seurantaan. Yritykset yllättivät halukkuudellaan ja antoivat positiivisen vastauksen. Koneistavien yritysten jälkeen siirryttiin pohtimaan muiden tuotantomuotojen potentiaalisia vaihtoehtoja. Sopivia hitsaus- ja kokoonpanoyrityksiä pohdittaessa havaittiin mahdolliseksi vaihtoehdoksi keskittää hitsaus- ja kokoonpanoseurannat samaan yritykseen. Tällä tapaa kyseiset yritykset saivat mahdollisimman suuren hyödyn irti OEE-tutkimuksesta. Yrityksiä, josta löytyy hitsaus- ja kokoonpanotoimintaa, on lisäalmen alueella rajallinen määrä. Näiden tuotantomuotojen yrityksistä tiedustelu suuntautui lisäalmen yritysten tuotantoon. Kahdelta yritykseltä saatiin positiivinen vastaanotto OEE-tutkimukselle. Kaikilla yrityksillä oli tutkimuksen kiinnostuksesta päätellen halukkuutta sekä tarvetta tutkia heidän tuotannon nykytilaa, johon kokonaistehokkuuden määrittäminen soveltui hyvin.

Valittujen yritysten kanssa pidettiin OEE-määrittämisen aloituspalaveri noin kaksi viikkoa ennen tehtävää tuotannon seurantajaksoa. Aloituspalaverissa sovittiin tarkemmin tutkittavat seurantakohteet yritysten tuotannosta, valmistettavat tuotteet, seuranta-aikataulu sekä lopuksi tutustuttiin tuotantoon. Aloituspalaverissa allekirjoitettiin myös yrityksen ja opinnäytetyön suorittajan välinen tutkimuslupalomake.

Tutkimuskohteiksi valittiin samantapaisia seurattavia tuotantolaitteita tai työsoluja jokaisesta tuotantomuodosta. OEE-seurantaan osallistuvien yritysten tuotanto rajattiin yritysten vakio- tai avaintuotteisiin. Näin saatiin todellinen tuotantotilanne, josta uudelle valmistussarjalle ominaiset käynnistämishäiriöt on poistettu. Seurattavien tuot-

teiden täytyi olla aikaisemmin valmistettuja sekä lähitulevaisuudessa uudestaan valmistukseen tulevia. Eli valmistesarjoja, josta yritykselle muodostuu toistuvaa tuotantoa. Koneistavista yrityksistä valittiin samantapaiset tuotantokoneet eli vaakakaraiset työstökeskukset, joissa valmistetaan keskikokoisia levyleikkeitä ja suoritetaan viimeistelykoneistusta hitsauskokoontuotteille. Hitsauksesta ja kokoonpanosta seuranta kohdennettiin yhden suuren tuotteen kokoonpanohitsaukseen sekä loppukokoonpanoon.

Valmistettavat tuotteet olivat valmistusajaltaan erilaisia ja todellinen valmistusaika vaihteli minuutista useisiin minuutteihin, jopa tunteihin. Eli usean päivän kestävä yritys seurantajakso sisälsi paljon erilaisia tuotteita, jotka vaikeuttivat pienissä määrin nopeustekijän määrittämistä. Asiakasyrityksiä valitessa oli tärkeää huomioida nämä edellä mainitut valmistettavien tuotteiden ominaisuudet ja pohtia yritysedustajan kanssa oikeaa rakoa tuotannossa, johon seuranta kohdennetaan. Aloituspäivästä aloitettiin valmistettavat tuotteet vain hitsaukselle ja kokoonpanolle. Päivästä aloitettiin kyseisille tuotantomuodoille sopiva tuote, joka ensimmäiseksi hitsataan osista suuremmaksi hitsauskokoontuotteeksi. Hitsauskokoontuotteen jälkeen tuote siirtyi välivaiheiden kautta loppukokoonpanoon. Loppukokoonpanossa tuotteelle suoritettiin kokoonpanovaihe, jossa erilaiset hitsauskokoontuotteet ja komponentit yhdistettiin.

Tutkimusaikataulusta sovittiin yritysedustajan ja opinnäytetyön tekijän kanssa alustava seurantajakso, jonka aikana sovittua tuotantomuotoa tarkkailtiin. Alustavat tutkimusjaksot olivat päivästä viiteen työpäivää. Lopullinen aikataulu tarkentui seurantajakson aikana tuotantotapahtumien mukaan. Aloituspäivästä lopuksi käytiin tutustumassa tuotantotiloihin ja suoritettiin kevyt seurantakohteeseen tutustuminen. Päivästä jälkeen seuraavavaihe oli yritys seuranta sovittuna ajankohtana.

3.4 OEE-seuranta yrityksissä

Asiakasyrityksissä aloitettiin seurantajakso sovittuun aikatauluun mukaan. Ensimmäiseksi seurattiin koneistusyrietykset, joiden jälkeen oli vuorossa hitsaus- ja kokoonpanotuotanto. Seurantajakson tarkoituksena oli tutkia ja seurata tuotantolaitteen tai -solun työajankäyttöä, valmistussarjojen ominaisuuksia sekä toimintaympäristöä. Työajankäyttö jakautui tuotannossa tutkimuksen aikaan karkeasti kuormitus- ja seisokkiaikaan. Seisokkiaika jaettiin tuotantohävikkeihin, jotka jaoteltiin syiden ja muodostumisen mukaan. Kaikista tuotannossa tapahtuvista muutoksista tehtiin yritys seuranta-

lomakkeelle minuutin tarkkuudella merkintöjä, jotka analysoitiin tuloksien käsittelyvaiheessa.

Seurannan aikana valmistussarjojen ominaisuuksia tutkittiin ja seurattiin. Tuotteista kerättiin suunniteltuja ja toteutuneita sarja- ja kappaleaikoja sekä valmistussarjojen hyväksytyjä ja hylättyjä tuotantomääriä. Näitä tietoja käytettiin suunnitellun ja toteutuneen ajankäytön vertailussa sekä nopeus- ja laatuosatekijää määritellessä. Tutkimuspäivien aikana valmistuneista tuotteista voidaan kerätä suunniteltuja valmistusajkoja etukäteen ennen seurantaa, mutta suositeltavampaa on kerätä nämä vasta seurannan jälkeen. Tällöin tiedetään todellisuudessa valmistuneet tuotantosarjat. Toteutuneet valmistusajat kelloitettiin seurannan yhteydessä minuutin tarkkuudella. Valmistussarjoista hyväksytyt ja hylätyt tuotteet laskettiin valmistussarjojen päätteeksi.

Toimintaympäristöä tutkittiin kuormituksen aikana ja siitä tehtiin lisätietolomakkeelle muistiinpanoja. Toimintaympäristöstä kerättiin tietoa logistiikan toimivuudesta, varastilojen käytöstä, menetelmäkehityksen tasosta, työn suunnittelusta ja ennakoimisesta sekä työpisteen organisoimisesta. Näiden toimintaympäristöstä kerättävien tietojen pohjalta muodostettiin tuloksien käsittelyvaiheessa mahdollisia kehityskohteita.

Seurantajakso alkoi perehdyttämällä tuotantolaitteen tai -solun työntekijä OEE-tutkimuksen suoritukseen ja tämän vaikutuksesta hänen työskentelyyn. Työntekijä ohjeistettiin työskentelemään normaalisti tuotantolaitteella tai -solussa välittämättä seurantaa suorittavasta henkilöstä. Tärkeää oli kertoa laitteen käyttäjälle työn tarkoitus, jotta seurantaa ei koeta liian henkilökohtaiseksi. Työntekijöillä oli erilaisia ennakkoluuloja seurannasta ja määrittelyn jälkeisistä seurauksista. Näistä jouduttiin seurantajakson aikana tekemään lisäohjeistuksia.

Perehdyttämisen jälkeen yrityksen työntekijät aloittivat normaalin työskentelyn yrityksen tuotannossa, jota seurantaa suorittava henkilö seurasi. Työn suoritusta seurattiin turvallisen välimatkan päästä häiritsemättä tuotantotyöntekijää ja työskentelyä tuotantolaitteella tai -solussa. Kaikista tuotantoon liittyvistä tapahtumista ja valmistusaikojen kelloituksista pidettiin kirjaa. Seurantapäivän aikaan kertyi keskimäärin toista kymmentä sivua tekstiä. Seurantapäivän loppuun kerätty materiaali käytiin yrityksen tuotantotyöntekijän kanssa läpi yhteenvetona. Päivän sisältämistä tuotantoseisokeista keskusteltiin yhdessä ja pohdittiin tarvittaessa kehitysideoita. Yhteenvedossa käytiin läpi myös logistiikkaa koskevia tapahtumia sekä tuotantotyöntekijän omia ehdotuksia tuotannon parantamiseen. Lisäksi kerättiin toiminnanohjausjärjestelmistä tietoa suun-

nitelluista valmistusajoista ja laskettiin työpäivän aikana hyväksytyt ja hylätyt kappalemäärät. Tarvittaessa yhteenvetoon osallistui myös tuotannon esimies.

Kyseisiä tuotantolaitteiden- tai solujen kohdeseurantoja tehtiin yrityksestä riippuen yhdestä kuuteen. Tuotantolaitteiden tai solun seurantajakson kesto vaihteli tilanteen mukaan kolmesta tunnista viiteen seurattavaan työvuoroon. Seurantajakson pituus voitiin määritellä etukäteen tuotannon esimiehen kanssa tai katsoa tilanteen mukaan tarkasteltavaan kohteeseen vaikuttavat tuotantomuutokset. Seurantajakson loputtua siirryttiin tuloksien analysointivaiheeseen, jossa seurannassa kerätty materiaali purettiin käsiteltäväksi materiaaliksi.

3.5 Tuloksien analysoiminen

Kokonaistehokkuustuloksien analysoiminen alkoi seurantajaksoilta kerätyn seurantamateriaalin erittelyllä erilaisiin työpäivään sisältämiin toimiin. Työpäivään kuuluvista toimista muodostettiin kolme pääluokkaa, jotka olivat tauko-, kuormitus- ja seisokkiajat. Erittely tehtiin käsityönä. Eritellymateriaali siirrettiin tietokoneen laskentasovelukseen. Laskentasovelluksena toimii Microsoft Officen Excel -sovellus. Exceliin muodostettiin oma laskentataulukko kyseisille tapahtumille. Tuotantotapahtumista tauko- ja kuormitusajat käsiteltiin analysointivaiheessa nimen mukaisina toimina, eikä näitä tarvitse eritellä tarkemmin. Seurantalomakkeilta poimittiin tapahtumien lisäksi työvuorojen pituudet.

Tuotantotapahtumista kuormittamaton aika jaettiin toimintatavasta riippuen erilaisiin seisokkisyihin, jotka pohjautuvat tuotantohävikkien muodostumiseen. Tuotantohävikit on esitelty luvussa 2.1. Seisokkiaikojen esiintymistiheys vaikuttaa, mihin ryhmään seisokkiaika kuuluu, kuten laitevikoihin, tyhjäkäyntiin, tuotantoseisokkeihin ja -katkoksiin. Tarkoituksena on helpottaa seisokkien yhdistämistä tuotantohävikkiryhmiiin seisokkiajan jakamisella edellä mainittuihin ryhmiin. Ryhmiä on helpompi käsitellä raporttia ja tuloksia laadittaessa, kun ryhmien sisältämiä arvoja voidaan käyttää suurempina ja selkeinä määrinä. Ryhmitetyt seisokkiajat summattiin erittelyvaiheen lopuksi yhdeksi suureksi seisokkiaikojen summaksi.

Tuotantoaikojen purkamisen jälkeen taulukoitiin valmistussarjojen ominaisuudet seitsemään sarakkeeseen tuotantoaikojen mukaan. Tuotantosarakkeet muodostuivat suunnitellusta sarja- ja kappaleajoista, toteutuneesta sarja- ja kappaleajasta, hyväksytyistä ja hylätyistä tuotemääristä sekä valmistettujen tuotteiden kokonaistuotanto-

määrästä. Sarakkeisiin sijoitettujen aikoja vertailemalla havaittiin jo tässä vaiheessa eroja suunniteltujen ja toteutuneiden valmistusaikojen välillä. Taulukosta muodostettiin kokonaistehokkuusraporttiin oma valmistusaikojen vertailutaulukko.

Viimeiseksi analysoitavaksi vertailuarvoksi muodostettiin työvuoron aikana valmistuneista tuotteista toteutunut tuotantonopeuden keskiarvo. Tuotantonopeuden keskiarvo toteutuneista valmistusajoista laskettiin työvuoron aikana valmistuneiden sarjakohtaisten kappalemäärien ja kappaleaikojen mukaan. Eli valmistussarjojen toteutuneet kappaleajat kerrotaan kappalemäärällä ja summataan työvuoron aikana valmistuneet valmistussarjat keskenään yhteen. Lopuksi summa jaettiin työvuoron aikana valmistuneella kappalemäärällä.

Seuraavaksi käydään esimerkkilasku tuotantonopeuden keskiarvosta. Oletetaan, että työvuoron aikana valmistuu kolme valmistussarjaa. Ensimmäinen valmistussarja sisältää 20 kappaletta tuotteita, joiden kappaleaika on 12 minuuttia. Näistä kertyy sarjaajaksi 240 minuuttia. Toisen valmistussarja sisältää 27 kappaletta tuotteita ja niiden kappaleaika on 4 minuuttia. Tästä kertyy sarja-ajaksi 108 minuuttia. Kolmannen valmistussarjan koko on 5 kappaletta tuotteita ja kappaleajaksi muodostuu 13 minuuttia. Näistä kertyy sarja-ajaksi 65 minuuttia. Yhteensä valmistuneiden tuotteiden kokonaisajaksi kertyy 413 minuuttia. Valmistusajan keskiarvoksi muodostuu kokonaisajasta ja -kappalemäärästä kahdeksan (8) minuuttia seuraavan kaavan mukaan.

$$\text{Valmistuneiden tuotteiden keskiarvo} = \frac{\text{Kokonaisaika}}{\text{Kokonaiskappalemäärä}} = 8 \text{ min}$$

Edellä mainitut analysoidut tiedot siirrettiin luvussa 2.4 esitettyyn Novotek -sovellukseen. Sovellukseen siirrettiin seisokkiryhmistä summatut seisokkiajat, taukoajat, työvuorojen pituudet, tuotantonopeuden keskiarvot, kokonaistuotantomäärät ja hylättyjen tuotteiden määrä jokaisesta tarkasteltavalta tuotantolaitteelta tai -solulta. Sovellus laskee automaattisesti annettujen arvojen mukaan käytettävyys-, nopeus- ja laatuosatekijät sekä lopuksi OEE-arvon. Kyseiset arvot siirrettiin suoraan kokonaistehokkuusraporttiin.

