

B142

Juha-Matti Arola

Tuottavuuden tulostittarit teollisessa pk-yrityksessä

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja
B. Raportteja ja selvityksiä 142

Juha-Matti Arola

Tuottavuuden tulospittarit teollisessa pk-yrityksessä

Kirjallisuustutkimus 2019

SeAMK Tekniikka
Näkymätön näkyväksi: Tuottavuuden
tulospittarit ja niiden visualisointi
pk-teollisuudessa -hanke (A73978)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Seinäjoki 2019

Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja
Publications of Seinäjoki University of Applied Sciences

A

Tutkimuksia
Research reports

B

Raportteja ja selvityksiä
Reports

C

Oppimateriaaleja
Teaching materials

SeAMK julkaisut:

Seinäjoen ammattikorkeakoulun kirjasto
Kalevankatu 35
60100 Seinäjoki
p. 020 124 5040
kirjasto@seamk.fi

ISBN 978-952-7317-05-1 (verkkojulkaisu)
ISSN 1797-5573 (verkkojulkaisu)

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Juha-Matti Arola. 2019. Tuottavuuden tulostittarit teollisessa pk-yrityksessä. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 142, 72 s.

Tämä kirjallisuustutkimus on toteutettu osana Näkymätön näkyväksi: Tuottavuuden tulostittarit ja niiden visualisointi pk-teollisuudessa -hanketta, joka on Etelä-Pohjanmaan liiton rahoittama EAKR-hanke. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää hankkeeseen liittyvä oleellinen tutkimustieto olemassa olevasta kirjallisuudesta ja jo tehdyistä hankkeista liittyen tuotannon tehokkuuteen ja siihen liittyviin tuottavuusmittareihin ja visualisointiin.

Tämä tutkimus jakautuu kahteen osaan teoriaosaan ja empiriaosaan. Teoriaosaan kerättiin oleellinen teoreettinen tutkimustieto alan kirjallisuudesta kattaen tuotannon ja sen organisoinnin, tuottavuuden ja tuottavuusmittareiden määrittelyt. Tuottavuusmittareiden osalta keskityttiin toimitusvarmuuden, läpimenoajan, käyttösuhteen, tuottavuuden ja tuotannon tehokkuuden kuten Käytettävyyss-Nopeus-Laatu (KNL) -mittarin kuvailuun. Teoriaosassa on myös esitelty pääpiirteittäin Lean-toimintatavan periaatteita ja työkaluja. Empiriaosassa tuotiin esiin pääosin useista kymmenistä opinnäytetöistä löytynyt tuotannon kehittämiseen ja tuottavuusmittareihin liittyvä tutkimustieto kehittämisimerkein toimialoittein erityisesti konepajateollisuuden alalta, mutta myös huonekalu- ja rakennusteollisuudesta sekä elintarviketeollisuudesta. Lopuksi tämä kehittämisimerkkiaineisto vedettiin yhteen tuottavuusmittareittain.

Toimitusvarmuutta käytettiin usein tuottavuusmittarina, mutta se toimi jälkijättöisesti ja kuvasi koko yrityksen toimitusketjua. Toimitusvarmuuden kuten tuottavuudenkin kehittämiseen oli hyvin monia keinoja, jolloin vaadittiin yrityksen toimintojen radikaalejakin muutoksia usein esimerkiksi tuotannon layoutin tai alihankintaverkostojen kehittämistä. Konkreettisia tuloksia syntyi keskittymällä esimerkiksi läpimenoaikojen puolittamiseen, mikä nosti esimerkkiyrityksissä tuottavuutta, vähensi tuotantokustannuksia, alensi keskeneräisen tuotannon määrää sekä vähensi sitoutuneen pääoman määrää. Samoin koneiden käyttösuhteet eli samalla tuotannon kuormittavuus parani, kun tuotannon hienokuormitusta pystyttiin paremmin suunnittelemaan esimerkiksi valmistuksenohjausjärjestelmillä (Manufacturing Execution System, MES). Päätuloksena voitiin todeta, että tuottavuusmittareita käytettiin tuotannonohjauksessa jonkin verran, mutta mittaaminen oli usein manuaalista ja jälkijättöistä, jolloin ei päästy tuotannon reaaliaikaiseen ohjaamiseen. Tuotannonohjaukseen vaikutti moni asia, jolloin tuotannon visuaalisuuden ja reaaliaikaisuuden lisäämisellä oli yrityksissä selkeä tarve eikä sitä monissa yrityksissä oltu edes tajuttu. Etelä-Pohjanmaalla tilanne näytti olevan esimerkkien valossa vielä heikompi, koska useat esimerkeistä oli löydetty muualta Suomesta. Tämä tutkimus antoi Näkymätön näkyväksi -hankkeelle hyvän lähtökohdan toimenpiteiden ja työpakettien toteutukselle.

Avainsanat: tuotannonohjaus, tuottavuus, tulostittarit, visualisointi, pk-yritykset, Etelä-Pohjanmaa

Yhteystiedot:

Juha-Matti Arola,

juha-matti.arola@seamk.fi

Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö, PL 64, 60101 Seinäjoki

ABSTRACT

Juha-Matti Arola. 2019. Productivity-related KPIs in industrial SMEs. Publications of Seinäjoki University of Applied Sciences B. Reports 142, 72 p.

This research report was conducted as a part of an initiative called KPIs and their visualization in industrial SMEs. The initiative has been funded by the Regional Council of South Ostrobothnia as an ERDF-initiative. The purpose of the study was to find out the essential research data related to the project from existing literature and projects already carried out in relation to production efficiency and related productivity indicators and their visualization.

This research report is divided into two parts of the theoretical part and the empirical part. Essential theoretical research data from the literature on the field covering production and its organization, productivity and productivity indicators were collected. Productivity KPIs focused on this study were the following: reliability of deliveries, lead time, machine usage ratio, productivity and production efficiency like Overall Equipment Effectiveness (OEE). The theory section also briefly introduced some of the ways to improve productivity for example main Lean-method concepts and tools. Empirical part of the study mainly revealed research data on production development and productivity indicators found in dozens of theses, with development examples by industry, particularly in the engineering industry, but also in the wood and construction industry and the food industry. Finally, these examples were summarized by each productivity indicator respectively.

Reliability of deliveries was often used as a KPI, but it functioned retrospectively and described the entire supply chain of the company. There were many ways of developing reliability of deliveries likewise developing productivity, which required even radical changes in the company's operations, for example the development of production layouts or subcontracting networks. Concrete results emerged by focusing on halving lead times, increasing productivity in exemplary companies, reducing production costs, Work-In-Progress (WIP) and capital. Likewise, the operating ratios of machines, i.e., the load on production, improved as the manufacturing planning could be better planned like with Manufacturing Execution Systems (MES).

The main result was that the productivity indicators were used somewhat in production control, but measurements were often completed manually and reported afterwards, which did not allow for real-time production management and control. There was a clear need in companies for a visual and real-time production reporting and it was not even realized in many companies. In Southern Ostrobothnia region the situation seemed even weaker in the light of examples, as many of the examples had been found elsewhere in Finland. This report gave the initiative a good starting point for the implementation of measures and work packages.

Key words: production planning & control, productivity, key performance indicators (KPIs), visualization, industrial SME firms, Southern Ostrobothnia

Contact information:

Juha-Matti Arola,
juha-matti.arola@seamk.fi
Seinäjoki University of Applied Sciences, School of Technology,
P.O.Box 64, 60101 Seinäjoki

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ ABSTRACT

1 JOHDANTO	9
1.1 Kirjallisuustutkimuksen tausta	9
1.2 Kirjallisuustutkimuksen tavoite	9
1.3 Kirjallisuustutkimuksen rakenne	9
2 TEORIAOSUUS	10
2.1 Tuotanto ja tuotannon organisointi	10
2.1.1 Tuotannon layoutsuunnittelu	11
2.1.2 Tuotannonohjaus osana toiminnanohjausta	12
2.1.3 Tuotantostrategiat	14
2.1.4 Tuotannon kapasiteetin ja kuormituksen ohjaus	14
2.2 Tuottavuus	15
2.2.1 Yleisesti tuottavuudesta	15
2.2.2 Tuottavuuden kehittämistavat	15
2.2.3 Lean-toimintatapa	18
2.3 Tuottavuusmittarit	22
2.3.1 Toimitusvarmuus	23
2.3.2 Läpimenoaika	23
2.3.3 Käyttösuhde	24
2.3.4 Tuottavuus	25
2.3.5 Tuotannon tehokkuus	26
2.3.6 OEE / KNL (Overall Equipment Effectiveness / Käytettävyys, Nopeus ja Laatu)	29
2.3.7 Muita tuottavuusmittareita	32
2.4 Tuottavuustavoitteiden keskinäiset vaikutukset	34
3 EMPIRIAOSUUS	35
3.1 Tuotannon tehokkuus ja sen visualisointi yrityksissä	35
3.2 Aiempien hankkeiden tuloksia	35
3.2.1 KoKiKe-hanke	35
3.2.2 Digivaattori-hanke	36
3.2.3 Ketterä teollisuus -hanke	38
3.2.4 Digitaalinen valmistus ja teollinen internet SeAMK:ssa	39
3.2.5 5VTA-hanke	40
3.3 Esimerkkejä tuotannon kehittämisestä konepajateollisuuden yksittäistuotannossa	40
3.3.1 Uusi tuotannonohjausjärjestelmä yksittäistuotannossa	40
3.3.2 Tuotannon hallinta muuttuneessa kuormitustilanteessa	42
3.3.3 Läpimenoajan lyhentäminen tuotteistetun automaatiojärjestelmän tuotannossa	42

3.4	Esimerkkejä tuottavuuden kehittämisestä konepajateollisuuden sarja- eli erätuotannossa	43
3.4.1	Uusi tuotantomalli	43
3.4.2	Uusi layout -malli & sen simulointi	44
3.4.3	Uusi tuotannonohjausjärjestelmä	46
3.4.4	Toimitusvarmuus	47
3.4.5	Läpimenoaika	48
3.4.6	Tuotannon kuormitus	50
3.4.7	Mittarit tuotannonohjauksen tukena	51
3.4.8	Tuotannon päätelaitteet	53
3.4.9	Toimitusketjun kehittäminen	53
3.4.10	Parametriset ohjelmat suunnittelussa ja tuotannossa.....	53
3.5	Esimerkkejä tuottavuuden kehittämisestä huonekalu- ja rakennusteollisuudessa.....	54
3.5.1	Tuotannonohjausjärjestelmän käyttöönotto	54
3.5.2	Varasto-ohjautuvan ja tilausohjautuvan tuotannon vertailu	54
3.5.3	OEE:n hyödyntäminen Lean-projektin osana	55
3.6	Esimerkkejä tuottavuuden kehittämisestä elintarviketeollisuudessa	55
3.6.1	Tuotannonohjausjärjestelmän esisuunnittelu	55
3.6.2	Tuotannonohjaus meijerissä ja leipomossa	56

4	YHTEENVETO TUOTTAVUUSMITTAREITTAIN NIIDEN KÄYTÖSTÄ TEOLLISISSA PKYRITYKSISSÄ.....	58
4.1	Toimitusvarmuus	58
4.2	Läpimenoaika.....	59
4.3	Käyttösuhde	60
4.4	Tuottavuus.....	61
4.5	Tuotannon tehokkuus.....	61
4.6	Overall Equipment Effectiveness (OEE)	61

5	YHTEENVETO KOKO KIRJALLISUUSTUTKIMUKSESTA	63
----------	--	-----------

LÄHTEET	65
----------------------	-----------

KUVA-, KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Tuotannonohjauksen toiminnot varsinaisen tuotannon ja toiminnanohjausjärjestelmän suhteen.....	13
Kuvio 2.	Toimitusketjun hallintastrategiat.....	14
Kuvio 3.	PDCA-sykli	17
Kuvio 4.	Lean-työkalun 5S:n sisältö	18
Kuvio 5.	Tehokkuusmatriisi.....	29
Kuvio 6.	Jatkuva parantaminen ja QCD-mittaristo laadun, kustannusten ja kuljetuksen keskiössä.....	30
Kuvio 7.	Tuottavuustavoitteiden keskinäiset vaikutukset.....	34
Taulukko 1.	Esimerkki tuottavuuslaskelmasta.....	26
Taulukko 2.	Esimerkki tuotannon tehokkuuden laskemisesta	27
Taulukko 3.	OEE-laskentaesimerkki automatisoidulla sarjatuotantolinjalla.....	31
Taulukko 4.	KNL-laskentaesimerkki täydellisellä tuotannolla	32
Taulukko 5.	Suositteluja toimintakykykymittareita (KPI:t) ja muita tunnuslukuja.....	33
Taulukko 6.	Esimerkki läpimenoajoista yksittäistuotannossa.....	41