3.6 Raportointi tutkimuksen tuloksista ja kehityskohteista yrityksiin

Yritysseurantaviikolla kerätystä materiaaleista muodostettiin tuotantohäviöistä kehitysideoita. Kehityskohteiden muodostamisen tarkoituksena oli saada asiakasyritys reagoimaan löytyneisiin tuotantohävikkeihin. Kehitysideoita jalkauttamalla käytäntöön voidaan ratkaista tuotantohävikkien syntyminen syy ja suunnitella ratkaisuja vaatimuksien mukaan. Kaikkiin kokonaistehokkuusraportissa esitettyihin kehityskohteisiin suunniteltiin yksinkertaisia ratkaisuja esimerkkinä asiakasyrityksille. Näiden pohjalta yritykset voivat lähteä suoraan toteuttamaan raportissa saatuja kehityskohteita.

Seurantamateriaaleista analysoiduista tuloksista, havaituista kehityskohteista ja -ideoista laadittiin keskimäärin 30 sivua sisältävä kokonaistehokkuusraportti asiakasyrityksiin. Raportti sisälsi aluksi kokonaistehokkuuden perusteet ja määrittämisen, jota käyttämällä asiakasyritykset voivat itsenäisesti toteuttaa jatkossa kokonaistehokkuustutkimuksen. Perusteiden jälkeen raportti sisälsi asiakasyrityksen ja määrittämisen perustiedot, joiden yhteydessä on kerrottu kokonaistehokkuuden määrittämisen suorittamisesta asiakasyrityskohtaisesti. Suorituksen jälkeen raportissa käsiteltiin tutkimukseen kuuluvan seurantajakson aikana kerätty materiaali ja kokonaistehokkuustulokset. Lopuksi raportti sisälsi useita kehityskohteita, jotka kaikki sisälsivät kehitysideoita. Kyseisiä ideoita pohdittiin asiakasyrityksen henkilökunnan kanssa seurantajakson aikana.

Laadittu raportti palautettiin asiakasyrityksille PDF-muodossa. Palautuksen yhteydessä sovittiin kokonaistehokkuusseurannasta ja määrittämisen tuloksista käsittelypalaveri. Palaverissa tarkoitus oli tarkentaa ja selventää raportissa käsiteltäviä asioita. Palaverijankkohta oli usein seuraavalla viikolla palautuksesta, jolloin asiakasyritykselle jäi muutaman päivä aikaa tutustua raporttiin omatoimisesti. Yhteisessä palaverissa asiakasyrityksellä oli mahdollisuus kysyä mieltä askarruttavista asioista, joita he olivat löytäneet raporttiin tutustumisen yhteydessä. Palaverin lopuksi asiakasyritykseltä kerättiin palaute OEE-määrittämisen suorituksesta ja raportista saatavien ohjeiden hyödyntämissuunnitelmista.

4 ASIAKASYRITYKSET KOKONAISTEHOKKUUDEN MÄÄRITYKSESSÄ

Opinnäytetyön tutkittiin kokonaistehokkuuden muodostumista ja tilannetta pk-yrityksissä. Työ kohdennettiin Pohjois-Savon metalliteollisuuden yrityksiin kehittämällä heidän tuotantoaan. OEE-määrittämisestä pääsee hyötymään kolmesta kuuteen alueen pk-yritystä. Valintakriteerinä yritysvallinnoissa on yritysten mahdollisimman suuri hyötyminen OEE-määrittämisestä ja kehityskohteista. Yrityksien tuotantovaihtoehdoista valinta kohdistui koneistus-, hitsaus- ja kokoonpanotuotantoon. Jokaisesta tuotantovaihtoehdosta valitaan kaksi vertailukohdetta, joita vertaillaan keskenään lopullisissa tuloksissa.

Pk-yrityksistä OEE-määrittämiseen mukaan kysyttiin Farmi Forest Oy, HT Laser Oy, Metallityö Vainio Oy sekä Timaco Oy. Kaikki näistä yrityksistä ovat työntekijämäärällisesti samassa kokoluokassa ja heidän tuotantonsa samantyyppistä. Seuraavissa alaluvuissa on tutustuttu yrityksiin lähemmin.

4.1 Farmi Forest Oy

Farmi Forest Oy perustettiin vuonna 1962 nimellä Peltosalmen Konepaja Oy. Yrityksen ensimmäisiin tuotteisiin kuului traktoriin kiinnitettäviä työlaitteita, jotka saivat käyttövoimansa traktorista hydraulisesti tai kardaanimen välityksellä. Yritys on kokenut useita nimen ja omistajien vaihdoksia vuosien aikana. Nykyiseksi Farmi Forest Oy:ksi yritys muuttui vuonna 2002. Vuosien saatossa yrityksen tuotevalikoima on muuttunut. Valmistus on vakioitunut nykypäivänä metsätalouseläälle. Liikevaihto vuonna 2010 oli noin 8,5 miljoonaa euroa. (Fonecta Oy 2011a.)

Yritys valmistaa nykyisin traktorikäyttöisiä juontolaitteita, hakkureita, puutavaraormaimia ja metsäperävaunuja Farmi-tuotenimellä. Suurin osa, noin 80 % tuotteista menee vientiin kotimaan rajojen ulkopuolelle yli 40 maahan. Yrityksen henkilökuntaan kuuluu noin 40 henkeä. Myyntiä hoitaa noin 30 maahantuojaa tai edustajaa ympäri maailmaa. (Farmi Forest Oy 2011)

Yrityksen tuotanto muodostuu tuotesuunnittelusta, prototuotteiden testauksesta, juontolaitteiden, hakkureiden ja puutavaraormaimien sekä metsäperävaunujen osa- ja kokoonpanohitsauksesta, näiden loppukokoonpanosta sekä lopputuotteen testauksesta. Osien koneistuksen ja pintakäsittelyn yritys ostaa ulkopuoliselta sopimusali-

hankkijalta. Pienemmät osat ja kokoonpanot sekä hydraulikkakomponentit tulevat kokonaan alihankinasta.

Yrityksen tuotannosta OEE-tutkimukseen valittiin hakkurin kokoonpanohitsaus ja loppukokoonpano. Tarkoitus oli seurata hakkurin läpimenoa osista lopputuotteeksi sekä tehdä havainnot kehityskohteista. Hakkurista seurattiin ensimmäiseksi runkojen hitsausvaiheet, jonka jälkeen siirryttiin loppukokoonpanoon. Seurattavia valmistusvaiheita hitsauksesta olivat silloitus- ja robottihitsausvaiheet sekä kokoonpanosta rungon ja syöttölaitteen kokoonpanovaiheet.

4.2 HT Laser Oy

HT Laser Oy perustettiin vuonna 1989 ja on osa perheomisteista Teiskonen Oy konsernia. Vuonna 2010 liikevaihto oli 35 miljoonaa euroa. Toimipisteitä yrityksellä on 13, joista 12 toimipistettä kotimaassa. Toimipisteet työllistävät yhteensä noin 250 työntekijää. Yrityksen tuotteisiin kuuluu yrityksen itse suunnittelemissa tuotteissa ja alihankintaa. Alihankintapalveluun lukeutuu esimerkiksi Suomen johtavaa laserleikkausta, plasmaleikkausta, robottihitsausta, särmäystä ja koneistusta. (HT Laser Oy 2011.)

OEE-tutkimukseen mukaan valittiin HT Laser Oy:n Vieremän toimipiste. Toimipiste aloitti uusissa tuotantotiloissa vuonna 2007, jonne se siirtyi iisalmelaisen Normet Oy:n tiloista. Uusissa tiloissa tuotanto painottuu puhtaasti alihankintaan. Yrityksen toiminta palvelee pitkälle Vieremällä sijaitsevan kumppanuuskylän yrityksiä, kuten Ponsse Oy:n ja Ratesteel Oy:n tarpeita. Alihankintatuotteita menee myös muualle Suomeen.

HT Laserin tuotannosta tutkimukseen valittiin koneistustuotanto. Tutkimukseen kuuluva seurantajakso kohdennettiin isolle vaakakaraiselle työstökeskukselle, joka toimii kolmessa vuorossa. Työstökoneen tuotantoa seurattiin aamuvuorossa viikon pituisena jaksona. Koneistuksessa valmistettavien tuotteiden aihiot tulevat yrityksen sisältä. Tuotantokappaleina oli useita laserilla tai plasmalla leikattuja levyleikkeitä sekä hitsauskokoonpanoja. Aihoiden kiinnitys työstökoneeseen suoritettiin koneistuskiinnittimillä, jotka kiinnitettiin paletinvaihtajaan.

4.3 Metallityö Vainio Oy

Metallityö Vainio Oy perustettiin vuonna 1992 Iisalmeen, jossa nykyinen toimipiste sijaitsee Ratapellon teollisuusalueella. Yritys on perhetaustainen osakeyhtiö, joka työllistää noin 30 työntekijää. Liikevaihto vuonna 2011 oli 1,75 miljoonaa euroa. (Fonecta Oy 2011b.) Yrityksen palveluihin lukeutuu projektitoimituksia ja tuotteina teräsrakenteita sekä öljysäiliöitä. Tuotteet jakautuvat esimerkiksi projektitoimituksissa suuriin puutavarakuivaamoihin, teräsrakenteissa betoniasemasiiloihin ja polttosäiliöpuolella urakoitsijoiden käyttämiin siirrettäviin öljysäiliöihin. (Metallityö Vainio Oy 2011.)

Tuotteiden valmistuksen ohessa yrityksessä tapahtuu myös erilaisia alihankintapalveluja. Nämä jakautuvat osavalmistuksessa hitsaukseen, lämpökäsittelyyn, pintakäsittelyyn ja kokoonpanoon. OEE-tutkimukseen valittiin Metallityö Vainio Oy:n toiminnoista mekaaninen hitsaus- ja kokoonpanotoiminta. Yritys on monta vuotta sitten aloittanut toimintansa nykyisissä uusissa tiloissa, jossa tuotannon kehittäminen on vielä alkutekijöissään.

Yrityksestä valitut tuotantomuodot kohdennettiin alihankintatuotteisiin, joita yritys valmistaa työkoneiden puomirakenteita. Tuotteet ovat erilaisissa ajoneuvoissa käytettäviä jatko- ja nivelpuomeja. Hitsauksessa seurattiin henkilönostopuomin jatkeiden hitsausvaiheita kaksi päivää ja henkilönostokorin sekä betoniruiskupuomin kokoonpanoa toiset kaksi päivää. Kaikki toiminnot tapahtuivat mekaanisesti käsityönä.

4.4 Timaco Oy

Timaco Oy on perustettu vuonna 1996. Yritys siirtyi uusiin toimitiloihin vuonna 2006 Iisalmen Peltosalmelelle. (Timaco Oy 2011a.) Omistajina toimii yrittäjäpariskunta sekä Canelco Oy. Timaco Oy työllistää noin 50 metallialan ammattilaista. Vuonna 2010 liikevaihto oli 3,1 miljoonaa euroa (Fonecta Oy 2011c.)

Yrityksen tuotanto painottuu koneistusalihankintaan, jonka kysyntään vastaa yli 20 erilaista metallin työstökoneita. Konekanta muodostuu pääasiassa CNC-sorveista ja CNC-työstökeskuksista. Koneista suurin osa on 2000-luvulla hankittuja, vähintään kolmella liikeakselilla varustettuja nykyaikaisia työstökoneita. (Timaco Oy 2011b.)

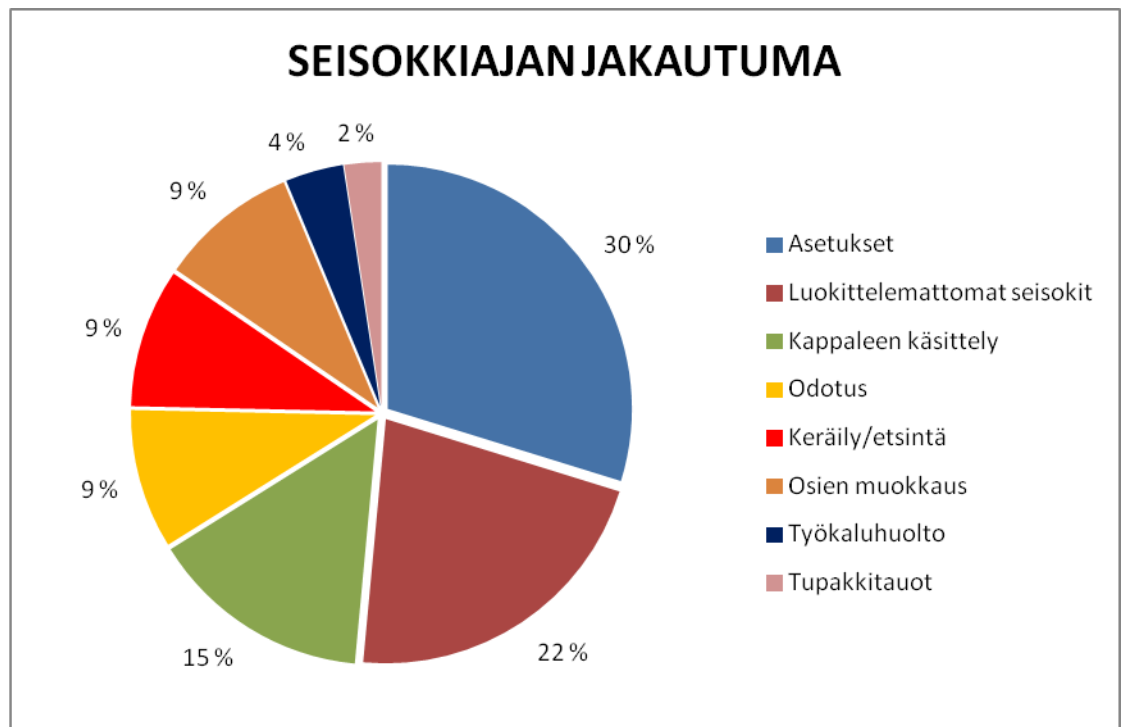
Timaco Oy oli toinen OEE-tutkimukseen valittu koneistuspalveluita tuottava yritys. Määrittämiseen vertailukohteeksi päätettiin ottaa mukaan vastaava tuotantokone kuin

HT Laser Oy:llä. Valinta kohdistui vaakakaraiseen työstökeskukseen. Kyseinen tuotantokone on kuormitettuna tuotannossa kolmessa vuorossa. Yritysseuranta kohdennettiin aamuvuoroon viiden työpäivän pituisena seurantajaksona. Kone valmistaa keskikokoisia koneistustuotteita. Tuotantokonetta pyritään kuormittamaan ilman tuotantokatkoja. Kuormituksesta huolehtii koneen käyttäjä. Koneistettavat kappaleet ovat pääasiallisesti hitsattuja kokoonpanoja, jotka vaativat tarkkoja koneistettavia pintoja sekä reikiä. Tuotantokappaleiden kiinnitys koneistuskeskukseen tapahtuu koneistuskiinnittimien ja paletinvaihtajan avulla, joiden täyttämisestä sekä lataamisesta huolehtii työstökoneen käyttäjä.