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

5 x miksi	engl. 5 Whys'. Ongelmanratkaisumenetelmä, jolla etsitään ongelman juurisyitä esimerkiksi Lean-toimintatapaan liittyen.
5S	lean-toimintatapaan liittyvä tuotantotoiminnan hukan vähentämisen työkalu, jossa tavoitteena on tuotannon siisteys ja puhtaus.
Agile	engl. agile manufacturing, suom. ketterä tuotantomalli, jossa kysyntää ei voida ennakoida ja toimitusaika on lyhyt.
Andon	värillinen valoindikaattori, joka asennetaan tuotantolaitteiden päälle kuvaamaan sen tilaa.
APS	engl. Advanced Planning and Scheduling. Tällä tarkoitetaan yrityksen tuotannon suunnittelua ja hienokuormitusta suorittavaa järjestelmää.
ATP	engl. Available to Promise, varastossa käytettävissä oleva tuotteen määrä huomioiden tuotteen varaukset sekä valmistuksen määrän ja/tai täydennystilaukset.
BOM	engl. Bill Of Materials, suom. tuotteen osa- tai materiaaliluettelo, joka kuvaa tuotteen rakenteen.
CAD	engl. Computer Aided Design, suom. tietokoneavusteinen suunnittelu.
CAM	engl. Computer Aided Manufacturing, suom. tietokoneavusteinen valmistus.
COPQ	engl. Cost of Poor Quality. Mittari, joka mittaa laatuvirheiden aiheuttamia lisäkustannuksia.
de Coupling -piste	hybridi-mallin tuotannossa ajankohta, johon asti tuotetta voidaan valmistaa Lean-toimintatavalla puolivalmiiksi varastoon ja jonka jälkeen lopputuote voidaan nopeasti valmistaa niin tarvittaessa.
ERP	engl. Enterprise Resource Planning, suom. toiminnanohjausjärjestelmä, joka on yrityksen usein modulaarinen ja kaiken kattava tietojärjestelmä. Järjestelmän avulla koko yrityksen toiminta kuten hankinta, varastointi, tuotanto, jakelu, myynti ja laskutus toimivat integroidusti ja keskitetysti.
FIMECC	engl. Finnish Metals and Engineering Competence Cluster, suomalainen yhdistys.
FMS	engl. Flexible Manufacturing System, suom. joustava, pitkälle automatisoitu tuotantojärjestelmä, johon on integroitu usein automatisoitu varasto ja suunnittelujärjestelmät.
Genchi Genbutsu	engl. "Go and see yourself", Lean-periaate, jossa mennään katsomaan tai perehtymään, että toimiiko jokin asia tai onko jokin asia niin kuin pitääkin.
Heijunka	engl. levelled production, mixed-model production (MMP), suom. tasapainotettu tuotanto, jossa tuotantoa pyritään tasoittamaan mahdollisimman tasaiseksi päivä-, viikko ja kuukausitasolle.

Hienosuunnittelu	engl. manufacturing planning tarkoituksena on yksityiskohtaisen tuotantos suunnitelman tekeminen. Siinä määritetään valmistuksen tuotantoerät, työvaiheiden ajoitukset, resurssien käyttö ja tuotantoerien valmistumisajankohdat.
Hukka	engl. waste, on sellaista, mikä ei ole arvoa lisäävää organisaatiossa tai prosessissa. Hukan karsiminen on keskeistä Lean-toimintatavassa.
Hybridi	engl. hybrid, tuotantomalli, jossa kysyntää ei voida ennustaa ja toimitusaika on pitkä ja joka on lean- ja agiletoimintatapojen yhdistelmä.
ICT	engl. Information and Communication Technology, suom. tieto- ja viestintäteknologia, laaja-alainen käsite, joka liittyy digitalisaatioon ja siihen, miten organisaatio hyödyntää tietotekniikkaa ja -ohjelmistoja toimintaansa.
Imuohjaus	perustuu ideaan, jossa tuotteita valmistetaan ainoastaan todelliseen tarpeeseen, jolloin valmistukseen tarvittavia osia "imetään" tuotantoon tarpeen mukaan.
Jatkuva virtaus	engl. continuous flow, one-piece flow. Tällä tarkoitetaan yhden tuotteen valmistuksen saattamista loppuun ennen kuin seuraavan tuotteen valmistusta aloitetaan.
Jidoka	tuotantokoneen tai -linjan automaattinen pysäyttäminen koneen itsensä tai työntekijän toimesta ongelmien ilmetessä.
JIT	engl. Just-in-Time, suom. Juuri Oikeaan Tarpeeseen (JOT) -toimintamalli, jossa tuotannossa pyritään tuottamaan oikea määrä tuotteita juuri oikeaan aikaan.
Kanban	tuotantomalli, jossa kysyntä voidaan ennustaa ja toimitusaika on lyhyt, jolloin käytetyn tuotteen tilalle hankitaan uusi tuote.
KET	engl. Work-in-Progress (WIP), keskeneräinen tuotanto.
KNL	lyh. Käytettävyys–Nopeus–Laatu, engl. OEE, Overall Equipment Effectiveness, tuotannon tehokkuuden tuottavuusmittari.
KPI	engl. Key Performance Indicator, suom. suorituskyky mittari. Näitä tarvitaan teollisissa yrityksissä tuotannon tilan ja tehokkuuden seuraamiseen, mittaamiseen ja kehittämiseen.
Layout	tehtaan pohjakuva sisältäen koneiden työpisteiden ja varastojen sijainnin sekä käytetyt kuljetusreitit ja muut tilojen sijoittelut ja kuvaukset.
Lean	kehittämisen työkalu, ajattelutapa, jossa prosessista karsitaan pois kaikki ne vaiheet ja toimenpiteet, jotka eivät ole asiakkaille tärkeitä. Lisäksi se on tuotantomalli, jossa toimitusaika on pitkä, mutta kysyntä ennustettavissa.
MES	engl. Manufacturing Execution System, suom. valmistuksenohjausjärjestelmä, joka on tarkoitettu teollisuusyrityksen tuotannon ohjaukseen ja monitorointiin. Järjestelmällä hallitaan tuotannon operatiivisia toimintoja ja välitetään informaatiota ERP-järjestelmän ja varsinaisten tuotantoresurssien välillä.

MPS	engl. Master Production Planning. Karkeasuunnittelu eli tuotannon aikataulusuunnittelu, jossa kokonaisvolymin, resurssitarpeen, varastojen ja hankintojen suunnittelua viedään tuotantoerien tasolle ja sen toteutus aikataulutetaan.
MRP	engl. Material Resource Planning, suom. materiaaliarvesuunnittelu.
Odoo	avoimeen lähdekoodiin perustuva kaupallinen toiminnanohjausjärjestelmä.
OEE	engl. Overall Equipment Effectiveness, suom. KNL (Käytettävyys, Nopeus ja Laatu). Tuottavuusmittari (KPI).
PDCA-sykli	engl. plan, do, check, action, suom. suunnittele, toteuta, tarkasta, kehitä; ongelmanratkaisun ja jatkuvan kehittämisen menetelmä.
PDM	engl. Product Data Management, suom. tuotetiedonhallinta.
PLM	engl. Product Lifecycle Management, suom. tuotteen elinkaaren hallinta.
Toiminnanohjaus	engl. operations management tarkoittaa yrityksen tilaustoimitusketjun eri toimintojen ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa.
TPM	engl. Total Productive Maintenance, suom. tuottava kunnossapito, eräs yrityksen toiminnot kattava kunnossapitostrategia.
TQM	engl. Total Quality Management, suom. kokonaisvaltainen laatujohtaminen, jonka keskeisiä elementtejä ovat asiakkaat, henkilöstö, tiimit ja jatkuva parantaminen.
Tuotannonohjaus	engl. production management tarkoittaa yrityksen tuotteiden ja palvelujen aikaansaamiseen liittyvien toimintojen ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa.
VSM	engl. Value Stream Mapping, suom. arvovirtakuvaus, jossa kuvataan prosessin eri vaiheet, yhteydet, tapahtumien lukumäärät, varastojen saldot ja prosessiajat yhdelle lomakkeelle.
WIP	engl. Work-in-Progress, suom. keskeneräinen tuotanto (KET)

1 JOHDANTO

1.1 Kirjallisuustutkimuksen tausta

Tämä kirjallisuustutkimus on tehty osana SeAMK Tekniikan Näkymätön näkyväksi: Tuottavuuden tulosmittarit ja niiden visualisointi pk-teollisuudessa -hanketta. Hanke on Etelä-Pohjanmaan liiton rahoittama EAKR-hanke, joka kestää vuoden 2020 loppuun asti.

Tätä kirjallisuustutkimusta käytetään hankkeen työpaketin TP1. Tuottavuuden mittaaminen pk-yrityksissä toimenpiteiden suunnitteluun ja toteuttamiseen.

1.2 Kirjallisuustutkimuksen tavoite

Tämän kirjallisuustutkimuksen tavoitteena on perehtyä uusimpaan tutkimustietoon teollisuuden tuottavuudesta ja mittaamisesta. Sen perusteella laaditaan runko haastatteluille, joilla selvitetään tuotannon tehokkuuden mittaamisen nykytilaa, kehittämissuunnitelmia ja yrityksen käyttämiä työkaluja. Haastattelujen ja kirjallisuustutkimuksen perusteella määritellään keskeiset tuottavuuden mittarit, jotka ovat relevantteja alueen pk-teollisuuden erityyppisissä tuotannoissa. Pääpaino on lyhyen aikavälin mittareissa.

1.3 Työn rakenne

Kirjallisuustutkimus jakautuu teoria- ja empiriaosuuteen. Teoriaosassa käsitellään ensiksi tuotannon ja sen organisointiin sekä tuottavuuteen liittyviä asioita. Lopuksi perehdytään tuottavuusmittareihin. Empiriaosuudessa selvitetään käytettyjä tuottavuusmittareita eri teollisuuden aloilla tutkimustietojen valossa.

2 TEORIAOSUUS

2.1 Tuotanto ja tuotannon organisointi

Tuotanto tarkoittaa yrityksen niitä toimintoja, jotka liittyvät suoraan tuotteen tai palvelun aikaansaamiseen. Valmistus taas tarkoittaa tuotannon osana tehtäviä, jotka muuttavat materiaalien olomuotoa.

Martinsuon ym. (2016, 134–135) mukaan tuotannon ja valmistuksen määritelmät ovat seuraavat:

Tuotanto (production) tarkoittaa työtä, jossa raaka-ainetta (ts. materiaalia tai komponentteja) ja informaatiota muokataan tai jalostetaan arvoa lisäävässä prosessissa asiakkaille tarjottaviksi tuotteiksi ja palveluiksi.

Valmistus (manufacturing) tarkoittaa niitä tehtäviä, joilla yritys muuttaa materiaalien muotoa tai olotilaa ja lisää niihin arvoa esimerkiksi materiaaleja yhdistämällä tai toisistaan irrottamalla.

Valmistuksen lähtötietona käytetään tuoterakennetta, joka kuvaa tuotteen valmistamiseksi tarvittavat osat kuvauksineen ja suoritusparametreineen. Tuoterakenteen sisältämä tieto on tarpeen, jotta tuotannonsuunnittelussa voidaan laskea kustannukset ja materiaalitarpeet. Yritys omassa tuotannossaan muuntaa sillä hallussaan olevia tuotannon tekijöitä kuten pääoma, työ, materiaalit ja tieto tuotteiksi ja palveluiksi. (Martinsuo ym. 2016, 135.)

Teollisen yrityksen erilaisia tuotantomuotoja ovat ainakin seuraavat: yksittäistuo-
tanto, sarjatuotanto ja yhtenäistuo-
tanto. Yksittäistuo-
tannossa tuotetta tehdään
yksi kappale ja samaa yksittäiskappaletta ei toisteta jatkuvasti, missä tuote esimerkiksi projekti kuten tehdas tai talo suunnitellaan asiakkaiden tarpeiden mukaan. Yksittäistuo-
tannossa oletuksena on pieni menekki, tilausten epäjatkuvuudet ja tuotteiden voimakas tilausohjautuvuus. Investoinneilla joustaviin, tietokoneoh-
jattuihin valmistusjärjestelmiin voidaan päästä pieneräsarjatuotantoon tai jopa yksittäisten tuotteiden valmistamiseen välittömän tarpeen perusteella. (Lehtonen ym. 2004, 61–62; Martinsuo ym. 2016, 137.)

Sarja- eli erätuo-
tannossa tuotetta valmistetaan toistuvasti sarja eli tuote-erä ker-
rallaan, jolloin samaa tuotantojärjestelmää käytetään useiden tuotteiden valmista-
miseen. Siirtyminen yhdestä tuotteesta toiseen vaatii asetusajan, jota tyypillisesti halutaan minimoida. Eräkoon määrittelyssä tulee ottaa huomioon tilausennuste sekä tarve minimoida asetusajoja ja varaston kokoa. Sarja- eli erätuo-
tannossa tuottavuutta voidaan parantaa asetuksia vähentämällä, varastoja optimoimalla ja toistosta oppimisella. (Lehtonen ym. 2004, 62; Martinsuo ym. 2016, 137–138.)

Yhtenäistuotanto eli valmistuslinjatuotanto on toistuvaa ja pitkään jatkuvaa mas-
satuotantoa, jossa tuotteet valmistetaan erikoistuneessa ja pitkälle vakioidussa
tuotantojärjestelmässä. Tuotannonohjauksessa pyritään yhtenäistuotannossa
tasoittamaan tuotannon kuormitusta. Linjamuotoisessa tuotannossa korostuu
häiriöttömyyden merkitys, sillä ilman puskuroivia välivarastoja linjan yhden työase-
man häiriö johtaa koko tuotantolinjan pysähtymiseen. (Lehtonen ym. 2004, 62;
Martinsuo ym. 2016, 138.)

Tuotannon ohjausperiaate ohjautuu joko varastosta tai tilauksista käsin. Nykyään
tuotannon organisoinnissa on tärkeää seuraavat periaatteet: asiakaskeskeisyys,
selkeät vastuut ja pelisäännöt, oleellisen tiedon hyödyntäminen sekä joustavuus
olosuhteiden tai asiakastarpeiden muuttuessa. (Martinsuo ym. 2016, 137–138.)

2.1.1 Tuotannon layoutsuunnittelu

Tuotannon layoutilla tarkoitetaan tehtaan pohjakuvaa, joka sisältää tuotannon
fyysiset osat sisältäen koneiden työpisteiden ja varastojen sijainnin sekä käytetyt
kuljetusreitit ja muut tilojen sijoittelut ja kuvaukset. Tuotannon layoutit voidaan
jakaa kolmeen päätyyppiin: funktionaalinen layout, tuotantolinjalayout ja solu-
layout. (Martinsuo ym. 2016, 155; Uusi-Rauva ym. 2009, 475.)

Funktionaalinen layout. Funktionaalisessa layoutissa tuotanto on järjestetty
niin, että samankaltaiset tehtävät ovat samassa omassa tuotantotilassaan kuten
leikkaamiseen, pintakäsittelyyn, hitsaamiseen ja sorvaamiseen liittyvät työtehtä-
vät. Tällä layoutilla tuotantomäärät voivat vaihdella, jolloin tuotantoon saadaan
joustavuutta. Tuotanto on siten yksittäis- tai erätuotantoa. Tuotannonohjaus
perustuu, miten eri työt aikataulutetaan eri koneille jonoon. (Martinsuo ym. 2016,
157; Uusi-Rauva ym. 2009, 476.)

Tuotantolinjalayout. Tuotantolinjalayoutissa koneet ja laitteet on järjestetty
työnkulun mukaiseen järjestykseen. Layoutissa on tärkeää tavoitella suurta
volyymiä ja suurta kuormitusta. Työnkulku on selkeää ja yhdenmukaista, koska
tuotannon koneet ja laitteet ovat pitkälle automatisoituja. Tässä layoutissa laatu
on tärkeätä, koska tuotantolinja on herkkä häiriöille. Tuotantolinjalayout vaatii
suuria investointeja, mutta yksikkökustannukset ovat kuitenkin alhaisia, koska
volyymit ovat suuria. (Martinsuo ym. 2016, 159; Uusi-Rauva ym. 2009, 475.)

Solulayout. Solulayout on yhdistelmä tuotantolinja- ja funktionaalisesta layoutis-
ta. Siinä muodostetaan työpisteistä, koneista ja laitteista itsenäinen ryhmä, joka
on erikoistunut tiettyjen komponenttien valmistamiseen tai tietyn työvaiheen
suorittamiseen. Siinä solu on paikka, jossa omasta tuotannosta tai alihankin-
nasta tulevat komponentit yhdistellään tuotteiksi. Solutuotannolla pyritään

tehokkaampaan toimintaan kuin funktionaalisessa layoutissa, mutta kuitenkin joustavampaan toimintaan kuin tuotantolinjalla. (Martinsuo ym. 2016, 161–162; Uusi-Rauva ym. 2009, 477–478.)

2.1.2 Tuotannonohjaus osana toiminnanohjausta

Toiminnanohjauksella tarkoitetaan käytännössä koko yrityksen toiminnan ohjausta yrityksen ydinprosessien ohella myös yrityksen tukiprosessit kuuluvat tähän. Tuotannonohjauksella tarkoitetaan yrityksen omaan tuotantoon liittyvää ohjausta.

Martinsuon ym. (2016, 139) mukaan toiminnanohjauksen ja tuotannonohjauksen määritelmät ovat seuraavat:

Toiminnanohjaus (operations management) tarkoittaa yrityksen tilaus-toimitusketjun eri toimintojen ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa

Tuotannonohjaus (production management) tarkoittaa yrityksen tuotteiden ja palvelujen aikaansaamiseen liittyvien toimintojen ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa

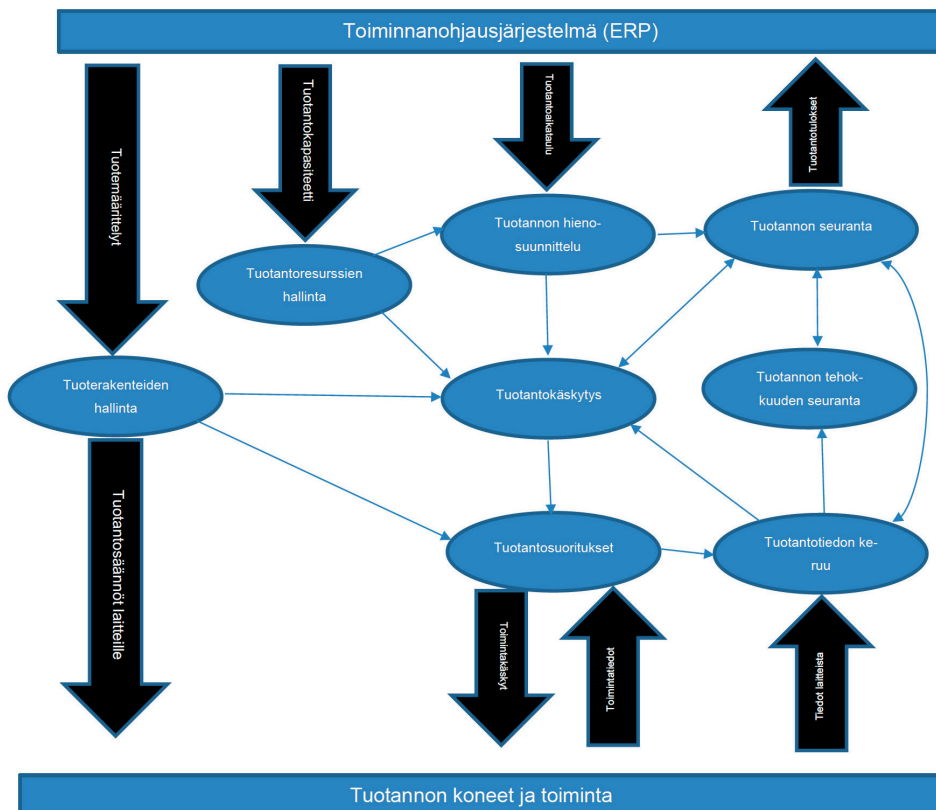
Tuotantoon vaikuttavat siten tuotesuunnittelusta tulevat tuotteet tuoterakenteineen ja siten yrityksen tuotevalikoima sekä asiakaskysyntä ja sen vaihtelu. Tästä voidaan johtaa yrityksen tuotannon tavoitteiksi seuraavia asioita: asiakasarvon toteutuminen, kustannustehokkuus, toimituskyky eli nopea ja/tai tarkka toimitusaika, tuotteiden virheettömyys eli tuotteiden hyvä laatu sekä yleisesti tuotannon joustavuus eli sopeutuminen tuotannon muutoksiin. (Lehtonen ym. 2004, 61; Martinsuo ym. 2016, 139; Uusi-Rauva ym. 2009, 357.)

Tuotannon tavoitteet ovat usein keskenään ristiriitaisia, joten joudutaan tekemään tuotantostrategisia valintoja kuten tuotantoprosessin valinta, ostetaanko alihankintana vai valmistetaanko itse sekä tuotantokapasiteettia koskevat päätökset kuten miten paljon kapasiteettia lisätään, mihin tuotannon kohtaan ja milloin. (Lehtonen ym. 2004, 61.)

Tuotannonohjauksen tehtävät, periaatteet ja menetelmät vaihtelevat toimialan, yrityksen taustan, tuotteiden, tavoitteiden, tuotantojärjestelmien ja tietojärjestelmien mukaan (Martinsuo ym. 2016, 139). Tällöin yritysten välillä voidaan oppia jotain, mutta tuskin koskaan yhdessä yrityksessä toimivaa tuotannonohjausjärjestelmää voidaan suoraan kopioida toiseen yritykseen ja käyttää menestyksekkäästi tässä toisessa yrityksessä.

Tuotannonohjausta olisi syytä käsitellä vaiheittain etenevänä prosessina. Tähän liittyvän tuotantojärjestelmän tulisi olla ohjattavissa. Lisäksi toiminnanohjauksen

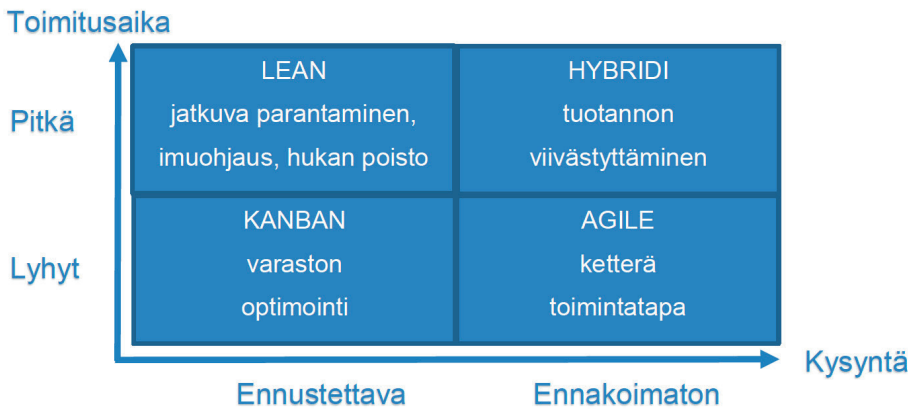
osatehtäviä olisi syytä jakaa organisaation eri tasojen ja yksilöiden kesken. Samoin tuotannonohjaus tulisi nähdä uudelleenjärjestelyjä edellyttävänä, joustavana ja dynaamisena ilmiönä. (Martinsuo ym. 2016, 139–141.)



Kuvio 1. Tuotannonohjauksen toiminnot varsinaisen tuotannon ja toiminnanohjausjärjestelmän suhteen (soveltaen Järvenpää & Lanz 2014, 8).

Kuviossa 1. esitetään tuotannonohjauksen toiminnot varsinaisen tuotannon ja toiminnanohjausjärjestelmän (ERP) suhteen. Toiminnanohjausjärjestelmästä hallitaan tuotemäärittelyt, tuotantokapasiteetti ja tuotantoaikataulu, joita käytetään yrityksen tuotannonohjauksessa. Toisaalta tuotannonohjausta ohjaavat tuotannon koneet ja niiden toiminta. Tuotannonohjaukseksi käsitetään tuotantoresurssien hallintaa, tuotantokäskytyksiä, tuotannon seuranta, tuotannon tehokkuuden seuranta, tuotantotiedon keruu sekä tuotannon suunnittelu. Tätä tuotannonohjauksen kokonaisuutta hallitaan tyypillisesti tuotannonohjausjärjestelmällä (Manufacturing Execution System, MES). (Järvenpää & Lanz 2014, 8.)

2.1.3 Tuotantostrategiat



Kuvio 2. Toimitusketjun toimintatavat (soveltaen Logistiikan maailma a., [viitattu 3.4.2019]).