5 ANALYYSI KERÄTYISTÄ TUOTANTOTIEDOISTA

Asiakasyrityksistä seurantajaksoilla kerätystä tiedosta muodostettiin tulokset Novotek -sovelluksella. Täydentämällä sovelluksen arvokentät saadaan muodostettua taulukon sisälle syötettyjä kaavoja käyttämällä kolmelle osatekijälle arvot, joista muodostui lopuksi OEE-arvo. Jokaisesta tuotantomuodosta muodostettiin osatekijöille kaksi arvoa, joista syntyy lopuksi tuotantomuotokohtaiset OEE-arvot. Tuotantomuotojen OEE-arvoista lasketaan lopuksi keskiarvo, jota voidaan käyttää lisälmen alueen teollisuusyritysten suuntaa-antavana kokonaistehokkuustasona.

Ennen varsinaisia tuloksia käydään läpi seisokkiaikojen syitä ja jakautumia yhteenvedonä. Seisokkiajoista on muodostettu sektoridiagrammi, josta nähdään suurimpien seisokkiaikojen osuudet. Diagrammissa vertaillaan kokonaisseisokkiaikaa seisokkiaiheisiin. Kyseiset seisokkiaikojen muodostajat syövät yleisesti yrityksen tuotannon tehokkuutta. Kuviossa kuusi on havainnollistettu seisokkisyyden jakautuma neljässä Pohjois-Savon yrityksissä. Kuvioista voi prosenttimäärinä havaita seisokkisyyden suuruudet tuotannossa syntyvistä seisokkiajoista.



KUVIO 6. Seisokkisyyden jakautuma neljässä Pohjois-Savon yrityksissä

Kuviosta nähdään suurimman seisokkiajan muodostajaksi asetusten tekeminen tuotantolaitteille tai -solussa. Asetusten osuus koko seisokkiajasta seurantamateriaalin mukaan on 30 %. Toiseksi suurin seisokkiajan aiheuttaja tuotannossa on luokittelemattomat seisokit, jotka ovat esimerkiksi työntekijän ohjeistuksesta johtuvia vääriä

työtapoja, työympäristön järjestysongelmia ja logistiikkapohjaisia ongelmia. Luokittelemattomat seisokit muodostavat tuotannon seisokeista 22 %. Kolmantena seisokkiaan muodostaja on kappaleen käsittely 15 % osuudella, joka suoraan liittyy valmistettavan kappaleen tai tuotteen siirtämiseen, kääntämiseen ja lataamiseen työpisteen sisällä. Loput seisokkiaan syyt ovat suoraan diagrammista selviäviä seisokkeja.

Seuraavaksi on käsitelty jokaisen osatekijän tulokset vertailemalla tuotantomuotojen arvoja keskenään. Lopuksi verrataan kaikkien tuotantomuotojen OEE-arvoja toisiinsa ja muodostetaan keskiarvo seurantaan osallistuneiden yritysten kokonaistehokkuustasosta. Tulokset vertaillaan satunnaisessa järjestyksessä, jonka ansiosta arvojen kohdentaminen asiakasyrityksiin on mahdotonta.

5.1 Käytettävyysarvot

Käytettävyyden seurantapäiviä syntyi neljästä kymmeneen riippuen tuotantomuodosta ja seurattavasta kohteesta. Tuloksia vertaillaan kokonaisina seurantapäivinä. Eniten seurantapäiviä syntyi koneistuksesta, jossa tuotantoa vertailtiin vaihtuvien tuotteiden vuoksi viiden seurantapäivän pituisina jaksoina yhtä asiakasyritystä kohti. Hitsauksesta kertyi kuusi ja kokoonpanosta neljä seurantapäivää. Hitsauksen ja kokoonpanon seuranjakson pituuden määritteli seurattavan tuotteen valmistusvaiheiden pituudet. Käytettävyysosatekijään vaikutti suunnitellun tuotantoajan määrästä vähennetyt seisokit. Taulukossa yksi on käytettävyystulokset OEE-seurantajaksolta.

TAULUKKO 1. Käytettävyytulokset OEE-seuranjaksolta

	Koneistuksen käytettävyyssarvo	Hitsauksen käytettävyyssarvo	Kokoonpanon käytettävyyssarvo
1. seurantapäivä	70,40 %	48,40 %	61,10 %
2. seurantapäivä	54,20 %	34,20 %	51,60 %
3. seurantapäivä	42,70 %	54,60 %	67,80 %
4. seurantapäivä	89,60 %	30,90 %	63,90 %
5. seurantapäivä	29,40 %	38,30 %	
6. seurantapäivä	87,90 %	49,30 %	
7. seurantapäivä	35,20 %		
8. seurantapäivä	73,50 %		
9. seurantapäivä	25,30 %		
10. seurantapäivä	62,60 %		
Keskisarvoprosentti	57,08 %	42,62 %	61,10 %
Käytettävyyden keskiarvo			53,60 %

Taulukosta havaitaan kolmen tuotantomuodon käytettävyyss prosentit, jossa koneistukselle muodostui 57,1 %, hitsaukselle 42,6 % ja kokoonpanolle 61,1 %. Keskiarvoksi näistä syntyi 53,6 %. Saaduista tuloksista kokoonpano muodostaa parhaimman käytettävyyss tuloksen, joka kuitenkin jää yli 28 % tavoitearvosta. Pienin 42,6 % käytettävyyssarvo muodostui hitsauksesta, joka jää yli 47 % tavoitearvosta. Tavoitearvo käytettävyydestä on 90 %.

Kokonaistuloksista muodostuu tuotantomuotojen käytettävyyssprosentin keskiarvoksi 53,6 %, joka jää reilusti alle ”World Class” -tavoitearvon. Saadun tuloksen ja tavoitearvon välille kertyy erotusta reilu 36 %. Tuloksesta havaitaan käytettävyyden sisältävän paljon tuotantohävikkejä, jotka pitäisi mahdollisesti poistaa tai yrittää minimoida tuotannosta.

5.2 Nopeusarvot

Nopeusosatekijästä kertyi saman verran seurantapäiviä käytettävyyden kanssa. Nopeudesta tulokseksi saadut prosenttiarvot on lähempänä tavoitearvoja käytettävyyteen verrattuna. Nopeusosatekijä muodostuu teoreettisen tuotantoajan suhteesta toteutuneeseen tuotantoaikaan. Taulukossa kaksi on nopeusarvojen tulokset OEE-seuranjaksolta.

TAULUKKO 2. Nopeusarvojen tulokset OEE-seurantajaksolta

	Koneistuksen nopeusarvo	Hitsauksen nopeusarvo	Kokoonpanon nopeusarvo
1. seuranta päivä	97,60 %	91,50 %	96,60 %
2. seuranta päivä	75,00 %	75,50 %	70,00 %
3. seuranta päivä	97,40 %	91,60 %	87,90 %
4. seuranta päivä	66,90 %	88,00 %	80,00 %
5. seuranta päivä	86,30 %	85,80 %	
6. seuranta päivä	83,40 %	92,20 %	
7. seuranta päivä	62,60 %		
8. seuranta päivä	87,30 %		
9. seuranta päivä	74,70 %		
10. seuranta päivä	98,90 %		
Keskiarvoprosentti	83,01 %	87,43 %	83,63 %
Nopeuden keskiarvo			84,69 %

Taulukosta havaitaan prosenttien jakautuma kolmen tuotantomuodon nopeuden keskiarvoprosentteihin. Nopeuden keskiarvo koneistustuotannossa on 83 %, hitsaustuotannossa 87,4 % ja kokoonpanotuotannossa 83,6 %. Seurantatuloksista parhaimman nopeusarvon muodosti hitsaustuotanto. Edellä mainituista arvoista voidaan huomata, että tuotantomuotojen välillä ei isoja eroja syntynyt. Suurimman ja pienimmän arvon välille jäi vain alle viisi prosenttiyksikköä keskiarvon ollessa 84,7 %.

”World Class” -tavoitearvo nopeusosatekijässä tavoitteena on päästä lähelle 95 %. Tuloksien keskiarvo jää reilu 10 % alle tavoitearvon. Nopeuden keskiarvotuloksesta voidaan päätellä, että kehittämällä käytettävyyteen vaikuttavia tekijöitä tuotannossa saadaan tulokseksi nopeusosuuteen kasvua. Parannusta nopeuteen ei voida tehdä tuotannon kuormitusaikaa muuttamalla ilman tuotantoon vaikuttavien tuotantohävikkien minimointia tai kokonaan poistamista.

5.3 Laatuarvot

Laatuosatekijän seuranta päivien lukumäärä myötäilee edellisten osatekijöiden määrää. Laatuosatekijä muodostuu kokonaistuotantomäärästä, josta vähennetään uusintatyötä tai reklamaatiosta aiheutuvaa korjaustyötä vaativat tuotantomäärät. Laatuarvon muodostumiseen vaikutti seurattavissa yrityksissä suurimmaksi osaksi heidän valmistettavien tuotteiden ominaisuudet ja tavoitteet. Koneistusyriksiä lukuun ottamatta laatuarvon piti olla 100 %, koska hitsaustuotannossa ja kokoonpanotuotannossa valmistuu sellaisia tuotteita, jossa ei ole uusinta tai reklamaatiotyön mahdollisuut-

ta. Nämä työvaiheet pitää valmistaa ilman epäonnistumisia kalliiden valmistuskustannuksien vuoksi. Koneistuksessa uusinta ja reklamaatiotyöt ovat mahdollisia. Taulukossa kolme, laatuarvojen tulokset OEE-seurantajaksolla, on esitetty seurantamateriaalista analysoidut laatuosatekijöiden tulokset.

TAULUKKO 3. Laatuarvojen tulokset OEE-seurantajaksolta

	Koneistuksen laatuarvo	Hitsauksen laatuarvo	Kokoonpanon laatuarvo
1. seurantapäivä	100,00 %	100,00 %	100,00 %
2. seurantapäivä	100,00 %	100,00 %	100,00 %
3. seurantapäivä	100,00 %	100,00 %	100,00 %
4. seurantapäivä	100,00 %	100,00 %	100,00 %
5. seurantapäivä	96,40 %	100,00 %	
6. seurantapäivä	100,00 %	100,00 %	
7. seurantapäivä	100,00 %		
8. seurantapäivä	100,00 %		
9. seurantapäivä	100,00 %		
10. seurantapäivä	100,00 %		
Keskiarvoprosentti	99,64 %	100,00 %	100,00 %
Laadun keskiarvo	99,88 %		

Taulukosta havaitaan prosenttien jakautuma kolmen tuotantomuodon laadun keskiarvoprosentteihin. Laadun keskiarvo koneistustuotannossa on 99,6 %, hitsaustuotannossa 100 % ja kokoonpanotuotannossa 100 %. Seurantatuloksista parhaimmat laatuarvot muodostivat hitsaus- ja kokoonpanotuotanto. Laatuarvo on suoraan verrannollinen valmistettävien tuotteiden vaatimuksiin ja ominaisuuksiin. Eli hitsauksessa ja kokoonpanossa ei valmistettu uusinta tai reklamaatiotyötä vaativia tuotteita, koska tuotteet olivat suuria osakokonaisuuksia. Koneistuksessa yhtenä seurantapäivänä syntyi uusintatyötä vaativia tuotteita kaksi kappaletta. Näistä kyseiselle päivälle muodostui 94,6 % laatuarvo. Edellä mainituista arvoista voidaan huomata, että tuotantomuotojen välillä ei ollut eroja. Suurimman ja pienimmän arvon välille jäi vain reilu kolme prosenttiyksikön kymmenystä keskiarvon ollessa 99,9 %.

”World Class” -tavoitearvo laatuosatekijässä oli päästä lähelle 99 %. Tuloksien keskiarvo ylitti tavoitearvon. Laadun keskiarvotuloksesta voidaan päätellä, että seurantaan osallistuvat yritykset valmistavat laadukasta tuotantoa. Jos tutkittavana kohteena olisi ollut pienosakoneistus, koneistuksen laadun osuus olisi ollut oletettavasti pienempi.

5.4 OEE-arvot

Todellinen tuotannon nykytila saadaan selville OEE-arvoista, jossa kaikkien kolmen osatekijän muodostamat tulokset otetaan huomioon. Vaikka osatekijöiden arvot olisivatkin keskiarvoa parempia, oletuksesta poiketen muodostuu näiden yhteisvaikutuksesta pienemmät kokonaistehokkuustulokset. Aluksi tässä alaluvussa käsitellään tuotantomuotojen tulokseksi kertyneet OEE-arvot ja lopuksi käsitellään kaikkien kolmen tuotantomuodon vaikutus toisiinsa. Näistä saadaan lisälmen teollisuuden alueellinen kokonaistehokkuustaso.