Kuviossa 2. esitetään erilaiset toimitusketjun toimintatavat. Kuvion 2. mukaan tuotteen tai palvelun kysyntä ja tarjonta vaikuttavat valittaessa tuotannon ja samalla toimitusketjun strategiaa ja toimintatapaa. Tilanteessa, jossa kysyntää ei voida ennustaa ja toimitusaika on pitkä, noudatetaan hybridi-toimintatapaa, joka on lean- ja agile-toimintatapojen yhdistelmä. Tällöin esimerkiksi voidaan varastoida puolivalmiita tuotteita, joista voidaan nopeasti valmistaa lopputuote niin tarvittaessa ns. de-coupling -pisteessä. (Logistiikan maailma a, [viitattu 3.4.2019].)

Agile-toimintatapaa käytetään silloin, kun kysyntää ei voida ennakoida ja toimitusaika on lyhyt. Tällöin tuotannolta edellytetään nopeaa läpimenoaika, jotta puutetilanteilta vältytään. Jos taas kysyntä voidaan ennustaa ja toimitusaika on lyhyt, käyttöön soveltuu niin sanottu Kanban-toimintatapa, jolloin käytetyn tuotteen tilalle hankitaan uusi tuote. Jos taas toimitusaika on pitkä, mutta kysyntä ennustettavissa, tällöin hyödynnetään Lean-toimintatapaa. (Logistiikan maailma a, [viitattu 3.4.2019].)

2.1.4 Tuotannon kapasiteetin ja kuormituksen ohjaus

Tuotannon kapasiteetin ja kuormituksen ohjauksen lähtökohtana käytetään tietoa kysyntäennusteista, todellisista tilauksista ja tuotantostrategian keskeisistä valinnoista. Suunnittelu jaetaan usein kolmeen tasoon: kokonais-, karkea- ja hienosuunnitteluun. Näissä käytetään rullaavan suunnittelun periaatetta, missä alustavaa suunnitelmaa tarkennetaan karkeaksi tuotantosuunnitelmaksi ja lopulta yksityiskohtaiseksi hienosuunnitelmaksi toteutusajankohdan lähestyessä. (Martinsuo ym. 2016, 141–142.)

Karkeasuunnittelu (master production planning, MPS) eli tuotannon aikataulu-suunnittelu, jossa kokonaisvolyymien, resurssitarpeen, varastojen ja hankintojen suunnittelua viedään tuotantoerien tasolle ja sen toteutus aikataulutetaan tuotantojärjestelmässä (Martinsuo ym. 2016, 141–142). Tätä tehdään tyypillisesti muutaman viikon aikajänteellä. Siksi tämä kirjallisuustutkimus ei selvitä tätä aihepiiriä tarkemmin, koska Näkymätön Näkyväksi -hankkeen hankesuunnitelmaan on määritelty lyhyen aikavälin tuottavuuden tutkiminen.

Hienosuunnittelussa (manufacturing planning) tarkoituksena on yksityiskohtaisen tuotantosuunnitelman tekeminen. Siinä määritetään valmistuksen tuotantoerät, työvaiheiden ajoitukset, resurssien käyttö ja tuotantoerien valmistumisajankohdat. (Martinsuo ym. 2016, 149.)

Hienosuunnitteluun sisältyy yleisiä suunnitteluperiaatteita. Näihin voidaan lukea asetusajkojen ja -kustannusten minimointi, resurssikapeikkojen (ns. pullonkaulojen) ja niiden kuormituksen maksimointi, tuote-erän ajoitus vaiheajkojen ja odotetun valmistusajan perusteella, arvovirran suuntainen ohjaus sekä tietojärjestelmät ja visuaaliset keinot kuten optimointi. (Martinsuo ym. 2016, 149–151.)

2.2 Tuottavuus

2.2.1 Yleisesti tuottavuudesta

Tuottavuus on tuotantoteoriassa keskeinen käsite, johon ei kuitenkaan ole muodostettu mitään yhtenäistä ja laajaa tuottavuusteoriaa. Tuotannon kasvava tuottavuus nähdään niin, että se olisi jaettava, jotta kansakunnan hyvinvointi yleisesti ottaen kasvaisi. Tuottavuus nähdään toisaalta tuloksena ihmisen työn, materiaalin, pääoman ja teknologian yhdistelystä. Yhteiskuntamme perustuu tuotannosta saatuun lisäarvoon, joka on tuotteen tuottaman arvon ja tuottamiseen uhratun panoksen suhde. (Saari 2006, 95–96.)

2.2.2 Tuottavuuden kehittämistavat

Tuottavuuden kehittämistapoja ovat työntutkimus, rationalisointi, prosessit ja muutokset, Lean, TQM (Total Quality Management), ICT (information and communication technology = Tieto- ja viestintäteknologia) sekä toiminnan jatkuva kehittäminen (Kauhanen 2018, 23–27).

Työntutkimus. 1900-luvun alkupuolella Yhdysvalloissa kehitetty ajattelutapa, jossa eri työvaiheita ja niihin kuluva aikaa mitattiin, jolloin pystyttiin mittaamaan työntekijöiden tuottavuutta. Suomeen tämä rantautui 1940- ja 1950-luvulla,

jolloin sodan ja sotakorvausten takia suomalaisten teollisuusyritysten tuotantoa piti huomattavasti kehittää. (Kauhanen 2018, 23–24.)

Rationalisointi. Tällä tarkoitetaan joko toiminnan pitämistä ennallaan vähemmällä resursseilla tai toiminnan lisäämistä entisin resurssein. Resursseilla tarkoitetaan pääomaa, raaka-aineita, ostopalveluita ja henkilöstökustannuksia. (Kauhanen 2018, 24.)

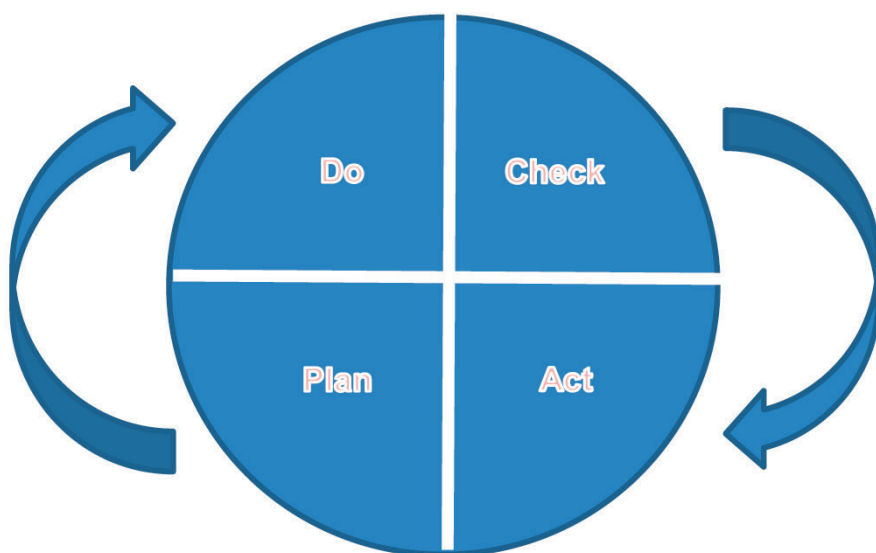
Prosessit ja muutokset. Prosesseilla tarkoitetaan tietyssä organisaatioyksikössä tehtävää toimintojen sarjaa. Jokaiselle osaprosessille kuvataan panos (input) ja tuotos (output). Teollisuudessa on kehitetty lukuisia kehittämismenetelmiä ja -tapoja, joita ovat esimerkiksi lean ja TQM. (Kauhanen 2018, 25.)

Lean. Kehittämisen työkalu, toimintatapa, jossa prosessista karsitaan pois kaikki ne vaiheet ja toimenpiteet, jotka eivät ole asiakkaille tärkeitä (Kauhanen 2018, 25). Lean-toimintatapaa on käsitelty tarkemmin kappaleessa 2.2.3.

TQM (Total Quality Management). Kokonaisvaltainen laatujohtaminen, jonka keskeisiä elementtejä ovat asiakkaat, henkilöstö, tiimit ja jatkuva parantaminen (Kauhanen 2018, 25).

ICT (Information and Communication Technology). Tieto- ja viestintäteknologia, laaja-alainen käsite, joka liittyy digitalisaatioon ja siihen, miten organisaatio hyödyntää tietotekniikkaa ja -ohjelmistoja toimintaansa (Kauhanen 2018, 25).

Toiminnan jatkuva kehittäminen. Oppivan organisaation ideologian pohjalta keskeisimpiä menestystekijöitä, jossa henkilöstö osallistuu päätöksentekoon yhdessä työnjohtonsa kanssa. Tällöin henkilöstöllä tulee olla riittävät tiedot ja taidot sekä oikea asenne ja vastuunottokyky päätöksien suhteen. Tähän tarvitaan lisäksi henkilöstölle kannustimet osallistumiseen. (Kauhanen 2018, 27.)



Kuvio 3. PDCA-sykli (soveltaen Lehtonen ym. 2004, 156).

Jatkuvaa parantamista tehdään usein kuviossa 3. esitetyn PDCA-syklin mukaisesti. Siinä lyhenne PDCA tarkoittaa engl. sanoja plan, do, check, act eli suom. suunnittele, toteuta, tarkasta, kehitä. Ennen kehittämistoimien aloittamista on tärkeää, että kehittämiskohteena on standardoitu, vakiintunut ja dokumentoitu toiminta. Plan-vaiheessa tarkastelun kohteena oleva kehitystoimenpide analysoidaan, sen vaiheet määritellään ja laaditaan suunnitelma toiminnan kehittämiseksi. Do-vaiheessa toteutetaan suunnitellut kehitystoimenpiteet pilottihankkeena ja/tai testataan hypoteesit. Lisäksi dokumentoidaan tehdyt muutokset. Check-vaiheessa analysoidaan pilottihankkeen plussat ja miinukset sekä testaustulokset johtopäätöksineen. Jos tavoitteet oli saavutettu pilottivaiheessa, niin lopuksi Act-vaiheessa tehdyt muutokset standardisoidaan, vakiinnutetaan ja dokumentoidaan sekä tehdyt ratkaisut implementoidaan täyteen käyttöön. Lisäksi jaetaan tietoa muille toiminnolle, jotka voisivat hyötyä vastaavasta kehittämisestä. Jos tavoitteita ei ole saavutettu, niin aloitetaan uusi PDCA-sykli uudelleen. (Lehtonen ym. 2004, 156; Nikupeteri 2016, 44; Uusi-Rauva ym. 2009, 381–382.)

Jatkuva parantaminen on Lean-toimintatavassakin peruseriaatteena eli hukkaa pyritään eliminoimaan ja virheistä pyritään pääsemään eroon jatkuvasti. Mittaamalla toimintaa osana päivittäistä johtamista tuetaan yrityksessä jatkuvaa parantamisen kulttuuria. Tällöin poikkeamiin reagoidaan ajoissa ja pystytään etsimään niiden juurisyyt. Systemaattinen jatkuva parantaminen on sitä, että ongelmat ymmärretään, toteutusvaihtoehtoja kokeillaan, niiden käyttökelpoisuutta arvioidaan sekä hyväksi havaitut ratkaisut otetaan laajasti käyttöön. (Logistiikan maailma b, [viitattu 3.4.2019]).

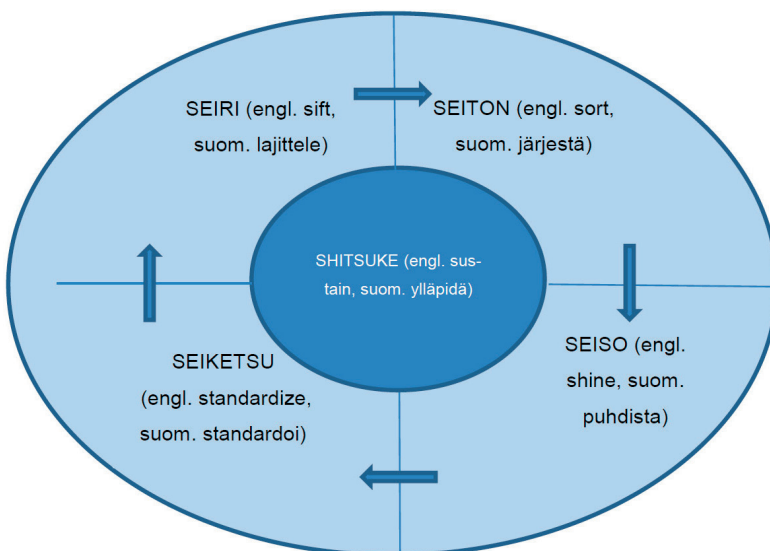
2.2.3 Lean-toimintatapa

Lean toimintatapa -käsite syntyi yhdysvaltalaisen autoteollisuuden toimintamalleja tutkineen tutkimusohjelman tuloksena. Leanin alkuperä on japanilaisessa autoteollisuudessa ja siellä Toyotan autotehtailla. Siksi Leania voisi kutsua japanilaiseksi johtamisperiaatteeksi. Sen voisi myös käsittää JIT-tuotannon laajennuksena, jossa pyritään tuottamaan oikea määrä tuotteita juuri oikeaan aikaan. (Uusi-Rauva ym. 2009, 361–362.)