Jokaisesta tuotantomuodosta on saatu kaksi OEE-arvoa. Tuotantomuodot on lueteltu tutkittavien yritysten tunnistamisen estämiseksi koneistus 1 ja 2, hitsaus 1 ja 2 sekä kokoonpano 1 ja 2. Tuotantomuotojen perään on merkitty kyseisen tuotantomuodosta kertynyt OEE-arvo. Taulukossa neljä, koneistuksen kokonaistehokkuustulokset, on esitetty seurantaviikoilla koneistustuotannoista kertyneet OEE-arvot.

TAULUKKO 4. Koneistuksen OEE-tulokset

Koneistusyritys 1	59,55 %
Koneistusyritys 2	35,33 %
Kokonaistehokkuuden keskiarvo	47,44 %

Taulukosta voidaan nähdä koneistusyritys 1 OEE-arvoksi 59,55 %, joka on lähellä maailmalla suoritettujen tutkimuksien keskiarvoa (60 %). Koneistusyritys 2 OEE-tulokseksi on muodostunut vain 35,3 %, joka on reilusti huonompi kuin ensimmäisellä koneistusyrityksellä. Kahdesta koneistavan yrityksen OEE-tuloksesta muodostuu keskiarvoksi 47,4 %. Yrityskohtaisista tuloksista voidaan päätellä, että yrityksistä on paljon tuotantohävikkejä, joiden poistaminen tuotannosta kehityskohteiden avulla olisi ajankohtaista.

Toinen vertailtava tuotantomuoto on osa- ja kokoonpanohitsaus. Kokonaistehokkuustutkimukseen osallistuvissa hitsaustuotannoissa yritys seurannat tehtiin lyhyempinä kokonaisuuksina koneistaviin yrityksiin verrattuna. Tästä huolimatta tulokset ovat vertailukelpoisia ja ajantasaisia. Taulukossa viisi on esitetty hitsauksen OEE-arvot.

TAULUKKO 5. Hitsauksen OEE-tulokset

Hitsausyritys 1	43,13 %
Hitsausyritys 2	26,50 %
Kokonaistehokkuuden keskiarvo	34,82 %

Taulukosta viisi voidaan nähdä hitsausyritysten OEE-arvoksi 43,1 % ja 26,5 %. Tuloksista päätellen yritysten tuotannollisessa tasossa on merkittäviä eroja. Prosentuaalista eroa yritysten välillä on melkein 20 prosenttiyksikköä, joka tuotannon näkökulmasta merkitsee merkittäviä tuotantohävikkieroja. Kummankin yksittäisen OEE-arvo jää alle puoleen tavoitearvosta (90 %). Edellisistä yrityskohtaisista tuloksista muodostuu hitsausyritysten OEE-keskiarvoksi 34,8 %. Hitsaustuotannosta tuloksien mukaan muodostui alimmat OEE-arvot. Tämä edellyttää suurinta panostusta kehitystyöhön. Tärkeää on huomioida hitsaustuotannon kuormituksen muodostuminen, joka saattaa vaihdella suuresti erilaisten tuotteiden välillä.

Kolmas OEE-määrittämiseen valittu tuotantomuoto on mekaaninen kokoonpano eli käsin suoritettava kokoonpanotuotanto. Kokoonpanotuotannossa tehtiin seurattavista tuotantomuodoista ajallisesti lyhyimmät seurannat, koska tutkittavina kohteina oli yksittäinen kokoonpanotuote. Taulukossa kuusi on esitetty kokoonpanon OEE-tulokset.

TAULUKKO 6. Kokoonpanon OEE-tulokset

Kokoonpanoyritys 1	43,60 %
Kokoonpanoyritys 2	59,25 %
Kokonaistehokkuuden keskiarvo	51,43 %

Taulukosta kuusi voidaan nähdä yksittäisten kokoonpanoyritysten tulokset ja keskiarvo kokonaistehokkuustutkimukseen osallistuvista kokoonpanoyrityksistä. Taulukon mukaan kokoonpanoyrityksien OEE-arvoksi muodostuu 43,6 % ja 59,3 %. Kokoonpanoyrityksellä 2 OEE-tulokset olivat lähimpänä ympäri maailmalla muodostettua keskiarvotulosta. Tuloksista havaitaan yritysten välille syntyvän eroa reilut 15 %. Kokoonpanotuotannoissa vertailtiin samantapaisia kokoonpanotoimintoja ja -tasoja. Ero yritysten välisessä vertailussa syntyi yrityksen sisäisen kehitystyön tasosta. Heikomman OEE-arvon saaneessa kokoonpanoyrityksessä kokoonpanotoimintaa on tehty vähän aikaa ja kehitystyö on vasta aluillaan. Paremman OEE-tuloksen saaneessa yrityksessä kokoonpanotoimintaa ja kehitystä on tehty jo parisen kymmentä vuotta.

Keskiarvoksi edellä mainituista OEE-arvoista muodostuu 51,4 %. Tulos on paras vertailtavista tuotantomuodoista, vaikka se jää vielä reilusti alle tavoitearvon (90 %). Kokoonpanossa on edelleen jatkettava kehitystyön tekemistä erilaisina kehityskohteina. Näiden tavoitteena on OEE-tason parantaminen.

Lopuksi kaikista edellä esitetyistä tuotantomuodoista on koottu kaikki arvot samaan taulukkoon. Taulukon tarkoitus on muodostaa alueellinen kokonaistehokkuuskeskiarvotaso. Keskiarvo ei kerro täydellistä tasoa alueen yritysten tuotannon tasosta, mutta toimii hyvänä suuntaa-antavana ohjearvona. Taulukossa seitsemän, OEE-määrityksen tulokset, on vedetty OEE-määritykseen osallistuvien yritysten tulokset yhteen ja laskettu näistä OEE-keskiarvo.

TAULUKKO 7. OEE-määrityksen tulokset

KOKONAISTEHOKKUUS (OEE)

Koneistus 1	59,55 %
Koneistus 2	35,33 %
Hitsaus 1	43,13 %
Hitsaus 2	26,50 %
Kokoonpano 1	43,60 %
Kokoonpano 2	59,25 %

Kokonaistehokkuuden keskiarvo	44,56 %
--------------------------------------	----------------

Taulukosta nähdään OEE-keskiarvoksi 44,56 %, joka on puolet tavoitearvosta. Keskiarvotuloksesta voidaan muodostaa päätelmiä, että kaikissa tuotantomuodoissa tarvitaan kehitystyötä erilaisina kokonaisuuksina. Alueellinen ja tuotannollinen kilpailukyky ei ole paras mahdollinen arvojen mukaan, koska tuotannoissa esiintyy paljon seisokkiaikoja. Seisokkiajat ovat suoraan verrannollisia tuotantohävikkien määrään ja vakavuuteen, joiden osuus on hälyttävän suuri osassa tuotantomuotoja. Tuloksien perusteella tuotannossa syntyvän seisokkiajan määrän karkea-arvio on puolet suunnitellusta kuormitusajasta. Seisokkiaikoja pienentämällä ja kehitystyötä tekemällä voidaan vaikuttaa parantavasti kokonaistehokkuustasoon. Jokaisen OEE-tutkimukseen osallistuneen yrityksen tulisi kiinnittää huomiota näihin.

6 KEHITYSKOhteITA SEKÄ -IDEOITA

Seisokkisyyt liittyvät suoraan tuotantohävikkeihin. Hävikit muodostavat kuusi pääryhmää kuvio yhden mukaan. Ryhmät muodostuvat tuotantolaitteen tai -solun seisokeista, asetuksien teon sisällöistä, alikapasiteetin aiheuttajista, pienentyneen tuotantonopeuden syistä, hylättyjen ja reklamaatiotuotteiden aiheuttajista sekä tuotannon käynnistämisestä syntyvien laatuhävikkien muodostujista. Seisokkiaika jaetaan syntyperänsä ja vaikutuksen mukaan edellä lueteltuihin tuotantohävikkiryhmiin. Apuvälineenä voidaan käyttää kysymystä, mistä tuotantohävikki syntyy. Vaikutuksen mukaan suoritetaan ryhmäjako.

Seisokkisyyistä voidaan esiintymismäärän mukaan muodostaa kehityskohteita, jotka pyritään ratkaisemaan erilaisilla kehitystoimilla. Tavoitteena on poistaa tai vähintään minimoida tuotantohävikin esiintyminen jatkossa tuotantolaitteelta tai -solusta. Tavalisen OEE-määrityksen lisäksi katsoimme tarpeelliseksi esittää raportoinnin yhteydessä asiakasyrityksille kehityskohteita tuotannon ongelmista. Seuraavaksi käydään tuotannossa esiintyviä kehityskohteita läpi tuotantomuotokohtaisesti. Lisäksi on kerrottu miten ongelmatekijät esiintyvät tuotannossa, jonka jälkeen on pohdittu ideoita sen poistamiseen tai minimoimiseen.

6.1 Koneistuksesta löydetty kehitystarpeet

Koneistusyrityksistä löydettiin kokonaistehokkuuden määrittämisessä viisi kehitystarvetta. Jokainen kehitystarve sisältää pienempiä kehityskohteita ja -ideoita, jotka käsitellään seuraavissa kappaleissa aihekohtaisesti. Kehityskohteet olivat seuraavat:

- Asetuksien tekemiseen liittyvät viivytykset
- Työstökoneiden asetuskortit
- Menetelmäsuunnittelu
- Työkalujärjestelmät
- Mittavälineet

Asetuksien tekeminen työstökoneella liittyy suoraan tehtäväkuvauksen mukaan tuotantohävikkeihin. Työstökoneilla käytetään useimmissa tapauksissa halvimpia ja vanhimpia kiinnitysmenetelmiä. Näihin kiinnitysmenetelmiin kuuluu kiinnityslesti- ja vaarnaruuvikiinnitys. Kiinnitystapa on halpa, hidas ja aikaa vievä ratkaisu. Kiinnitysmenetelmällä ei saada hyödynnettyä kappaleiden kiinnitykseen tarkoitettua kiinnityspinta-alaa tehokkaasti. Kyseiseen menetelmään sisältyy paljon erilaisia kiinnitysvälineitä ja -ruuveja sekä ohjainlevyjä. Tästä syystä työstökoneella koneistetaan usein ykkös-

kappaleita puutteellisilla koneistuskiinnittimillä. Lisäksi ongelmia muodostui asetuksienteon ennakoimattomuudesta. Eli työntekijät eivät valmistelleet asetuksien tekoa edellisen tuotantosarjan aikana.

Koneistettavien tuotteiden sarjakoot asettavat koneistukselle "uusia" haasteita. Tulevaisuus tuo tullessaan koneistaviin yrityksiin entistä enemmän lyhyitä alle kymmenen kappaleen tuotesarjoja. Tämä edellyttää tuotannon sulautumista nopeisiin asetuksien vaihtoon, jossa käytettävä aika olisi mahdollisimman minimaalinen. Mitä pidempi asetus aika tuotteilla on, sitä huonompi kate jää tuotteesta yrityksen kassaan.

Asetuksienteosta voidaan muodostaa kehitysideaksi menetelmäsuunnittelun paneutumisen ja asetuksien vaihdon ennakoimisen ohjeistus. Pääpaino on valmistaa nopeasti käyttöönotettavia ja käytettäviä koneistuskiinnittimiä. Näiden tuloksena saadaan koneistuskiinnittimen sekä kiinnittimessä koneistettavien kappaleiden vaihtoaikaa lyhennettyä. Työpisteellä toimintaan on tärkeää lisätä asetuksienteon ennakoimiseen ja suunnitelmallisuuteen liittyviä tekijöitä, kuten etsiä enakkoon vaihdettavat työkalut, koneistuskiinnittimet, työstökoneen työstöohjelmat ja aihiot. Nämä huomioimalla ja tuotantotyöntekijöitä ohjeistamalla kyseiset toiminnat muodostavat lisää tehokasta kuormitusaikaa.

Työstökoneiden tuotantosarjojen asetuksien tärkeät tiedot tallennetaan paperilliselle tai tietokonepohjaiselle sovellukselle. Tätä tallennetta kutsutaan yleisesti asetuskortiksi, joka liittyy yhtenä osa-alueena asetuksientekoon. Asetuskortit ovat tärkeitä informaatiolähteitä toistuvassa sarjatuotannossa, jossa kerran valmistetut tuotteet tulevat uudelleen valmistukseen. Jokaiselle tuotteelle laaditaan työstökonekohtaiset kortit.

Koneistavissa yrityksissä on yleisesti epäselvyyso ongelmia asetuskortteihin tallennetuissa tiedoissa. Yrityksillä oli käytössä paperille kirjoitettuja tai tietokoneen taulukko-sovelluksella laadittuja asetuskortteja. Kummatkin vaihtoehdot ovat kehittyneessä konepajassa vanhoja menetelmiä, jos sovellus ei ole siihen käyttöön suunnattu ja räätälöity. Sovelluksesta pitäisi löytyä kaikki tärkeät tiedot ja alavalikot työstökoneiden tiedoista sekä työkaluista. Näiden selkeydessä ja ymmärrettävyydessä havaittiin runsaasti kehitettävää.

Asetuskorttia laadittaessa peruslähtökohta on laatia kortti sellaiseksi, että uusi työstökoneenkäyttäjä voi toimia itsenäisesti konekohtaisen käyttökoulutuksen jälkeen käyttäen korttiin kirjattuja tietoja aputietoina. Asetuskorttiongelmiaan löytyy nopein ja

kehittynein ratkaisu ohjelmistotoimittajilta. Suomessa on useita ohjelmistotoimittajia, jotka toimittavat räätälöityjä asetuskorttiohjelmia. Hankkimalla asianmukaisen ohjelmiston yritys helpotta ja selkeyttää asetuskortteja sekä niihin tallettavien tietojen ymmärrettävyyttä. Ohjelmistoa käyttävän työstökoneen työntekijän asetuksienteko helpottuu ja lisää mielenkiintoa työtä kohtaan.

Työstökoneilla koneistettavien kappaleiden kiinnitysmekanismit ja kiinnitintasot kaipaivat kehitystyötä. Puutteellinen menetelmäsuunnittelu muodostaa tehottomilla kiinnitysmenetelmillä alikapasiteettia, jossa ei huomioida työstökoneen suorituskapasiteettia. Alihankintakoneistuksessa ei aina ole taloudellisesti kannattavaa käyttää viimeisintä teknologiaa olevia koneistuskiinnittimiä, jonka seurauksena käytettävät menetelmät ovat vanhoja ja mekaanisia. Käytettävän menetelmän ratkaisee tuotteen valmistuksen tulevaisuuden näkymät. Jos tuote ei tule kuin pari kertaa valmistukseen, ei nykyaikaista kiinnitysteknologiaa hyödyntävä koneistuskiinnitin maksa itseään takaisin. Kiinnitinjärjestelmän suunnittelussa ja valmistuksessa on otettava kokonaiskulut huomioon. Sen on maksettava itsensä takaisin mahdollisimman nopeasti. Pitkälle viety menetelmäsuunnittelu vaikuttaa suuresti asetusten tekoajan lyhentymiseen ja kappaleenvaihdon joustavuuteen.

Kömpelöt ja hidaskäyttöiset koneistuskiinnittimet syövät tuotannosta tehollista kuormitusaikaa, jos samaan aikaan tuotantokone seisoo. Siitä huolimatta kiinnittimessä käytettävissä oleva kiinnityspinta-ala tulisi hyödyntää mahdollisimman hyvin. Tarkoittaa lyhyesti useiden aihoiden tai tuotteiden kiinnittämistä koneistuskiinnittimeen samanaikaisesti. Kyseisellä toiminta-ajatuksella saadaan koneen kuormitusaika mahdollisimman pitkäksi, jonka aikana valmistuu useita tuotteita samanaikaisesti.

Menetelmäsuunnitteluun kehitysidea on palkata yritykseen kehitystyöstä vastaava henkilö, joka kävisi valmistettavien tuotteiden valikoiman läpi työstökonekohtaisesti. Näistä on eroteltava toistuvat vakiotuotteet, joille voidaan suunnitella paremmat kiinnitysvälineet. Kiinnitysteknologiana suotavaa olisi käyttää viimeisimpiä ratkaisuja, joita useat kiinnitysvälineiden jälleenmyyjät markkinoivat innokkaina. Valikoima on laaja ja jokaiseen tarpeeseen löytyy ratkaisu, joko jälleenmyyjältä tai itse suunnitteleamalla.

Uusimpiin kiinnitysvälineisiin lukeutuu nollapistekiinnittimet, ulkoista voimalähdettä käyttävät kiinnitysmekanismit ja erikoispuristimet. Tarjolla on myös epäkeskomekanismeja ja valmiiksi räätälöityjä kiinnityspaletteja sekä -tukkeja. Valitsemalla esimerkiksi yhden kehityssuunnan, jonka ajatuksena on käyttää aina samanlaisia kiinnitys-

välineitä, yritys voi parantaa kilpailukykyä alihankintamarkkinoilla. Jälleenmyyjille komponenttien toimitus on helpompaa ja työstökoneet saadaan räätälöityä helposti toistensa kaltaisiksi.

Koneistuksessa oman haasteensa antaa työstökoneen työkalujärjestelmän huoltoon ja työkaluvakiointiin liittyvät haasteet. Huonosti ennakoitua ja paljon työtä vaativat työkaluasetukset aiheuttavat tuotantokoneelle tuotantoseisokkia. Työkaluhuoltoa tehdään usein työstökoneen ovesta käsin, joka edellyttää koneen pysäyttämistä. Jos huoltotyötä ei ole ennakoitu ja valmisteltu hankkimalla tarvittavat työkalut, teräpalat sekä muut tarvikkeet lähelle työstökoneenluokkaa, syntyy helposti pitkä työstökoneen seisokki.

Koneiden käyttämiin työkalumakasiineihin on syötetty paljon erilaisia työkaluja ilman mitään järjellistä logiikkaa. Osa koneista voi tarvita työkaluja toisten koneiden työkalumakasiineista. Tästä voi syntyä samanaikainen tarve useammalla koneella, josta aiheutuu työkalujen puuttuminen tai sekavuus käytettävistä työkaluista. Pahin odotettavissa oleva tilanne on, kun käytettävissä on vain yksi erikoistyökalu ja se sattuu rikkoutumaan. Seuraukset ovat helposti ennustettavissa, josta seuraa pahimmassa tapauksessa useiden tuntien tuotantokoneen seisokki.

Kehitysideana näihin ongelmiin on työkaluvakiointi ja työkaluhuollon suunnitelmallisuus sopivana tuotantohetkenä. Vakioinnissa jokaiselle työstökoneelle laaditaan järjestelmällisesti työkalulistat työkalujen kuormitusasteiden mukaan. Määritetyt työkalut ovat niin sanottuja koneen omia työkaluja, joita ei lainailla ilman esimiehen lupaa toiselle koneelle. Periaatteessa jokaiselta koneelta on löydyttävä jokainen työkalu, joita käytetään kyseisellä koneella valmistettävien kappaleiden valmistukseen.

Työkaluhuolto on helppo tehdä tuotantokoneen seisokin yhteydessä, kuten kappaleen tai paletin vaihto. Tällöin kone on jo valmiiksi pysähdyksissä. Huolto on tärkeää ennakoita ja suorittaa suunnitelmallisesti. Tämä tarkoittaa työkalujen ja teräpalojen etsimistä valmiiksi tai heti saataville. Näin vältetään turhalta tuotantokoneen seisotamiselta.

Laadun varmistamiseen käytettävien mittavälineiden säilytyksessä havaittiin ongelmia. Välineitä säilytettiin työpöydillä työkalujen, työstökoneen terien ja teräpalojen seassa, jossa ne ovat alttiina mekaanisille vaurioille. Säilytystavasta seuraa usein pientynyt tuotantonopeus, kun käytettävissä olevaa kuormitusaikaa kuluu mittavälineiden etsimiseen ja tarkastamiseen. Yleisimpiä mittavälineitä olivat kaari- ja kello-

mikrometrit. Kyseiset välineet ovat herkkiä ja kalliita. Niiden jatkuva korjaaminen ammattilaisen toimesta on erittäin kallista.

Mitat kalibroidaan ohjeiden mukaan kerran vuodessa ja niistä tehdään mittapöytäkirjat. Kyseinen säilytystapa aiheuttaa välineille ulkoisia rasituksia. Esimerkiksi tärähdyksiä ja iskuja aiheutuu työkalujen heittelystä työpöydälle. Tällaisen tilanteen jälkeen on vaarana mittatarkkuuden vääristymä. Mittavälineillä mitataan jopa tuhannesosatarkkuuksilla, jonka vuoksi toimintatarkkuus välineillä on tärkeää. Oikeaoppisesti mittavälineet tulee kalibroida jokaisen vauriotilanteen jälkeen, joka edellyttää mittavälineen poistamista tuotannosta ja lähettämisestä kalibroitavaksi.

Suosittelavaa on kehittää työpisteisiin mittavälineille oma säilytystaso tai -tila, jossa niitä pidetään silloin, kun ne eivät ole käytössä. Siinä ne eivät altistu mekaanisille ja ulkoisille vaurioille. Tavoitteena on vähentää kalibroinnin tarvetta, josta seuraa säästöä mittavälineiden tarkastusmaksuissa. Lisäksi mittavälineiden säilytyksen ohjeistus ja uusien laitteiden käyttökoulutus on tärkeää työntekijöille.

6.2 Hitsauksesta löydetty kehitystarpeet

Hitsausyrityksistä löydettiin kokonaistehokkuuden määrittämisessä myös kehitystarvetta. Jokainen kehitystarve sisältää pienempiä kehityskohteita ja -ideoita, jotka käsitellään seuraavissa kappaleissa aihekohtaisesti. Kehityskohteet olivat seuraavat:

- Asetuksien tekeminen työsoluun
- Tuotesuunnittelu
- Tuotantotilojen layout
- Menetelmäsuunnittelu
- Työergonomia

Hitsaustuotannossa tehdään asetuksia hitsauskokoospanoille silloitus ja robotisointivaiheelle. Asetuksienteko sisältää yleensä osalavojen hakemisen hitsauspisteelle, hitsauskiinnittimen käyttövalmistelun, ensimmäisten hitsattavien osien asettelun kiinnittimeen ja hitsauskoneen toiminnan varmistamisen. Edellä lueteltuihin toimiin kuluu helposti puolesta tunnista tuntiin tuottamatonta aikaa, jos hitsauskokoospano on suuri.

Varastosta haettavat osalavat on pakattu nopeimmalla tavalla, eli suurimmat osat ovat pohjimmaisena ja pienimmät päällimmäisenä. Tavallisesti ensimmäisenä tarvitaan suurimpia osia hitsaustyön aloittamiseksi. Tämä edellyttää osalavan tyhjentä-

mistä ja osien uudelleen järjestelyä. Tähän järjestelyyn on helppo ratkaisu kehittää settilavat hitsauskokoontamokohtaiseksi. Settilavalla jokaiselle hitsattavalle osalle on oma lokero tai paikka, johon tietyt osat laitetaan. Samat lavat voivat liikkua alihankkijan ja pääasiakkaan välillä.

Kokonaistehokkuuden tutkimukseen osallistuvissa yrityksissä oli vaihtelevasti hitsauksessa käytettäviä apuvälineitä, kuten hitsauskiinnittimiä tai paikoitukseen käytettäviä ohjainvälineitä. Pitkään tuotannossa pysyneet tuotteet ovat mukanaan tuoneet myös alkuaikoinaan suunnitellut apuvälineet. Tästä seuraa vanhojen hitsauskiinnittimien käyttöönoton ja varustelun hitaus. Eli yrityksissä ei ole paneuduttu hitsausosien asetteluun ja sen helpottamiseen erilaisilla apuvälineillä. Kehityskohteena olisi asetusajan lyhentäminen kehittyneillä ja nopeasti käyttöönotettavilla kiinnitysvälineillä, jotka käyttävät hyväksi nykyajan kiinnitysvaihtoehtoja.

Onnistuneet tavaratoimitukset yrityksen sisälle luovat jo hyvät alkutekijät asetusajan lyhentymiseen. Päivitetyillä työtavoilla ja apuvälineillä saadaan aikaa edelleen lyhentymään, joka on kaikkien etu. Hitsausajan työstä tulee lopulta kevyempää ja motivoivampaa.

Hitsauskokoontamoina käytettävissä osissa havaittiin ylimääräistä muotoilutyötä vaativia yksityiskohtia tai muotopuutteita. Usein kyseessä oli levyleikkeet, joista puuttui muotoja, viisteitä ja esireikiä. Kaikki ylimääräinen osienmuokkaus vie tuotantoaika ja syntyy tuotantoseisokki. Puuttuvia muotoja tehdään juuri ennen varsinaista hitsausta kulmahiomakoneella tai suuremmilla metallintyöstökoneilla. Varsinaisesti nämä toimenpiteet kuuluisi tehdä piirustuksen mukaan osavalmistuksessa koneistuslaitteilla tai levyleikkureilla. Osasyys tähän on, että osien muotovaatimukset ovat suullisen tai kokemusperäisen ohjeistuksen mukaista. Nämä tiedot eivät aina päädy osapiirustukseen asti. Lisäksi osissa voisi olla asemointia helpottavia muotoja, kuten esireikiä ja ohjainastoja. Varsinkin esirei'illä on vaikutusta hitsauksen jälkeiseen koneistusvaiheeseen, jossa erillistä porausvaihetta ei tarvita.

Tuotteiden vaiheistaminen ja piirustuksien ominaisuudet tarvitsevat täydennystä. Tähän voisi olla hyödyksi valmistavan tuotannon suorayhteys asiakasyrityksen tai oman yrityksen tuotesuunnitteluun. Suoralla kontaktilla varmistetaan tiedon kulku suoraan kohdeosastolle. Kaikkien tarvittavien osien muodot pitää löytyä piirustuksista ja ne tulisi valmistaa osien valmistusvaiheessa. Tuotesuunnittelu tekee suunnitelmat valmistusvaiheista, jotka tuotannonohjaajat siirtävät tuotantoon. Tuotesuunnittelulla voidaan mahdollisesti rajallisissa määrin vaikuttaa osien valmistukseen ja käyttöön. Täs-

tä syystä tuotesuunnittelun ja valmistuksen yhteistyö on tärkeää sujuvassa tuotannossa.

Hitsaustuotteet asettavat tuotantotiloille rakenteellisia vaatimuksia. Materiaaliketjun ja logistiikan toimivuus edellyttää hyvää pohjaratkaisua eli layouttia. Samassa tuotantotilassa valmistettavat pienet ja suuret tuotteet luovat ongelmallisimman tilanteen. Suuret hitsausrakenteet estävät pienempien tuotteiden valmistukseen tarkoitettujen työpisteiden toiminnan ja logistiikkaketju estyy aiheuttaen tuotantoseisokkeja. Työpis-teille ei saada toimitettua järkevästi tarpeellisia osia ja seurauksena joudutaan turvautumaan vaihtoehtoihin logistiikkaratkaisuihin. Joitakin työpisteitä ei ole sijoitettu oikein tuotantoketjuun, jossa materiaalivirtaukset olisi optimoitu. Suuret tuotteet tarvitsevat enemmän tilaa. Näitä valmistetaan yleensä ykköstuotteina tilauksien mukaan. Pienemmät tuotteet vaativat enemmän huomiota. Näiden valmistus tulisi olla jouhevaa ja esteetöntä.

Käytännössä olemassa olevien tuotantotilojen muokkaus valmistettavien tuotteiden mukaan on mahdotonta. Tuotantotilat tulisi suunnitella valmistettavien tuotteiden valmistustavan ja koon sekä käytettävien työstökoneiden mukaan. Suurille ja pienille tuotteille kuuluisi laatia omat valmistustilat, jotka eivät ole yhteydessä toisiinsa. Näin ollen ne eivät sotke tai estä toistensa valmistusta. Pienemmät tuotteet valmistetaan yleensä työsoluissa, joidenka sijoittelu oikein on tärkeää. Solujen sijoitteluun vaikuttaa materiaalivirtaukset. Virtauksien tulee kulkea tuotannossa ketjumaisesti. Tämän seurauksena tuotteita tarvitsee liikutella mahdollisimman vähän.