Yleisimpinä Lean-toimintatavan periaatteina ja työkaluina käytetään seuraavia: 5 x miksi, 5S, andon, arvoketjuanalyysi, genchi genbutsu, heijunka, hukan karsiminen, imuohjaus, jatkuva virtaus, jidoka, JIT, kaizen, kanban, poka-yoke, six sigma, SMED ja visuaalinen ohjaus (Järvenpää & Lanz 2014, 37; Rajala 2013, 8).

5 x miksi. Ongelmanratkaisumenetelmä, jolla etsitään ongelman juurisyitä kysymällä viisi kertaa ”miksi?”. Tavoitteena on etsiä ongelman todellista alkulähdettä, ongelman perus- eli juurisyitä. Useimmiten juurisyitä on vain yksi. Ratkaisu ongelmaan saadaan kysymällä ”miten?” käänteisessä järjestyksessä. (Järvenpää & Lanz, 37; Larikka ym. 2007, 127.)

5S. 5S on mahdollisesti kaikkein tunnetuin Lean-työkalu, jossa pääperiaate on se, että työ tehdään siistissä tehtaassa, jolloin tuotanto on turvallisempaa ja tuottavampaa. (Blanco & Dederichs 2018, 150–151.)



Kuvio 4. Lean-työkalun 5S:n sisältö (soveltaen Blanco & Dederichs 2018, 151).

Kuviossa 3. nähdään Lean-työkalun 5S:n sisältö. Siinä SEIRI-vaiheessa erotetaan tarvittavat ja käytettävät tavarat. Sitten seuraavassa SEITON-vaiheessa luodaan jokaiselle tarvittavalle tavaralle paikka, joissa niitä säilytetään. Kolmannessa vaiheessa SEISO siistitään työpiste ja koko työpaikka ja pidetään se siistinä. Neljännessä vaiheessa SEIKETZU standardoidaan uudet siisteysäännöt. Lopuksi ylläpidetään koko toimintamallia SHITSUKE-vaiheella, jolla varmistetaan, että sääntöjä noudatetaan tarkistuslistojen, auditointien yms. avulla. (Blanco & Dederics 2018; 151.)

Andon. Värillinen valoindikaattori, joka asennetaan tuotantolaitteiden päälle. Arkikielessä puhutaan usein ”majakoista”. Näissä usein vihreä valo osoittaa, että tuotantolaitte toimii normaaliin tapaan. Keltainen valo taas usein osoittaa, että työntekijä tarvitsee apua ja että tuotantoon saattaa aiheutua viivettä. Punainen valo osoittaa, että tuotantoprosessi on pysähtynyt tai tuotanto-ongelma on merkittävä. (Nicholas 2011, 293.)

Arvoketjuanalyysi. Tilaus-toimitusprosessia voidaan tutkia luomalla Value Stream Mapping (VSM)-kartta eli suom. arvovirtakuvauskartta. Kyseisellä kartalla kuvataan prosessin eri vaiheet, yhteydet, tapahtumien lukumäärät, varastojen saldot ja prosessiajat yhdelle lomakkeelle. Ketjun eri prosessit hajotetaan aliprosesseiksi lähtien liikkeelle tarjousprosessista. Usein muodostetaan kartta nykytilasta ja myös halutusta tulevaisuuden tavoitetilasta. Kyseinen kartta voi toimia lähtökohtana kehittämisessä vaikkapa PDCA-sykleille. (Nicholas 2011, 44; Pakkanen & Arola 2018; Väisänen 2013.)

Genchi Genbutsu. engl. ”Go and See yourself”, jolla tarkoitetaan oikeaa konkreettista paikkaa tai prosessin tilaa, johon mennään katsomaan, oppimaan tai perehtymään. Tämä periaate muistuttaa PDCA-syklin Do-vaihetta, jossa pitää mennä ja tarkistaa toimiiko asia suunnitellusti tai onko asia näin. (Chiarini, Baccarani & Mascherpa 2018, 429.)

Heijunka. engl. levelled production, mixed-model production (MMP), suom. tasapainotettu tuotanto, jossa pyritään tuotantoa tasoittamaan mahdollisimman tasaiseksi päivä-, viikko- tai kuukausitasolle (Nicholas 2011, 363). Tuotannon tasapainottamiseen voidaan käyttää erityistä mallia, jossa olemassa olevat työtilaukset sijoitetaan tiettyssä järjestyksessä tuotantoon pyrkimyksenä mahdollisimman tasainen ja keskeytymätön tuotanto (Duggan 2013, 148–150).

Hukan karsiminen. engl. waste reduction, Lean-toimintatavan keskeinen periaate. Hukalla viitataan sellaiseen, mikä ei ole arvoa lisäävää organisaatiossa tai prosessissa (Nicholas 2011, 57).

Hukan muodot esiteltiin alkuperäisessä Lean-toimintatavan esityksessä seuraavasti: MUDA, hukka kaikissa muodoissaan, mikä tahansa toiminta, joka ei lisää arvoa; MURA, epäsäännöllisyyksiin, ristiriitoihin ja keskeytyksiin liittyvä hukka tuotannossa, työntekijän työssä tai tuotantoaikataulussa ja MURI, mikä tahansa asia, joka aiheuttaa rasisusta tai stressiä työntekijöille, koneille tai työprosessiin (Carroll 2008, 132).

Alkuperäisessä Lean-toimintatavassa puhutaan seitsemästä erityyppisestä hukasta, mutta nykyään puhutaan kahdeksasta tai jopa yhdeksästä hukasta. Näistä johdetut eri hukkatyypit ovat seuraavat (Arrow Engineering 2016; Skhmot 2017):

1. Ylituotanto, jota syntyy valmistamalla tuotteita varmuuden vuoksi tai ilman tilausta sitomalla resursseja turhaan. Ylituotanto on keskeisin hukan aiheuttaja, koska se synnyttää usein muita hukkia.
2. Odottelut ja viivästyksset. Näitä aiheuttavat esimerkiksi erilaiset tuotantokykyä rajaavat prosessin pullonkaulat, viiveet aiemmasta työvaiheesta, häiriöt työkoneissa, puutteet työkaluissa ja materiaaleissa, materiaalien odottelu sekä työohjeiden puuttuminen ja odottelu.
3. Tarpeeton kuljettaminen, jossa tuotannossa kaikki tarvittavat materiaalit tulee olla helposti saatavissa sekä materiaalien turhaa liikuttelua ja käsittelyä tulee välttää.
4. Ylikäsittely tai -prosessointi. Tällä tarkoitetaan kaikkia asioita, joista asiakas ei maksa kuten ylilaatuisia tuotteita, ylimääräisten komponenttien lisäämistä sekä tuotteen valmistamista huonoilla tai väärillä työkaluilla tarviton lisätyötä johtuen esimerkiksi puutteellisesta suunnittelusta.
5. Tarpeettomat varastot, joina voidaan pitää seuraavia: lojuvia rikkoontuneita koneita; liikkoja valmistettuja tuotteita, joita ei ole tilattu; ylimääräisiä materiaaleja, joita ei tarvita tuotantoon tai ylimääräisiä tuotteita, joita ei voida myydä asiakkaalle. Kyseiset varastot estävät tuotannon vaihtelun, materiaalityökalujen myöhästymisten, vikatilanteiden ja pitkien asetusajojen havaitsemista.

6. Tarpeeton liike työskentelyssä kuten kurottelu, etsiminen tai osien ja työkalujen keräily kävelemällä sekä tarpeeton komponentin säätö sen asentamisen jälkeen.
7. Laatuvirheet, jotka aiheuttavat lisätyötä, tuhlaavat materiaalia, vievät tuotantokapasiteettia ja synnyttävät asiakkaiden valituksia.
8. Luovuuden ja osaamisen käyttämättömyys, millä tarkoitetaan kaikkia työntekijöiden kykyjä, parannusehdotuksia ja oppimis mahdollisuuksia, joita ei huomioida aiheuttaen hukkaa.

Imuohjaus. Perustuu ideaan, jossa tuotteita valmistetaan ainoastaan todelliseen tarpeeseen, jolloin valmistukseen tarvittavia osia "imetään" tuotantoon tarpeen mukaan. Imuohjauksessa tuotannon tarpeet ja aikataulutus lähtevät toimitusketjun lopusta käsin. Käytännössä imuohjauksessa käytetään välivarastoja, jotka ovat pieniä ja nopeasti kiertäviä. Näihin tehdään tilauksia imuohjauskortilla (japaniksi Kanban). Usein valmistusimpulssina käytetään tyhjää kuljetuslaatikkoa. Tämän tyyppinen ohjaus soveltuu parhaiten tuotteille, joilla on suhteellisen tasainen menekki. Lisäksi tuotannolla pitäisi olla lyhyt läpimenoaika ja virheetön laatu. (Martinsuo ym. 2016, 150; Uusi-Rauva ym. 2009, 422-423.)

Jatkuva virtaus. engl. continuous flow, one-piece flow. Tällä tarkoitetaan tuotannon jatkuvuutta siten, että yhden tuotteen valmistus saatetaan loppuun ennen kuin seuraavan tuotteen valmistusta aloitetaan. Toyotalla aloitettiin urauurtava kehitystyö Lean-toimintatapaan siirtymisessä nimenomaan pyrkimällä mahdollisimman lähelle jatkuvaa virtausta. Tämä voisi olla hyvä tapa monessa yrityksessä, koska arvovirta-analyysin tekeminen voi olla monelle yritykselle liian haastavaa. (Carroll 2008, 56; Nicholas 2011, 81.)

Jidoka. Jidoka tarkoittaa tuotantokoneen tai -linjan automaattista pysäyttämistä koneen itsensä tai työntekijän toimesta, kun ongelmia ilmenee. Jokainen työntekijä voi pysäyttää koko tuotantolinjan, jos tarve vaatii. (Järvenpää & Lanz, 37; Nicholas 2011, 10.)

Just-in-Time (JIT). suom. Juuri-Oikeaan-Tarpeeseen (JOT). JIT:llä tarkoitetaan sitä, että yritykset minimoivat tuotannossaan raaka-aineiden ja materiaalien varastot niin pieniksi kuin mahdollista. Joskus myös koko Lean-toimintatapa kutsutaan JIT:ksi. Toisaalta sillä hallitaan tehtaan tuotantoa. Toyotalla on ollut merkittävä rooli JIT:n ja imuohjauksen kehittämisessä. (Harmon & Peterson 1990, 233; Nicholas 2011, 3; Uusi-Rauva ym. 2009, 301; 2009, 423.)

Kaizen. engl. continuous improvement. Kaizen tarkoittaa jatkuvan parantamisen toimintatapaa, jolla yrityksen koko henkilöstö osallistuu yrityksen tuottavuuden kehittämiseen. Siinä yrityksen jokainen toiminto pyrkii kohti yhä parempaa toimintaa. Idea on pienten askelten tunnistamisessa ja kehittämisessä, jolloin jatkuvilla pienten askelten yhteisvaikutuksella on yrityksissä merkittävä rooli. Jatkuvan parantamisen toiminnassa voidaan havaita seuraavat vaiheet: 1. Ideoita tuotetaan yksilö- ja tiimitasolla, 2. Ideoita jalostetaan tiimin sisällä, 3. Selvitetään ideoiden etuja ja haittoja yhdessä, 4. Testataan tarvittaessa toimivuutta, 5. Tehdään päätös toteutuksesta, 6. Toteutetaan ideat tiimin resursseilla, 7. Seurataan idean toimivuutta ja 8. Kannustetaan ja palkitaan onnistumiset. (Larikka ym. 2007, 204–205; Uusi-Rauva ym. 2009, 380–381.)