Tavoitteena on saada materiaalivirtaukset varastosta hitsaustyöpis-teille ja siitä seuraavaan työpisteeseen mahdollisimman esteettömästi. Tuotannon keskittämällä tiettyyn tehtaan osaan saadaan tuotteenkoon vaikutusta minimoitua. Tuotantotilojen toimivuus on tuottavuudessa ja kannattavuudessa avainroolissa.

Menetelmäsuunnittelun tarpeesta on huutava pula hitsauskiinnittimien käytössä. Ilman tehokkaita kiinnitysvälineitä tuotannossa syntyy alikapasiteettia. Tämä vaikuttaa suuresti tuotantonopeuteen ja samojen tuotteiden valmistuksen toistuvuuden varmistamiseen. Monet kiinnittimet ja apuvälineet ovat vanhoja tai hitsaajan itse valmistamia osien kohdistukseen tarkoitettuja ohjaimia. Toimintaperiaatteeltaan nämä ovat toimivia ratkaisuja, mutta niiden käyttämiseen kuluu paljon aikaa. Käyttö pitäisi olla jouhevaa ja nopeaa ilman mitään ylimääräistä säätämistä. Eli levyleike tai tappi laitetaan kohdistusta vasten, niin se on heti hitsattavissa juuri oikeaan paikkaan.

Kehitysratkaisuna olisi menetelmäsuunnittelijan ohjeistaminen tehtävään tai palkkaaminen tehtäväkuorman mukaan. Menetelmäsuunnittelija ryhtyisi käymään tuotevalikoimaa läpi ja erottelisi vakiotuotteet erilleen satunnaisista tuotteista. Hitsauskiinnittimiä ja apuvälineitä kannattaa valmistaa vain sellaisille tuotteille, jotka toistuvat tuotannossa. Rajatuille tuotteille suunnittelija ryhtyisi kehittämään nykyaikaista kiinnitysteknologiaa hyödyntäviä kiinnitystapoja, joita käyttämällä voidaan helpottaa tuotannossa tehtävää hitsaustyötä. Suunnitellut kiinnitysratkaisut voisi toteuttaa tuotannon lomassa tai ulkopuolisella valmistajalla.

Työntekijöiden työtehtävät sisältävät sellaisia nostotehtäviä, joiden paino ylittää hyväksyttävät painorajat. Työasennot ovat nostotehtävissä vaikeita ja vaarallisia. Asennot muodostavat väärin tehtynä pienentyneen tuotantonopeuden. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikissa hitsaussoluissa ei ole käytettävissä nostureita tai nostoapuvälineitä. Seurantajaksojen aikaan oli muutamia ”läheltä piti” -tilanteita, jossa vaarana oli kuorman putoaminen työntekijän päälle. Näiltä tilanteilta olisi välttytty hitsauspistekohtaisella nosturilla.

Yrityksissä pitäisi kiinnittää enemmän huomiota nostoapuvälineisiin ja hankkia tarvittavia välineitä tarpeen mukaan lisää. Jokainen työtehtävä on käytävä läpi ja kartoittaa työasennot sekä työntekijää rasittavat toiminnot. Selvityksellä voidaan poimia toimintaympäristössä työskentelyä helpottavia ratkaisuja, kuten työpöytien työskentelykorkeuden säätämisen ja työtä helpottavien apuvälineiden käyttötarpeita. Työntekijän työtä keventävät ratkaisut luovat työntekijöille mielekkäämmän työympäristön ja parantavat fyysistä hyvinvointia.

6.3 Kokoonpanosta löydetyt kehitystarpeet

Kokoonpanoyrityksistä löydettiin kokonaistehokkuuden määrittämisessä viisi kehitystarvetta. Jokainen kehitystarve sisältää pienempiä kehityskohteita ja -ideoita, jotka käsitellään seuraavissa kappaleissa aihekohtaisesti. Kehityskohteet olivat seuraavat:

- Tuotesuunnittelu
- Tuotteiden valmistus ja reklamaatiot
- Suojaustoimenpiteet pintakäsittelyssä
- Työjono
- Menetelmäsuunnittelu

Osien valmistetiedot ovat yksittäisten tuotteiden kohdalta vanhentuneet. Tiettyjä muotoja tehdään kokemuspohjaisentiedon tai puutteellisten tietojen perusteella, jonka

tuloksena saadaan osat sopimaan keskenään toisiinsa sekä käyttötarkoitusta parannettua. Näihin lukeutuu urat, viisteet, reiät ja kierteet. Kyseinen ongelma viittaa suoraan puutteelliseen tuotesuunnitteluun. Usein seurauksena on tuotantoseisokki. Puuttuvista muodoista on tehty monessa tapauksessa suullinen tai kirjallinen korjaus ehdotus suunnittelusta vastaavalle osastolle. Ilman toimivaa yhteistyötä muutosprosessissa ei kuitenkaan tapahdu mitään.

Tästä voidaan muodostaa kehityskohde, jossa tuotesuunnittelun ja tuotannon yhteistyötä tiivistetään. Oli kyse sitten yrityksen sisäisestä toiminnasta tai asiakasyrityksen ja alihankkijan välisestä yhteistyöstä. Tahojen välille on luotava yhteinen tietojärjestelmä, johon muutostarpeet sekä -ehdotukset syötetään. Järjestelmä siirtää ehdotukset suoraan tuotesuunnittelun työjonoon, jossa paneudutaan heti asian ratkaisuun. Ideana on saattaa muutostarpeet kaikkien tietoon. Ehdotuksista jää merkintä yritysten arkistoihin. Tavoitteena on luoda nopeasti muutostarpeisiin reagoiva tuotesuunnittelu, jonka tuloksena kokoonpanossa saadaan vähennettyä osien muokkaustarvetta.

Alihankinnasta tulevista yksittäisissä osissa havaittiin valmistuksessa syntyneitä virheitä sekä puutteita. Useimmissa tapauksissa kyse oli viimeistelytyön huolimattomuudessa tai laiminlyönnissä. Kyseiset alihankintayritykset eivät kaikissa tapauksissa ole noudattaneet asiakasyrityksen ohjeistusta. Korjaustyö aiheuttaa asiakasyrityksen tuotannossa tuotantoseisokin.

Ratkaisu ongelmaan on laatia kirjallinen reklamaatio alihankintayritykseen. Tämä tehtäisiin jokaisesta korjaustyöstä vaativasta tehtävästä, jotka viittaavat valmistukseen liittyviin virheisiin tai puutteisiin. Valmistusvirheistä ja puutteista voi ottaa käyttöön reklamaatiota tehostavan sakkokäytännön, jossa sakon suuruus riippuu korjaustyön kustannuksista. Eli asiakasyritys korjaa itse havaitut ongelmat ja laatii syntyneistä kustannuksista sakkomaksun. Asiakasyritys toimittaa maksuvaatimuksen laiminlyönneistä alihankintayritykseen, joka sitoutuu maksamaan sen kirjallisella sopimuksella. Näiden käytäntöjen tavoitteena on saada alihankintayritykset kiinnittämään enemmän huomiota laatuun. Tällöin virheistä syntyneet kustannukset siirretään niiden aiheuttajalle.

Puolivalmisteiden pintakäsittelyvaiheessa on kehitettävää kriittisten pintojen suojauksessa. Tuotteissa on tarkkoja sovitussreikiä, kierteitä ja pintoja, joita ei suojata ennen pintakäsittelyvaihetta. Tässä tapauksessa kyse on märkä- ja pulverimaalauksesta. Suojaamattomiin pintoihin kertyy paksuja maalikerroksia, jotka estävät sovitteiden toimintaperiaatteen kokoonpanossa. Edellä mainitut pinnat joudutaan puhdistamaan

kuivaneesta ylimääräisestä maalista kokoonpanopisteellä kuormituskatkoksin. Puhdistus tehdään yleensä kara- tai kulmahiomakoneella. Tämä puhdistusvaihe ei kuulu kyseisen tuotantomuodon tehtäviin.

Maalauksesta syntyviä haittoja kuuluu ehkäistä ennen pintakäsittelyvaihetta, jotta ylimääräisen työn osuutta saadaan vähennettyä. Ratkaisuna pintakäsittelyongelmiin on lisätä puolivalmisteille kriittisten pintojen suojausvaihe. Joka tarkoittaa kaikkien tärkeiden pintojen suojausta erilaisilla menetelmillä. Näihin lukeutuu esimerkiksi tulppaaminen muovitulpilla tai pintojen suojaaminen maalarinteipillä. Joihinkin erikoisiin muotoihin voidaan suunnitella tarkoituksen mukaisia suojauksia. Tällä vaihtoehdolla saadaan kannattamattomia työvaiheita karsittua tuotannosta pois. Tavoitteena on saada tuotannon kokoonpanovaiheesta poistettua kaikki maalaustukoksista johtuvat tuotantohäviöt, jotka syövät kapasiteettia.

Tuotannon suunnitelmallisuutta sotkevat jossakin määrin kiiretyöt, jotka tehdään työjonon ulkopuolella. Monesti syynä ovat työjonon ohittaneet kokoonpanot, jotka pitää saada nopeasti valmiiksi. Lisähaittaa syntyy vielä puuttuvista osista, jotka ovat tyypillisiä kiiretöistä seuraavia ongelmia. Kaikkia tarvittavia osia ei ole ehditty tilaamaan kyseiseen ajankohtaan. Kiiretyöt ja osienpuute yhdessä aiheuttavat vakavan tuotantoseisokin.

Yrityksien sisällä pitäisi kiinnittää huomiota yhteisiin pelisääntöihin, jossa kokoonpanon työjonoa ei sotketa kiiretöillä. Ne tulisi ajoittaa toiminnanohjausjärjestelmässä sopivaan rakoon, josta ne sitten ajallaan tulevat valmistukseen. Jos kiiretöihin on taipumusta, voidaan ne ennakoida ja tehdä varastoon tavallisena tuotantosarjana. Tällöin kiireellisen tilauksen tullessa voidaan tuote toimittaa suoraan asiakkaalle ilman, että se sotkee tuotantoa.

Kokoonpanossa ongelmia luo kokoonpanopukkien puuttuminen ja heikko menetelmäsuunnittelun taso. Useimpia tuotteita kootaan pöytien tai telineiden päällä. Tuotteiden siirto ja kääntö suoritetaan trukkilavojen päällä tai nosturia apuna käyttäen. Tällöin kokoonpanotehtävät eivät ole tehokkaita ja turhia työvaiheita esiintyy toistuvasti. Näihin kuluu useita minutteja tehokasta kuormitusaikaa eli tuotantonopeus pienee. Tämä voitaisiin käyttää vaihtoehtoisesti todelliseen tuottavaan työhön.

Työn tehostamista on hyvä alkaa pohtimaan heti kokoonpanon alkuvaiheissa. Tällöin tuotantotilojen kehittäminen on kaikista helpointa. Tällöin kehitystyö ei sotke aikaisempaa tuotantoa rakenteellisilla muutoksilla. Vain harva tuotantotila mahdollistaa

tämän, koska tuotanto on saatava rullaamaan mahdollisimman nopeasti. Menetelmäsuunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota ensimmäiseksi tuotteiden kokoonpanoa helpottaviin apuvälineisiin, kuten kääntöelineisiin ja pukkeihin. Näiden osalta joudutaan pohtimaan liikeratoja ja kiinnityksiä. Suurien tuotteiden kokoonpanossa kiinnitys on yleensä kiinteä tai liikkuva. Kiinnitykseen joudutaan tällöin tekemään erikoisratkaisuja teollisuusrakennuksen rakenteisiin.

Apuvälineiden ympärille voidaan ryhtyä kehittämään myöhemmin kokoonpanosolua, johon liittyy osahyllyt ja työkalutelineet. Menetelmäsuunnittelu on hyvä ulottaa apuvälineiden ohella myös työmenetelmiin ja käytettäviin työvälineisiin. Laajalla kehitystyöllä saadaan kokoonpanosoluista kehitettyä toimiva ratkaisu tuotanto-ongelmiin. Tuotteiden nopea valmistus puutteellisessa solulla eivät saa estää menetelmäsuunnittelua tai pysäyttää kehitystyötä. Pienempiinkin yrityksiin voisi olla yrityksen menestyksen kannalta viisasta perustaa oma pieni menetelmäkehitysosasto, joka vastaa yrityksen sisäisestä kehitystyöstä. Silloin resurssit eivät ole liian rajalliset ja voidaan keskittyä oleellisiin tehtäviin.

6.4 Yleiset kehitystarpeet jokaisessa yrityksessä

Lopuksi kokonaistehokkuuden määrytyksestä listattiin kaikkia yrityksiä koskevat kehitystarpeet. Jokainen kehitystarve sisältää pienempiä kehityskohteita ja -ideoita, jotka käsitellään seuraavissa kappaleissa aihekohtaisesti. Kehityskohteet olivat seuraavat:

- Työpisteiden järjestys
- Työtehtävien ohjeistus
- Töiden valmistelu ja ennakointi
- Materiaalin hallinta

Työpisteen järjestysongelmat aiheuttavat tuotantopisteillä asetuksienteon sisältämiin työvaiheisiin haeskelulla, etsinnällä ja tehokasta kapasiteettiä kuluttamalla. Jokainen työpiste on työpisteen käyttäjän vastuulla. Monen yrityksen tuotannossa on paljon erilaisia tuotantopisteitä, jotka ovat käyttäjänsä näköisiä. Tuotantopisteet ovat monesti järjestelemättömiä työtasoja ja kaapistoja. Työpöydillä lojuu työkaluja, työstökoneen teriä ja paljon ylimääräistä tavaraa. Työpisteillä on harvemmin otettu käyttöön työympäristöä säätelevää kehitystoimintaa. Tuottavan ja tehokkaan työn tekeminen on joskus jopa mahdotonta tällaisessa ympäristössä. Järjestysongelman piiriin lukeutuu tuotantotiloissa työpisteet, siellä käytettävät tärkeät sekä vähemmän tärkeät työkalut, varastotilat ja yleinen järjestys.

Työympäristön järjestyksen parantamiseksi sopii parhaiden LEAN -ajattelumallin käyttöönotto ja jatkuva parantaminen. LEAN -ajattelumalli on prosessijohtamisen filosofia, joka pitää sisällään useita konsepteja ja työkaluja. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2011.) Ajattelumallilla ja toiminnalla saadaan tuotantotiloista nopeasti muutoksiin reagoiva tuottavakonepaja, jossa tuotantotiloista on karsittu turhat ja ylimääräistä tilaa vievät tekijät pois. Ajattelumallia hyödyntämällä yritykset saavat läpimenoaika ja varastonarvoa pienennettyä. Nämä lisäävät yhteistyön arvoa asiakkaalle.

Yleisesti on havaittu työntekijöillä työtehtäviin liittyvää ohjeistusongelmia, jotka vaikuttavat pienentävästi tuotantonopeuteen. Ohjeistuksen ongelmia havaittiin viimeistelytöiden suorittamisessa, työn suunnitelmallisuudessa, taukoajien hyödyntämisessä kuormituksen, taukoajien käytössä ja työvuorojen vaihdoissa. Osa edellä mainituista työmenettelyistä on toiselle sukupolvelle perintönä siirtynyttä vanhaa työkulttuuria, jotka ovat jääneet taustalle kummittelemaan. Näihin lukeutuu taukoajat ja työvuorojen vaihto. Suurempiosaa muodostuu nykypäivän tuomista vaatimuksista, joiden avulla ylläpidetään kilpailukykyä.

Ohjeistuksen antaminen ja valvominen ovat usein esimiehen tehtäviä ja kuuluvat osana toimenkuvaan. Esimiehen on pyrittävä kehittämään omaa toimintaa sellaiseksi, että hän pystyy kannustavasti ohjeistamaan alaisiaan heidän työtehtävissään. Jos henkilön taidot eivät riitä ohjeistuksen valvomiseen ja antamiseen, voi vaihtoehtona olla lisäkoulutuksen hankkiminen. Esimiestoimintaan on tarjolla koulutusmahdollisuuksia useiden koulutustahojen järjestämänä.

Työohjeiden kannattavan käytön voi perustella kannattamattomuudesta johtuvien syillä. Esimiehet ja työntekijät voisivat yhdessä pohtia parannusehdotuksia työtapoihin ja vaihtoehtoja työn mielekkyyden lisäämiseksi. Vaihtoehdot siirrettäisiin yhdessä tuotannon käyttöön. Esimerkkinä voisi olla savuton tehdasalue, jossa yritys tarjoaa tupakoiville henkilöille tukea tupakoinnin lopettamiseen. Jokainen yritys on luonut omat säännöt yrityksen sisälle ja niiden noudattaminen sekä päivittäminen ovat tärkeitä. Yrityksen ja esimiehen antamien ohjeiden noudattamatta jättämisestä voi seurata varoituksia tai pahimmassa tapauksessa irtisanominen.

Kokonaistehokkuuden tutkimukseen osallistuvissa yrityksissä yhdessäkään ei valmisteltu tai ennakoitu työjonon mukaisia töitä. Osaltaan syy johtuu siitä, että työpiste si-
too työntekijän itse substanssiin. Varsinkin koneistus ja robottihitsaus ovat sellaisia tuotantomuotoja, jossa töiden suunnitelmalliseen suoritukseen on mahdollisuuksia.

Suunnittelemattomasta työstä yleensä seuraa seisokki, mutta sen kestoa voidaan lyhentää suunnitelmallisuudella.

Työn valmistelu ja ennakointi seuraavien töiden osalta tarkoittaa, että työntekijä valmistelee seuraavan työn. Se sisältää seuraavassa työvaiheessa käytettävien työkalujen, aihoiden, osien ja kiinnitysvälineiden valmistelemisen valmiiksi. Pääpaino valmistelussa on etsiä, kerätä ja valmistella toimintakuntoon kaikki saatavilla olevat välineet, jotka eivät estä tuotantolaitetta toimimasta. Eli tuotantolaitte tekee taustalla kuormitettua tuotantoa. Tuloksena on lyhentynyt asetuksen vaihto-aika, jonka seurauksena saadaan seuraava työ aloitettua nopeasti.

Töiden valmistelu ja ennakointi vaatii työntekijän ohjeistuksen lisäämistä. Joissakin tapauksissa käyttöönottoa voisi tehostaa käytännön harjoitukset, jossa ohjaava henkilö seuraa ja opastaa työntekijää toimimaan työpisteellä oikein. Työntekijät eivät itse välttämättä kiinnitä kyseisiin toimiin huomiota ilman ulkopuolisen pientä ohjausta.

Yrityksien tuotteisiin tarkoitettujen osien säilytykseen varatut varastotilat ovat suurelta osin epäloogisessa järjestyksessä. Epäjärjestyksestä seuraa osien etsintää ja keräilyä varastohyllyiltä sekä varastoarvon poikkeamia todellisesta tilanteesta. Keräily osaltaan kuuluu vähäisissä määrin tuotantotyöhön. Näiden seurauksena tuottavatyö pysähtyy ennalta määrittelemättömäksi ajaksi. Kaikille lastatuille kuormalavoille ja puolivalmisteille ei ole määritetty selkeää varastointipaikkaa. Kuormalavat yleensä laitetaan ensimmäiseen varastointipaikkaan, jossa on vapaata tilaa. Tällöin osia sijoitellaan ympäri tehdasaluetta. Tästä seuraa osien käyttöhetkellä etsintätöitä. Kaikki työntekijät eivät tiedä tarkalleen, mistä tietyt osat löytyvät. Varastojärjestelmästä yleensä vastaa pari tuotantotyöntekijää, jotka työskentelevät monitoimimiehenä. Näin ollen toimenkuvaan kuuluu määrittelemättömiä tehtäviä, jotka pitävät heidät kiireisinä. Heillä ei jää aikaa vastata varastojärjestelmän ylläpidosta ja kehityksestä.

Osien kokoluokka vaihtelee pienestä suureen. Pienimpiin lukeutuu niin sanotut kilotavarat ja vastaavasti suurempiin varastoitaviin osiin kuuluu teräsputket ja alihankinnasta tulevat puolivalmisteet. Kaikkia osia ei aina voida säilyttää tehdasrakennuksen sisällä. Seurauksena on näiden säilytys ulkona taivasalla tai erillisessä ulkorakennuksessa. Kyseisestä säilytystavasta on jossakin määrin haittaa. Taivasalla säilytettävät tuotteet kärsivät ruostumisesta ja talvella lumi sekä pakkasvaihteet aiheuttavat omat haasteensa.

Jokaisessa tehdasrakennuksessa kuuluisi olla säilytystilaa käytettävissä riittävä määrä. Tärkeimmäksi vaatimukseksi voidaan asettaa katettuvarastotila ja numeroidut vakiosäilytyspaikat. Jokaisen työpisteen läheisyyteen olisi hyvä mahdollistaa säilytyspaikka tärkeimmille osille.

Ratkaisuna varastointitilan kehittämiseen olisi monessa yrityksessä luoda varastointijärjestelmä. Järjestelmässä olisi jokaiselle lavalle numeroitu varastopaikka, jossa säilytetään tietyn ryhmän osia. Ne voidaan rajata käyttötarkoituksen mukaan työsoluun tai tuotantotilaan. Lisäämällä numeroiduille säilytyspaikoille tuotemäärätiedot voidaan seurata varastosaldoa. Tämän tavoitteena on kehittää varastointijärjestelmä, jota voidaan käyttää hyväksi myös toiminnanohjausjärjestelmässä. Näin varastoa pystytään hallitsemaan reaaliaikaisesti. Tuloksena saadaan selvitettyä todellinen varastonarvo ja tarvittavat osatilaukset poikkeavista varastosaldoista. Toiminnanohjausjärjestelmästä voi jokainen tuotannontyöntekijä tutkia tarvittavien osien varastointitilannetta aloittaessaan seuraavaa työtä. Jos esimerkiksi kaikkia hitsauskokoontanossa käytettäviä osia ei löydy varastosta, voidaan pohtia vaihtoehtoinen ratkaisu ennen kuin aloitetaan keskeneräiseksi jäävä työ.

Varastojen katettua säilytyspinta-alaa tulee järjestää jokaiseen yritykseen riittävän paljon. Jokainen kuormalava ja puolivalmiste on hyvä saada katoksen alle suojaan. Tämä helpottaa myöhemmin niiden parissa työskentelyä. Suuremmille osille ja puolivalmisteille voidaan järjestää erillinen kylmä ulkovarasto, josta ne noudetaan trukilla tarpeen mukaan. Kaikki pienemmät osat tulisi varastoida tehdasrakennuksen sisälle. Näin estetään tuotteiden ruostuminen ja talviset ongelmat.

Numeroiduilla varastopaikoilla, jotka on sijoitettu käyttötarkoituksen mukaan lähelle käyttöpistettä, saadaan osien keräilyyn ja etsintään kuluva aika lyhennettyä. Työntekijät löytävät osalistan mukaan tarvitsemansa osan nopeasti työpisteen lähetyviltä. Varastointijärjestelmää ja varastosaldoa ylläpitämään on hyvä keskittää pari tuotannontyöntekijää, jotka vastaavat hyllypaikoista ja varastosaldosta. Heidän toimenkuvansa tulee rajata varastotehtäviin.

Varastointiongelmat ovat suoraan sisäistä logistiikkaa. Tällä tarkoitetaan apuvälineillä tapahtuvaa materiaalin siirtämistä paikasta toiseen. Monet tuotantotilat ovat esteellisiä ja joudutaan käyttämään vaihtoehtoisia siirtomenetelmiä. Tuotannossa kuluu kuormitusaikaa hukkaan väärinä logistiikkamenetelminä käyttäessä. Toimivan logistiikan tarkoituksena on saada tarpeelliset materiaalit ja osat mahdollisimman nopeasti työpisteille. Esteinä yleensä ovat väärin sijoitetut kuormalavat, epäjärjestys ja muiden

puolivalmisteiden tukkimat kulkuväylät. Seurauksena tuotannossa joutuu raivaamaan kulkuväyliä tai käyttämään siirtovälineenä trukin sijasta nosturia sekä pienempiä työnnettäviä vaunuja.

Apuvälineillä suoritettava materiaalin kuljettaminen tulisi olla mahdollisimman esteetöntä ja sujuvaa. Tuotannossa selkeät logistiikka välineet ja niiden vakituinen käyttö helpottavat osien liikuttelua. Työpisteille tulee olla merkitty kulkuväylä, jotka ovat avoimia ja selkeitä. Eli ne eivät ole osien säilytystä varten. Kulkuväylällä mahdollistetaan sujuvat materiaalitoimitukset oikeita logistiikkalaitteita käyttämällä. Tämän tavoitteena on luoda varastopaikoilta kulkuyhteydet työpisteille, joiden kautta kaikki materiaali liikkuu tuotantotilojen sisällä. Logistiikkaan kuluva aikaa saadaan lyhennettyä ja tehostettua.

7 YRITYSTEN SAAMAT HYÖDYT KOKONAISTEHOKKUUSTUTKIMUKSESTA

OEE-määrittelyyn valittiin neljä yritystä, joiden oli mahdollisuus hyötyä tutkimuksen suorituksesta. Alkuvaiheessa oli tiedossa OEE-arvon muodostaminen ja muutamien kehityskohteiden mahdollinen löytyminen jokaisen yrityksen tuotannosta. Yrityskoh- taisten seurantojen ja raportoinnin jälkeen havaittiin työstä olevan paljon suurempi hyöty kohdeyrityksille kuin aluksi voitiin arvata.

Jokainen yritys katsoi OEE-määrittelyn erittäin tarpeelliseksi omassa tuotannossaan ja olivat tuloksiin tyytyväisiä. Aikaisemmin heillä ei ole ollut mahdollisuutta tehdä vas- taavaa tarkastelua sisäisten henkilöresurssipuutteiden takia. Raportissa he saivat kokonaistehokkuuden määrittelyn ohjeet, joiden pohjalta he voivat itse toteuttaa jat- kossa samanlaisen tarkastelun. Lisäksi se sisälsi määrittelyä syntyneet tulokset sekä laajan kuvauksen tuotannon nykytilasta, joka sisälsi lukuisia tuotantoseisokkien aiheuttajia. Jokaisen tuotantoseisokin löytyminen oli tärkeää, jotta tulevat kehitystyöt osataan suunnata oikein. Ilman näiden havaitsemista tuotannossa kuluu taloudellista hyötyä turhiin tehtäviin ja tuotanto-ongelmiin.

Useimmat hyödyt olivat toimintatapojen selvittämisessä ja se mistä tuotantotyö muo- dostuu työntekijän tekemänä. Tuloksien pohjalta useissa yrityksissä työntekijän teh- tävistä noin 50 % on turhaa työtä. Syntyviä hukkia ei aina tiedosteta toistuvassa tuo- tantotyössä, joka on kuulunut jokapäiväiseen työnkuvaan. Yrityksien saamiin hyötyi- hin voidaan laskea prosentuaalisten tuloksien lisäksi lukuisia tuotantotilojen ja työpis- teiden kehityskohteita, menetelmä ja tuotesuunnittelun vaikutus työtehtäviin sekä työyhteisöön liittyviä ohjeistuksia. Osa on helposti ja nopeasti toteutettavia parannuk- sia, mutta suuremmat parannukset vaativat yleensä laajempia suunnitelmia ja rahalli- sia investointeja. Kaikista näistä keskusteltiin seurannan aikaan työntekijä- ja toimi- henkilötasolla, jotka katsoivat asioiden olevan tärkeitä. Jokainen yritys määrittelee itse raportin merkityksen ja sen hyödyntämisen omassa toiminnassaan.

8 YHTEENVETO

Tämä työ sisältää ohjeistuksen kokonaistehokkuuden eli OEE:n määrittämiseen manuaalisesti. Menetelmänä se on suorittajalle ja yritykselle kustannustehokas, koska varsinainen työ ja seuranta tehdään ulkoisia henkilöresursseja hyödyntäen. Opinnäytetyön liitteissä on lisäksi tiedon keräämiseen tarkoitettuja lomakkeita. Liitteitä käyttämällä saadaan työ aloitettua jouhevasti. Seurantalaitteita ja -antureita ei tarvita menetelmässä. Työn pystyy tekemään yrityksen oma tai ulkopuolinen työntekijä.