Kanban. Ks. Imuohjaus

Poka-yoke. engl. "fool proofing". Poka-yoke tarkoittaa ratkaisuja, jotka estävät virheiden tapahtumista työntekijöiden laiminlyöntien takia esimerkiksi hälytyslaite, joka varoittaa koneen voiteluöljysäiliön pinnan korkeudesta. (Järvenpää & Lanz 2014, 37; Nicholas 2011, 189; 2011, 345.)

Six Sigma. Six Sigma tarkoittaa laadun parantamiseen liittyviä menetelmiä ja käytäntöjä, joilla pyritään tuotannon vaihtelun minimoimiseen, koska vaihtelu aiheuttaa virheitä. Nämä virheet taas johtavat vikoihin, jotka taas aiheuttavat hukkaa. (Lean Six Sigma, [viitattu 3.4.2019].)

SMED. engl. single-minute exchange of dies. SMED tarkoittaa menetelmää, joka liittyy tuotantokoneiden asetus- ja vaihtoaikoihin sekä niiden lyhentämiseen. Sen alkuperä on metalliteollisuudessa, mutta sitä voidaan menestyksellisesti käyttää myös muilla teollisuuden aloilla. (Nicholas 2011, 139.)

Visuaalinen ohjaus. Visuaalinen ohjaus tarkoittaa visuaalisia ohjausmenetelmiä kuten näyttöä (engl. dashboard), josta näkee tärkeimmät tiedot yhdellä silmäyksellä kuten valmistettujen kappaleiden määrän tietyssä vuorossa, tavoitemäärät, tuottavuusmittareiden arvot ja esiin tulleet laatuongelmat. Näyttöjä voi olla erilaisia kuten konekohtainen, operatiivinen, taktinen tai strateginen näyttö. Visuaalisella ohjauksella voidaan tarkoittaa selvästi merkittyjä kulku-, työskentely- ja varastoalueita esimerkiksi teippauksilla lattiaan. Tai tällä tarkoitetaan varastotilojen visualisointia värein. (Järvenpää & Lanz 2014, 37; Tokola 2015.)

2.3 Tuottavuusmittarit

Aiemman tutkimuksen ja hankkeiden valossa yleisimmin käytetyt tuottavuusmittarit ovat toimitusvarmuus, läpimenoaika, käyttösuhte, tuottavuus ja tuotannon

tehokkuutta mittaava tunnusluku OEE / KNL (Overall Equipment Effectiveness / Käytettävyys, Nopeus ja Laatu) (Arola ym. 2019, 12).

2.3.1 Toimitusvarmuus

Toimitusvarmuudella tarkoitetaan yleensä prosenttilukua, joka ilmoittaa, kuinka monta prosenttia kaikista tilauksista toimitettiin ajallaan (Lehtonen ym. 2004, 56). Toimitusvarmuus voidaan laskea seuraavasti:

$$\text{Toimitusvarmuus (\%)} = \frac{\text{Toimitetut tilaukset} - \text{Myöhästyneet tilaukset}}{\text{Toimitetut tilaukset}} \quad (1)$$

2.3.2 Läpimenoaika

Läpimenoajalla eli läpäisyajalla tarkoitetaan valmistuksen läpimenoon kuluva aikaa tuotteen valmistamisen aloituksesta tuotteen valmistumishetkeen kaavan (2) mukaisesti. Läpimenoaika voidaan jakaa neljään osaan: vaiheaika, asetus aika, siirtoaika ja odotusaika. Vaiheaika esimerkiksi koneen tahtiaika on se aika, joka kuluu tuotantovaiheen tekemiseen. Asetusaika on se aika, joka menee, kun työpistettä valmistellaan työvaiheen suorittamista varten. Siirtoaika tarkoittaa sitä aikaa, joka tarvitaan tuote-erän siirtämiseen työvaiheesta toiseen. Odotusaika on läpimenoajan kriittisin vaihe, sillä se voi muodostaa jopa 80 % läpimenoajasta. Läpimenoaika voidaan määrittää joko koko tuotteen tai tuotteen osan valmistamiselle. Läpimenoaikaan vaikuttavat tuotannonohjaus, työtavat, toimintatavat sekä tiiminjäsenten ja heidän esimiestensä välinen yhteistyö. (Larikka ym. 2007, 139; Nikupeteri 2016, 52; Uusi-Rauva ym. 2009, 401.)

Läpimenoaika voidaan määritellä näin:

$$\text{Läpimenoaika (h)} = T_{\text{lopetus}} - T_{\text{alku}} \quad (2)$$

missä T_{alku} on tuotteen valmistamisen aloitusaika
 T_{lopetus} on tuotteen valmistumisaika

On huomattava, että tuotteen valmistamiseen tarkoitettu työaika on eri kuin tuotteen läpimenoaika. Tuotteen valmistamiseen tarkoitettu työaika on konkreettista tuotteen aktiiviseen valmistamiseen tehtävää työtä. Kun taas läpimenoaikaa kuluu, vaikkei tuotetta olla valmistamassakaan.

Läpimenoaikaa voidaan arvioida eri tavoin kuten aikajanalla läpimenoaikakaaviolla, jossa työaika jaetaan arvoa tuottavaan, kehitettävään ja poistettavaan aikaan tai työaikakertymämenetelmällä, jossa työvaiheen aloitus- ja valmistumishetket sekä työvaiheeseen kuluneet työajat merkitään läpimenoaikakaavioon. (Larikka ym. 2007, 140–142.)

Työvaiheeseen liittyvä työaikasuhte voidaan laskea seuraavalla kaavalla (Larikka ym. 2007, 141):

$$\text{Työaikasuhte} = \frac{\text{Työvaiheeseen kulunut työaika}}{\text{Työvaiheeseen kulunut läpimenoaika}} \quad (3)$$

Kaavan (3) tyyppisesti voidaan myös laskea työaikasuhte koko tuotteen valmistukselle mittaamalla ja laskemalla yhteen tuotteen valmistukseen kulunut kokonaistyöaika ja vertaamalla sitä tuotteen läpimenoaikaan.

Läpimenoaikaa voidaan lyhentää valmistuseriä pienentämällä, jolloin työvaiheiden työjonot, kuljetuserät ja odotusajat pienenevät sekä myös välivarastoja poistamalla, jolloin odotusajat lyhenevät ja varastokustannukset pienenevät. Toisaalta läpimenoaikaa voidaan lyhentää materiaalivirtoja selkeyttämällä, jolloin turha ja hidastava logistiikka sekä turhat työpisteet poistuvat. Yhtäältä läpimenoaikaa voidaan lyhentää asetusajoja (työkalut, ohjelmat, raaka-aineet yms. työvaiheiden aloittamiseen liittyvät tehtävät) lyhentämällä, jolloin tuotanto muuttuu joustavammaksi teknisillä ja organisatorisilla keinoilla, mikä on usein edellytys valmistuserien pienentämiselle. Jos läpimenoaika puolitetaan, on sillä merkittävät vaikutukset yrityksen toimintaan. On havaittu, että tällöin kannattavuus nousee 9,5 %, tuotantokustannukset laskevat 8,5 %, keskeneräisen tuotannon (KET) arvo laskee 47 % ja sitoutunut pääoma laskee 15 %. (Lindberg 1999, 261; Martinsuo ym. 2016, 362-363.)

2.3.3 Käytösuhde

Koneiden käytösuhde määritellään näin (Saari 2006, 246):

$$\text{Koneiden käytösuhde} = \frac{\text{Toteutunut käyntiaika}}{\text{Maksimikäyntiaika}} \quad (4)$$

Koneiden käytösuhde, josta käytetään myös nimitystä koneiden kuormitusaste, jolla kuvataan usein kuormitusryhmän eli tietyn laitekokonaisuuden, koneryhmän, osaprosessien ja verstaiden muodostaman kokonaisuuden käytösuhdetta. Jotta koneiden käytösuhde pystyttäisiin laskemaan, tarvitaan siihen koneiden maksimi-

käyntiaika ja niiden toteutunut käyntiaika tietyllä ajanjaksolla. Kun eri työtehtävien kuormitus lasketaan tietyllä ajanjaksolla yhteen ja huomataan, että kuormitus ylittää todellisen kapasiteetin, pitää yrityksen ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin. Tässä suhteessa puhutaan usein koneiden tai tuotannon kuormittavuudesta. Jos koneiden kuormittavuus on alhainen, on tuotannossa kallista vajaakäyttöä. Jos taas tuotannossa on jonkin koneen kuormitus lähes 100 % muodostuu tuotantoon juuri siihen kohden pullonkaula, jolloin tuotanto ruuhkautuu. (Martinsuo ym. 2016, 148.)

2.3.4 Tuottavuus

Tuottavuuden määritelmä on seuraava (Saari 2006, 243):

$$\text{Tuottavuus} = \frac{\text{Kokonaistuotos}}{\text{Kokonaispanos}} \quad (5)$$

Tuottavuuden määritelmä on yksinkertainen, koska sen määritelmä kaavan (5) mukaisesti on kokonaistuotoksen määrä jaettuna kokonaispanoksen määrällä. Esimerkiksi saadaan aikaan tuotos yhtä työtuntia kohden. Kuitenkin tilanne muuttuu monimutkaisemmaksi, kun tuotantopanoksia on useampia, jolloin vertaaminen työtunteihin on kuitenkin usein käyttökelpoista. (Kauhanen 2018, 21–22; Saari 2006, 97.)

Tuottavuusmuutos. Tuottavuusmuutos määritellään seuraavasti (Saari 2006, 243):

$$\text{Tuottavuusindeksi} = \text{Tuottavuusmuutos} = \frac{\text{Tuottavuus}_{T2}}{\text{Tuottavuus}_{T1}} \quad (6)$$

Tuottavuusindeksi eli tuottavuusmuutos lasketaan kaavan (6) avulla, jolla havainnoidaan kahden eri ajankohdan T1 ja T2 havaittujen tuottavuusarvojen eroa. Jos tuottavuusindeksi on suurempi kuin yksi, tuottavuus on kasvanut ja vastaavasti tuottavuus on laskenut, kun tuottavuusindeksin arvo on pienempi kuin yksi.

Työn tuottavuus. Työn tuottavuus määritellään seuraavasti (Saari 2006, 245):

$$\text{Työn tuottavuus} = \frac{\text{Tuotos}}{\text{Työn määrä}} \quad (7)$$

Taulukossa 1. on esitetty esimerkkilaskelma tuotantomallista, josta tulee esille konkreettisesti, miten tuottavuus lasketaan. Jotta tuottavuus voidaan laskea pitää erottaa kaksi prosessia toisistaan, nimittäin tulonjakoprosessi, johon vaikuttaa tuotteen hinnanmuutokset ja reaali prosessi, jossa erilaatuiset ja -määräiset

tuotannon panokset yhdistellään tuottaen lisäarvoa. Lasketaan tuotokselle ja panokselle vertailuluvut, jotka saadaan kertomalla jakson 1 määrät jakson 2 hinnoilla. (Saari 2006, 112–114.)

Tällöin tuottavuus voidaan laskea kaavan (5) mukaisesti tuotoksen vertailuluku suhteessa panoksen vertailulukuun, jolloin siitä on erotettu tulonjakoprosessin aiheuttama muutos ja jäljelle jää reaali prosessin tulos. Tuottavuusindeksillä, joka lasketaan kaavalla (6), voidaan seurata tuottavuuden muutosta ja taulukon 1. esimerkissä jaksojen 1 ja 2 välillä. Työn tuottavuus voidaan laskea kaavalla (7), jossa tuotos jaetaan käytettyjen työtuntien määrällä. (Saari 2006, 114; 245.)

Taulukko 1. Esimerkki tuottavuuslaskelmasta (soveltaen Saari 2006, 113).

	a	b	c	d	e	f	g
		Jakso 1		Vertailuluku		Jakso 2	
	Määrä	Hinta	Arvo	Määrä1xHinta2	Määrä	Hinta	Arvo
1 Tuote 1	150	9,40 €	1 410,00 €	1 485,00 €	200	9,90 €	1 980,00 €
2 Tuote 2	140	8,70 €	1 218,00 €	1 239,00 €	155	8,85 €	1 371,75 €
3 Tuote 3	100	6,00 €	600,00 €	590,00 €	135	5,90 €	796,50 €
4 Tuotos			3 228,00 €	3 314,00 €			4 148,25 €
5 Työ	40	50,00 €	2 000,00 €	2 052,00 €	50	51,30 €	2 565,00 €
6 Materiaali	100	5,50 €	550,00 €	540,00 €	110	5,40 €	594,00 €
7 Energia	400	1,10 €	440,00 €	620,00 €	420	1,55 €	651,00 €
9 Panos			2 990,00 €	3 212,00 €			3 810,00 €
10 Lisäarvo (abs.)			238,00 €	102,00 €			338,25 €
11 Tuottavuus d4/d11, g4/g11				1,032			1,089
12 Tuottavuusindeksi g11/d11				1,055			
13 Työn tuottavuus d4/a5, g4/e5 (€/työtunti)				82,85 €			82,97 €

2.3.5 Tuotannon tehokkuus

Yleisesti tehokkuus, siten myös tuotannon tehokkuus määritellään seuraavasti (Saari 2006, 245):

$$\text{Tehokkuus} = \frac{\text{Tuotos}}{\text{Panoskäyttö}} \quad (8)$$

Tehokkuudella tarkoitetaan yleiskäsitettä tavoitteellisessa toiminnassa. Se kuvaa uhrausta, joka tarvitaan tietyn arvon aikaansaamiseksi. Tuotannon tehokkuus eli osatuottavuuden tunnusluku saadaan kaavasta (8). (Saari 2006, 162–164.)

Taulukko 2. Esimerkki tuotannon tehokkuuden laskemisesta (soveltaen Saari 2006, 113; 2006, 164).

	a	b	c	d	e	f	
		Jakso1			Jakso2		
	Määrä	Hinta	Arvo	Määrä	Hinta	Arvo	
1 Tuote 1	150	9,40€	1 410,00 €	200	9,90€	1 980,00 €	
2 Tuote 2	140	8,70€	1 218,00 €	155	8,85€	1 371,75 €	
3 Tuote 3	100	6,00€	600,00 €	135	5,90€	796,50 €	
4 <i>Tuotos</i>	390		3 228,00 €	490		4 148,25 €	
5 Työ	40	50,00€	2 000,00 €	50	51,30€	2 565,00 €	
6 Materiaali	100	5,50€	550,00 €	110	5,40€	594,00 €	
7 Energia	400	1,10€	440,00 €	420	1,55€	651,00 €	
9 <i>Panos</i>	540		2 990,00 €	580		3 810,00 €	
10							
10	Fyysisen tuotoksen muutosindeksi d7/a7			1,256			
11	Tuotoksen hintamuutosindeksi (f7/d7)/(c7/a7)			1,023			
12	Taloudellisen tuotoksen muutosindeksi f7/c7			1,285			
13	Fyysisen panoksen muutosindeksi d11/a11			1,074			
14	Panoksen hintamuutosindeksi (f11/d11)/(c11/a11)			1,186			
15	Taloudellisen panoksen muutosindeksi f11/c11			1,274			
16	Tuotannon tehokkuus (d12/d15)/(d11/d14)			1,170			

Taulukossa 2. on esitetty esimerkki tuotannon tehokkuuden laskemisesta. On huomattava, että tuotannon tehokkuuden laskemiseksi on erotettava hintaindeksin vaikutus pois. Tällöin lasketaan ensin hintaindeksit tuotoksen ja panoksen suhteen, samoin lasketaan tuotoksen ja panoksen kappalemäärien muutosten fyysiset indeksit sekä tuotoksen ja panoksen taloudelliset indeksit eli saatu ja kulunut pääoma. Tuotannon tehokkuus on siten tuotoksen ja panoksen taloudellisten indeksien suhde jaettuna tuotoksen ja panoksen hintaindeksien suhteella. (Saari 2006, 164.)

Kulutus. Vastaavasti kulutus määritellään tehokkuuden käänteisluvuksi seuraavasti (Saari 2006, 245):

$$Kulutus = \frac{Panoskäyttö}{Tuotos} \quad (9)$$

Panoskäyttösuhde. Panoskäyttösuhde määritellään seuraavasti (Saari 2006, 245):

$$Panoskäyttösuhde = \frac{Toteutunut panoskäyttö}{Suunniteltu panoskäyttö} \quad (10)$$

Tuotannon tuloksellisuus. Tuotannon tuloksellisuus (engl. schedule adherence) taas määritellään seuraavasti (Saari 2006, 245):

$$Tuotannon tuloksellisuus = \frac{Toteutunut tuotanto}{Standardituotanto} \quad (11)$$

Blancon & Dederichsin (2018, 122) mukaan kaava (11) voidaan laskea esimerkiksi toteutuneiden töiden suhteena aikataulutettuihin töihin. Tuotannon tuloksellisuus pitäisi olla heidän mukaansa korkea ja sitä pitäisi mitata päivittäin sekä samalla viikoittaiset ja kuukausittaiset keskiarvot olisi syytä koota.

Resurssitehokkuus. Resurssitehokkuus määritellään seuraavasti (Modig, Åhlström & Tillman 2013, 9–10):

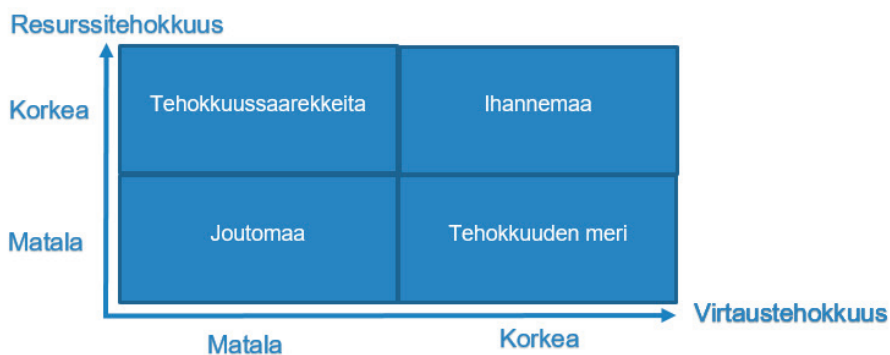
$$\text{Resurssitehokkuus} = \frac{\text{Resurssin käyttöaika}}{\text{Ajanjakso}} \quad (12)$$

Blancon & Dederichsin (2018, 122) mukaan resurssitehokkuus (engl. wrench time) voidaan laskea lisäarvoa tuottavan työajan suhteena käytettävissä olevaan kokonaistyöaikaan. Tyypillisesti tämän lisäarvoa tuottavan työn osuus pitäisi olla heidän mukaansa yli 50 %. Sitä pitäisi heidän mukaansa seurata viikko- tai kuukausikeskiarvona.

Virtaustehokkuus. Ja vastaavasti virtaustehokkuus (Modig, Åhlström & Tillman 2013, 13):

$$\text{Virtaustehokkuus} = \frac{\text{Arvoa tuottavat toiminnot}}{\text{Läpimenoaika}} \quad (13)$$

Kun kaavasta (12) saatu resurssitehokkuus ja kaavasta (13) saatu virtaustehokkuus esitetään samassa matriisissa, saadaan tehokkuusmatriisi, joka on esitetty kuviossa 5. Kun tuotanto on Joutomaa-vaiheessa, resurssit tuhlataan sekä virtaus on hidasta ja tehotonta. Kun tuotanto on Tehokkuuden meri -vaiheessa, virtaustehokkuus on suuri, mutta resurssitehokkuus on matala. Tällöin asiakkaiden tarpeisiin vastataan tehokkaasti, mutta siihen päästään vapaan kapasiteetin ansiosta. Kun tuotanto on Tehokkuussaarekkeita -vaiheessa, resurssitehokkuus on korkea, mutta virtaustehokkuus on alhainen. Tällöin resurssitehokkuus tuottaa alhaisempia tuotanto- ja palvelukustannuksia, mutta toimitusajat ja varastointiajat ovat pitkiä. Kun tuotanto on Ihannemaa-vaiheessa, tuotannossa on korkea virtaustehokkuus ja resurssitehokkuus. Täydellinen yritys on kuitenkin utopistinen tila, joten täydellistä virtaus- ja resurssitehokkuutta ei voida saavuttaa. (Modig, Åhlström & Tillman 2013, 100–102.)



Kuvio 5. Tehokkuusmatriisi (soveltaen Modig, Åhlström & Tillman 2013, 100).

2.3.6 OEE / KNL (Overall Equipment Effectiveness / Käytettävyys, Nopeus ja Laatu)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) –mittarilla mitataan tuotannon tuotantolaitteistojen tehokkuutta. Suomeksi mittaria kutsutaan Käytettävyys, Nopeus ja Laatu (KNL) –mittariksi. Seuraavassa esitellään kaksi vaihtoehtoista tapaa laskea kyseisen mittarin arvo, joko käyttäen hyväksi tuotannon koneiden tahtiaikoja, vikaantumistiheyksiä, vikaantumisvälejä ja korjausaikoja tai sitten laskien suoraan käytettävyysasteesta, toiminta-asteesta ja laatukertoimesta kertomalla nämä keskenään.

Ensinnäkin OEE määritellään seuraavasti (Nicholas 2011, 172):

$$OEE = A \times PE \times Q \quad (14)$$

missä A on engl. availability, käytettävyys

PE on engl. performance efficiency, nopeus eli toiminta-aste

Q on engl. quality rate, laatu

Käytettävyys. Käytettävyys (A) voidaan laskea teoreettisemmin seuraavasti (Nicholas 2011, 168):

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (15)$$

missä MTBF on engl. mean time between failures, suom. keskimääräinen vikaantumisväli. Suure, jolla kuvataan jonkin laitteen luotettavuutta.

MTTR on engl. mean time to repair suom. keskimääräinen korjausaika.

1. Keskimääräinen vikaantumisväli. Keskimääräinen vikaantumisväli (MTBF) määritellään seuraavasti (Nicholas 2011, 167):

$$MTBF = \frac{\text{Laitteiden kokonaiskäyttöaika}}{\text{Vikojen määrä}} \quad (16)$$

2. Keskimääräinen korjausaika. Keskimääräinen korjausaika (MTTR) määritellään seuraavasti (Nicholas 2011, 165):

$$MTTR = \frac{\text{Korjausaikojen summa}}{\text{Vikojen määrä}} \quad (17)$$

Käyttökelpoisempi käytettävyyden määritelmä on kuitenkin seuraava (Nicholas 2011, 169):

$$A = \frac{\text{Käytettävissä oleva tuotantoaika} - \text{Suunniteltu huoltoaika}}{\text{Käytettävissä oleva tuotantoaika}} \quad (18)$$

Toiminta-aste. Toiminta-aste eli nopeus (PE, engl. performance efficiency) lasketaan seuraavasti (Nicholas 2011, 171):

$$PE = \frac{\text{Tuotantoaika} - \text{seisontaaika}}{\text{Tuotantoaika}} \quad (19)$$

Tätä käytetään etenkin, kun koneen tahtiaikaa ei tiedetä tai pystytä määrittelemään tai koneella tehdään eri tuotteita, joilla on eri tahtiaikoja.

Kun koneen tahtiaika on tiedossa, voidaan toiminta-aste (PE) määritellä seuraavasti (Nicholas 2011, 171):

$$PE = \frac{\text{Tuotantomäärä} \times \text{Jaksoaika}}{\text{Tuotantoaika}} \quad (20)$$

Kaavassa (20) tuotantoaika saadaan, kun käytettävissä olevasta maksimikapasiteetista vähennetään suunnitellut huollot ja suunnittelemattomat seisokit.

Laatukerroin. Laatukerroin (Q, engl. quality) määritellään seuraavasti (Nicholas 2011, 171–172):

$$Q = \frac{\text{Valmistettujen tuotteiden määrä} - \text{Hylättyjen tuotteiden määrä}}{\text{Valmistettujen tuotteiden määrä}} \quad (21)$$

Taulukko 3. OEE-laskentaesimerkki automatisoidulla sarjatuotantolinjalla.

Käytettävissä oleva tuotantoaika ($T_{\max}$, min)	480
Jaksoaika (CT, min/kpl)	0,1
Valmistettujen tuotteiden määrä (P, kpl)	2220
Hylättyjen tuotteiden määrä (R, kpl)	44
Suunniteltu huoltoaika (PM, min)	135
Suunnittelematon huoltoaika (UPM, min)	35
Käytettävyys (A, %) = $(T_{\max} - PM)/T_{\max}$	71,9%
Toiminta-aste (PE, %) = $(P \times CT)/(T_{\max} - PM - UPM)$	71,6%
Laatukerroin (Q, %) = $(P - R) / P$	98,0%
OEE = $A \times PE \times Q$	50,5%

Taulukossa 3. esitetään laskentaesimerkki OEE-tehokkuusmittarin käytöstä automaattisella sarjatuotantolinjalla. Tässä esimerkissä on tiedossa tahtiaika eli kuinka kauan yhden kappaleen tuotanto kestää keskimäärin. Jos kyseistä tahtiaikaa ei voida laskea johtuen siitä, että tuotetaan usean tahtiaikaisia tuotteita tai jostain muusta syystä, niin voidaan käyttää taulukossa 4. esitettyä laskentatapaa.