Tuloksista saadaan Pohjois-Savon alueelle suuntaa antava kokonaistehokkuusarvo, joka on 44,6 %. Tätä ei voida kohdistaa laajasti kaikkiin alueella toimiviin yrityksiin, koska eroja löytyy paljon. Oikean arvon saaminen selville edellyttää laajempaa ja kattavampaa selvitystä useista alueen yrityksistä. Tämä vaatisi OEE-määrittämisen joka toisessa yrityksessä, josta saataisiin alueellinen mahdollisimman realistinen taso selvitettyä.

Lopuksi työssä saatiin selville yleisimpiä kehityskohteita, joita löytyy useissa tuotannoissa riippumatta yrityksen koosta. Kehitystason eroihin vaikuttaa vain heidän omasta kilpailukyvyn ja tuotannon kehittämisen syntyvät erot. Näitä kohteita voidaan jatkossa kehittää yhdessä Savonia-ammattikorkeakoulun TKI-yksiköiden sekä yrityksen yhteistyöllä. Tämä kokonaistehokkuuden määrittämisen ohje on tehty ohjeeksi ammattikorkeakoululle.

LÄHTEET

Arrow Engineering Oy. 2011. *Arrow Machine Track, ominaisuudet*. [verkkojulkaisu]. Jyväskylä: Arrow Engineering Oy. [viitattu 28.10.2011]. Saatavissa: <http://www.arroweng.fi/index.php/tuotteet/arrow-machine-track/ominaisuudet>

Farmi Forest Oy. 2011. *Farmi Forest Oy* [verkkojulkaisu]. Iisalmi: Farmi Forest Oy. [viitattu 31.10.2011]. Saatavissa: <http://www.farmiforest.fi/fi/>

Fonecta Oy. 2011a. Finder taloustiedot. *Farmi Forest Oy:n tunnuslukutiivistelmä* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Fonecta Oy. [viitattu 31.10.2011]. Saatavissa: <http://www.finder.fi/Mets%C3%A4koneita,%20tarvikkeita%20ja%20huoltoa/Farmi%20Forest%20Oy/IISALMI/taloustiedot/462571>

Fonecta Oy. 2011b. Finder taloustiedot. *Metallityö Vainio Oy:n tunnuslukutiivistelmä* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Fonecta Oy. [viitattu 1.11.2011]. Saatavissa: <http://www.finder.fi/Konepajateollisuutta%20ja%20metallit%C3%B6it%C3%A4/Metallity%C3%B6%20Vainio%20Oy/IISALMI/taloustiedot/203948/>

Fonecta Oy. 2011c. Finder taloustiedot. *Timaco Oy:n tunnuslukutiivistelmä* [verkkojulkaisu]. Helsinki: Fonecta Oy. [viitattu 1.11.2011]. Saatavissa: <http://www.finder.fi/Alihankintateollisuutta:%20metalli/Timaco%20Oy/IISALMI/taloustiedot/148106>

HT Laser Oy. 2011. *Pioneeri Suomen laserteknologiassa - 20 vuotta* [verkkojulkaisu]. Keuruu: HT Laser Oy. [viitattu 31.10.2011]. Saatavissa: <http://www.htlaser.fi/index.php/fi/yrittys>

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. *Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät*. Helsinki: WSOY.

Metallityö Vainio Oy. 2011. *Yrityksen palvelut* [verkkojulkaisu]. Iisalmi: Metallityö Vainio Oy. [viitattu 1.11.2011]. Saatavissa: <http://metallityovainio.fi/?Palvelut>

Novotek Oy. 2011. *OEE Excel-lomake* [verkkojulkaisu]. Vantaa: Novotek Oy. [viitattu 28.10.2011]. Saatavissa: <http://www.novotek.fi/register/OEElaskurifi.xls>

Novotek Oy. 2011a. *Opi lisää OEE:sta/KNL:stä, tietopaketti kokonaistehokkuudesta* [verkkojulkaisu]. Vantaa: Novotek Oy. [viitattu 28.10.2011]. Saatavissa: <http://www.novotek.fi/ratkaisut/Tehokkuudenseuranta>

Novotek Oy. 2011b. *Opi lisää OEE:sta/KNL:stä, tietopaketti kokonaistehokkuudesta* [verkkojulkaisu]. Vantaa: Novotek Oy. [viitattu 28.10.2011]. Saatavissa: <http://www.novotek.fi/ratkaisut/Tehokkuudenseuranta>

Novotek Oy. 2011c. *Opi lisää OEE:sta/KNL:stä, tietopaketti kokonaistehokkuudesta* [verkkojulkaisu]. Vantaa: Novotek Oy. [viitattu 28.10.2011]. Saatavissa: <http://www.novotek.fi/ratkaisut/Tehokkuudenseuranta>

Novotek Oy. 2011d. *Opi lisää OEE:sta/KNL:stä, tietopaketti kokonaistehokkuudesta* [verkkojulkaisu]. Vantaa: Novotek Oy. [viitattu 28.10.2011]. Saatavissa: <http://www.novotek.fi/ratkaisut/Tehokkuudenseuranta>

Pernu, M. 2007a. *Komponenttituotannon OEE-mittauksen kehittäminen ja suunnittelu*. Kuopio. Savonia-ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Pernu, M. 2007b. *Komponenttituotannon OEE-mittauksen kehittäminen ja suunnittelu*. Kuopio. Savonia-ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Timaco Oy. 2011a *Taustat on kunnossa* [verkkojulkaisu]. Iisalmi: Timaco Oy. [viitattu 1.11.2011]. Saatavissa: <http://timaco.fi/3>

Timaco Oy. 2011b *Koneet* [verkkojulkaisu]. Iisalmi: Timaco Oy. [viitattu 1.11.2011]. Saatavissa: <http://timaco.fi/4>

Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2011. *LEAN-työkaluja ja konsepteja* [verkkojulkaisu]. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy [viitattu 8.1.2012]. Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/koulutus/lean-koulutukset/lean-tyoekaluja-ja-konsepteja/>

KUVALÄHTEET

KUVIO 7. Osatekijöihin vaikuttavat tuotantohävikit "Six Big Losses". Kuvio on muotoiltu Manu Pernun opinnäytetyöstä. Muotoilu Harri Niskanen. Pernu, M. 2007 *Komponenttituotannon OEE-mittauksen kehittäminen ja suunnittelu*. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö, 9 [viitattu 28.10.2011].

KUVIO 8. OEE-arvoa mittaavia käsitelmällejä tehokkuudesta ja käyttöasteesta laskennallisessa muodossa. Kuvio on muotoiltu Blom Consultancy -konsultointiyhtiön mukailemasta laskentamallista. Muotoilu Harri Niskanen. Koch, A. 2003. *OEE Industry Standard, Version 2.0* [verkkojulkaisu]. Aarle-Rixtel: Blom Consultancy Bv [viitattu 28.10.2011]. Saatavissa: http://oeeindustrystandard.oefoundation.org/v2003/eng/eng_3_scope.html

KUVIO 3. Grafiikkaikkuna käytettävyydenjakautumasta. Kuvakaappaus yrityksen Internet-sivuilta Arrow Engineering Oy. 2011. *Machine Track -sovellus, ominaisuudet, Grafiikka* [verkkojulkaisu]. Jyväskylä: Arrow Engineering Oy [viitattu 28.10.2011]. Saatavissa: http://www.arroweng.fi/images/stories/mtrack_summaiso.jpg

KUVIO 9. OEE-luvut kuormitusjaksolta. Kuvakaappaus yrityksen Internet-sivuilta Arrow Engineering Oy. 2011. *Machine Track -sovellus, ominaisuudet, OEE-luvut* [verkkojulkaisu]. Jyväskylä: Arrow Engineering Oy [viitattu 28.10.2011]. Saatavissa: http://www.arroweng.fi/images/stories/mtrack_oeiso.jpg

ALKUPERÄINEN NOVOTEK OY:N EXCEL-LOMAKE



Täytä korostetut kohdat yhden vuoron (tai haluamasi ajanjakson) tuotantotiedoilla.

Tuotantodata				
Vuoron pituus		Tuntia =	0 Minuuttia	
Kahvitauot		Taukoa x	0 Minuuttia = 0 Minuuttia yhteensä	
Lounastauot		Taukoa x	0 Minuuttia = 0 Minuuttia yhteensä	
Seisokkiaika			Minuuttia	
Ideaali tuotantonopeus			Kpl/min	
Kokonaistuotantomäärä			Kpl	
Hylätty tuotantomäärä			Kpl	
Apumuuttujat		Laskenta		
Suunniteltu tuotantoaika	Vuoron pituus - tauot	0	Minuuttia	
Toteutunut tuotantoaika	Suunniteltu tuotantoaika - Seisokkiaika	0	Minuuttia	
Toteutunut tuotantomäärä	Kokonaistuotanto - hylätty tuotanto	0	Kpl	
OEE tekijät		Laskenta		
Käytettävyys	Toteutunut tuotantoaika / Suunniteltu tuotantoaika	0,0	%	
Nopeus	(Kokonaistuotanto / Toteutunut tuotantoaika) / Ideaali tuotantonopeus	0,0	%	
Laatu	Toteutunut tuotantomäärä / Kokonaistuotantomäärä	0,0	%	
Kokonaistehokkuus (OEE)	Käytettävyys x Nopeus x Laatu	0,0	%	
OEE tekijät		Huippuarvo	Oma	
Käytettävyys	90,00 %	0,0%		
Nopeus	95,00 %	0,0%		
Laatu	99,90 %	0,0%		
Kokonaistehokkuus (OEE)	85,00 %	0,0%		
<p>Huippuluokan OEE arvona kappalevaratuotannolle pidetään yleisesti lukua 85% tai parempi. Tutkimusten mukaan keskimääräinen todellinen OEE kappalevaratuotannolle on n. 60%.</p>				

MUUTETTU OEE:N LASKENTALOMAKE



Täytä korostetut kohdat yhden vuoron (tai haluamasi ajanjakson) tuotantotiedoilla.

Tuotantodata			
Vuoron pituus		Tuntia =	0 Minuuttia
Kahvitauot		Taukoa x	0 Minuuttia = 0 Minuuttia yhteensä
Lounastauot		Taukoa x	0 Minuuttia = 0 Minuuttia yhteensä
Seisokkiaika			Minuuttia
Tuotantonopeuden keskiarvo			Min/kpl
Kokonaistuotantomäärä			Kpl
Hylätty tuotantomäärä			Kpl
Apumuuttujat		Laskenta	
Suunniteltu tuotantoaika	Vuoron pituus - tauot		0 Minuuttia
Toteutunut tuotantoaika	Suunniteltu tuotantoaika - Seisokkiaika		0 Minuuttia
Toteutunut tuotantomäärä	Kokonaistuotanto - hylätty tuotanto		0 Kpl
OEE tekijät		Laskenta	
Käytettävyys	Toteutunut tuotantoaika / Suunniteltu tuotantoaika		0,0 %
Nopeus	(Kokonaistuotanto / Toteutunut tuotantoaika) / Ideaali tuotantonopeus		0,0 %
Laatu	Toteutunut tuotantomäärä / Kokonaistuotantomäärä		0,0 %
Kokonaistehokkuus (OEE)	Käytettävyys x Nopeus x Laatu		0,0 %
OEE tekijät		Huippuarvo	Oma
Käytettävyys		90,00 %	0,0%
Nopeus		95,00 %	0,0%
Laatu		99,90 %	0,0%
Kokonaistehokkuus (OEE)		85,00 %	0,0%
<p>Huippuluokan OEE arvona kappaletavaruotannolle pidetään yleisesti lukua 85% tai parempi. Tutkimusten mukaan keskimääräinen todellinen OEE kappaletavaruotannolle on n. 60%.</p>			

LISÄTIETOLOMAKE

Kokoontumisen aihe: Materiaali muistio

Aika:

Paikka:

Läsnä:

Muistion laatija:

Opinnäytetyön tekijä:

Ryhmäkoodi:

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön nimi: Kokonaistehokkuus pk-yrityksissä

Materiaalin/aihioiden kerääminen ja siirtäminen työpisteelle (mistä, miten ja mihin) (työpisteelle toimitus, keräily, etsiminen)? Materiaalin/aihioiden liikuttelu väline pisteestä A pisteeseen B?

Minkälainen kiinnitin sovellus on käytössä (jigi, pukki, kääntölaite, penkki, pöytä ym.)?

Minkälaisia työkaluja on työpisteellä käytössä? Onko jokin työkalu turha tai väärä työmenetelmään? Onko työkaluissa parempia vaihtoehtoja työmenetelmään? LEAN?

TUTKIMUSLUPALOMAKE**Tutkimuksen tekijät**

Nimi:

Opinto-oikeusnumero:

Ryhmäkoodi:

Koulutusohjelma:

Tutkinto:

Osoite:

Puhelin:

Sähköposti:

TUTKIMUKSEN OHJAAJA(T)

Ohjaaja: _____ Puhelin: _____ Sähköposti: _____

Ohjaaja: _____ Puhelin: _____ Sähköposti: _____

TUTKIMUS

Tutkimuksen nimi/aihe:

KOKONAISTEHOKKUUS PK-YRITYKSISSÄ

Tutkimuksen tarkoitus:

Tuotantoyksikön tai solun kokonaistehokkuuden mittaaminen ja OEE-luvun tutkiminen

Tutkimustehtävät:

Tuotantoyksikköön tai soluun kuuluvan toiminnan analysoiminen ja tutkiminen.

Tutkimusote ja -menetelmät:

Tutkimustyön tekijä seuraa valvottavan kohteessa työkentelyä ja tekee tarvittavat muistiinpanot, joista tutkija myöhemmin tekee tutkimusraportin yritykselle ja pohtii kehityssaiheita.

Tutkimusajankohta alkaa: _____ päätty: _____

Tutkimuspaikka _____

ALLEKIRJOITUKSET

Paikka ja päivämäärä

Tutkimuksen tekijä/tekijät

Oppilaitoksen edustaja/yhteyshenkilö

PÄÄTÖS

() Tutkimuslupa myönnetään

Yhteyshenkilö _____

() Tutkimuslupaa ei myönnetä

Perustelut: _____

Tutkimuksen valmistuttua tekijät toimittavat tutkimuksen yhteyshenkilölle

- () tiivistelmän(suomeksi / englanniksi)
- () tutkimusraportin tai/ja
- () esittelevät tutkimuksensa suullisesti

Paikka ja päivämäärä

Allekirjoitus (Nimi ja virka-asema)