KNL. Suom. voidaan tämä esittää muodossa (Novotek a, 5; [Viitattu 3.4.2019]):

$$KNL = K \times N \times L \quad (22)$$

missä K on käytettävyys, käytettävyyskerroin
N on toiminta-aste eli nopeus
L on laatukerroin

Lasketaan kuitenkin samoilla periaatteilla kuin OEE.

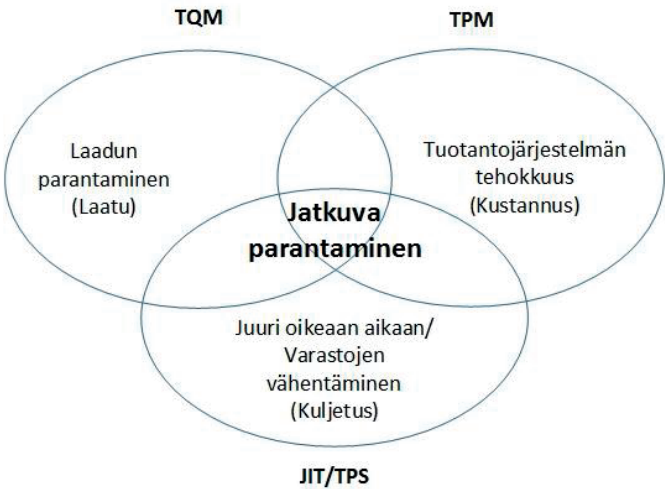
Taulukon 4. mukaisesti voidaan laskea KNL-mittarin arvo yksinkertaisesti. Käytettävyys (K) saadaan yksinkertaisesti vähentäen käytetystä tuotantoajasta toteutuneet häiriöt. Sitten toiminta-aste eli nopeus (N) saadaan vähentämällä maksimituotantoajasta tuottavuushävikit. Lopuksi laatukerroin (L) saadaan vähentämällä toteutuneesta tuotannosta laatuhävikit. Kertomalla nämä kolme kerrointa keskenään saadaan KNL%, joka on tuotannon kokonaistehokkuuden mittari.

Taulukko 4. KNL-laskentaesimerkki täydellisellä tuotannolla soveltaen Heinon (2017, 26) esittämää esimerkkilaskelmaa.

Käytettävyys (K)	• Käytetty tuotantoaika = 100 % • Vähennetään toteutuneet häiriöt (tautot, odotukset, huollot) = 10 % • K = 90 %
Toiminta-aste eli nopeus (N)	• Maksimituotantoaika = 100 % • Vähennetään tuottavuushävikit= 6 % • N = 94 %
Laatukerroin (L)	• Toteutunut tuotanto = 100 % • Vähennetään laatuhävikit= 6 % • N = 94 %
KNL%	90 % x 94 % x 97 % = 82,1 %

2.3.7 Muita tuottavuusmittareita

QCD-malli. Laadua, kustannuksia ja kuljetusta parannetaan (Quality, Cost, Delivery, QCD) -mittariston avulla. Laadulla kuvataan prosessien laatua valmiin tuotteen lisäksi. Kustannuksiin sisällytetään kokonaiskustannukset, joihin kuuluvat tuotteen suunnittelu, valmistus, logistiikka ja tuotteen jälkihoito kuten asiakaspalvelu. Toimitus mittaa, pystytäänkö tuotteet toimittamaan ajoissa asiakkaille. (Enkawa & Schvaneveldt 2001, 551–552.)



Kuvio 6. Jatkuva parantaminen ja QCD-mittaristo laadun, kustannusten ja kuljetuksen keskiössä (soveltaen Enkawa & Schvaneveldt 2001, 552 Figure 4).

Kuvion 6. mukaan QCD-mittaristo yhdistää kolme kehittämisen näkökulmaa yhteen: Total Quality Management (TQM), Total Preventive Maintenance (TPM) ja Just-in-Time (JIT). Nämä yhdessä ajavat Lean-toimintatavan pohjalta jatkuvaa kehittämistä. On huomattavaa, että jos jotakin osa-aluetta painotetaan liikaa, niin kaksi muuta osa-aluetta kärsivät. Siksi se onkin tuotantostrateginen kysymys, mitä osa-aluetta painotetaan kussakin markkinatilanteessa tai yrityksen kehitysvaiheessa.

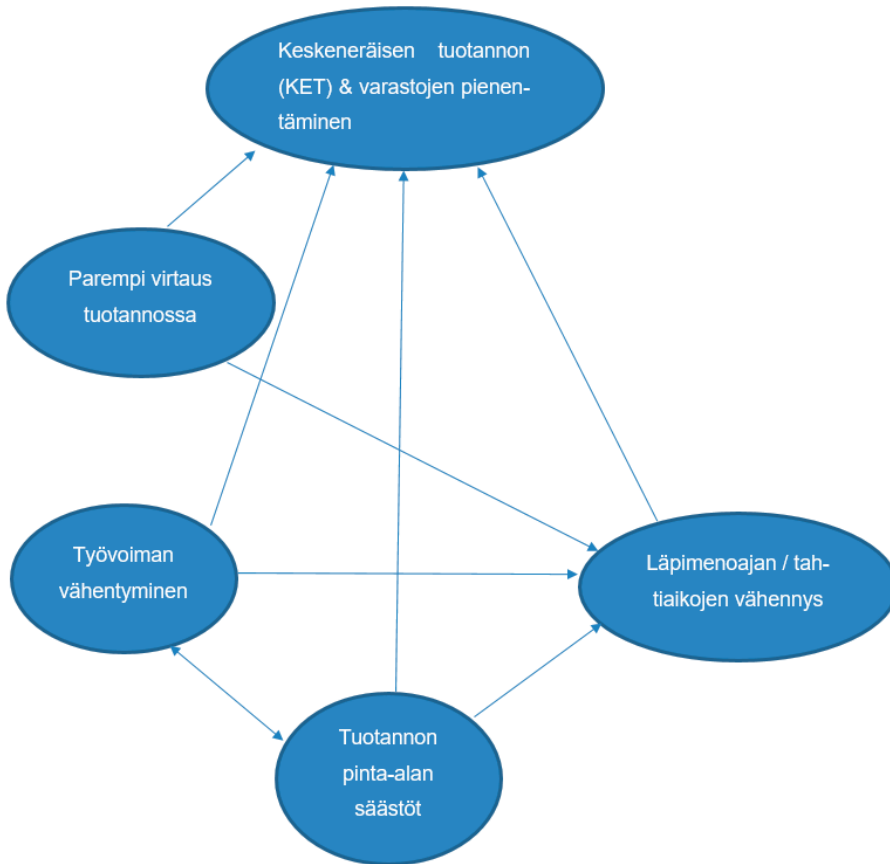
Taulukko 5. Suositeltuja toimintakykymittareita (KPI:t) ja muita tunnuslukuja (soveltaen Blanco & Dederichs 2018, 122).

Nimi	Suosittelun tarkasteluväli	Suosittelun taso	Laskentaesimerkki
Tuotannon tilauskanta (engl. ready-to-schedule backlog)	Viikoittain, näkymä kuukausitasolle	Alentuva aluksi, sen jälkeen tasainen	Suunnitellut työtunnit tuotannon tölle / keskimääräiset käytettävissä olevat työtunnit viikossa (työviikkoa)
Tuotannon ilmoitukset (engl. notification progress and backlog)	Kuukausittain	Alentuva aluksi, sen jälkeen tasainen	Tulleiden, suljettujen ja avoimien ilmoitusten lukumäärä (kpl)
Työtilausten määrä (engl. work order progress and backlog)	Kuukausittain	Alentuva aluksi, sen jälkeen tasainen	Tulleiden, suljettujen ja avoimien työtilausten lukumäärä (kpl)
Työn tehokkuus (engl. % of hours on scheduled jobs)	Päivittäin, viikko- ja kuukausikeskia	Korkea	Tehdyt työtunnit jaettuna käytettävissä olevilla työtunneilla (%)

Taulukossa 5. on esitelty muita ehdotettuja tuottavuusmittareita, jotka on havaittu käyttökelpoisiksi teollisuuden tuotannossa. Niitä ovat tuotannon tilauskannan seuraaminen, tuotannon ilmoitusten ja työtilausten määrän seuraaminen sekä työn tehokkuuden seuraaminen. Tuotannon tilauskanta ilmoitetaan työviikkoina, jossa verrataan tuotantotilauksiin sisältyvää työmäärää käytettävissä oleviin viikoittaisiin tuntimääriin. Tuotannon ilmoitusten ja työtilausten määrää seurataan niin tulleiden, suljettujen että avoimien määrien suhteen. Työn tehokkuudella voidaan mitata työn tehokkuutta tehtyjen työtuntien ja käytettävissä olevien työtuntien suhteen. (Blanco & Dederichs 2018, 122.)

2.4 Tuottavuustavoitteiden keskinäiset vaikutukset

Kuitenkin on hyvä tarkastella myös tuottavuustavoitteiden keskinäisiä vaikutuksia, koska yrityksissä nämä erilliset tuottavuustavoitteet ovat selkeästi keskenään vaikutuksessa toisiinsa. Kuviossa 7. esitetään erilaisten tuottavuustavoitteiden keskinäiset vaikutukset.



Kuvio 7. Tuottavuustavoitteiden keskinäiset vaikutukset (soveltaen Tokola, Väistö & Niemi 2015 Figure 4).

Kuviosta 7. nähdään, että ensinnäkin, jos saavutetaan tuotannon parempi virtaus vähemmällä työvoimalla ja tuotannon pinta-alalla, niin myös läpimenoajat ja keskeneräinen tuotanto (KET) vähenevät. Toiseksi työvoiman ja tuotannon pinta-alan väheneminen ovat riippuvaisia toisistaan. Kolmanneksi asetusajojen tehostuminen johtaa korkeampaan tuottavuuteen. (Tokola, Väistö & Niemi 2015.)

3 EMPIRIAOSUUS

3.1 Tuotannon tehokkuus ja sen visualisointi yrityksissä

Tässä empiriaosuudessa raportoidaan ensin aiemmissa hankkeissa tehtyjä havaintoja ja tutkimustuloksia. Sen jälkeen tuodaan esiin tuotannon tehokkuuteen ja sen visualisointiin liittyvää tietoa eri teollisuuden aloilta (konepaja-, elintarvike- sekä huonekalu- ja rakennusteollisuus) ja niiden erityyppisiltä tuotantosuosunnilta. Nämä tiedot sisältäen kokemuksia, havaintoja ja kehitystyötä on kerätty erilaisista oppinnäytetöistä, artikkeleista ja alan kirjallisuudesta.

Tämä empiriaosuus on ryhmitelty eri teollisuuden haarojen ja eri tuotantotyyppien suhteen, koska tuotannon tehokkuuden ja myös visualisoinnin tarpeet ja tavat eroavat toisistaan.

3.2 Aiempien hankkeiden tuloksia

Tässä tuodaan esiin aiemmissa hankkeissa tehtyjä havaintoja ja tutkimustuloksia. Erityisesti tuodaan esiin Koneteollisuuden kilpailukyyn kehittäminen (KoKiKe) -hankkeen päälöydökset sekä poimintoja muistakin hankkeista.

3.2.1 KoKiKe-hanke

Koneteollisuuden kilpailukyyn kehittäminen (KoKiKe) -hanke toteutettiin vuosina 2013 – 2015. Hankkeessa hakijana oli Etelä-Pohjanmaan korkeakouluyhdistys ry, toteuttajina SeAMK ja Tampereen teknillinen yliopisto (TTY) sekä rahoittajana Etelä-Pohjanmaan liitto EAKR-hankerahoituksena. Tässä hankkeessa tehtiin laajaa yhteistyötä silloisen Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) kanssa synnyttäen samalla alan EPANET-professuuria Etelä-Pohjanmaalle. (Etelä-Pohjanmaan korkeakouluyhdistys, [viitattu 3.4.2019].)

Hankkeessa tehtiin myös yhteistyötä FIMECC-yhdistyksen koordinoiman MANU-ohjelman LeanMes-hankkeen kanssa erityisesti haastattelujen toteuttamisen suhteen. KoKiKe-hankkeessa toteutettiin haastatteluja, joiden tavoitteena oli kartoittaa valmistavan teollisuuden, etenkin konepajateollisuuden, tuotannon-ohjauksen ja -suunnittelun tilannetta, sekä niihin liittyviä haasteita ja tarpeita. Haastatteluissa tiedusteltiin pk-yrityksiltä pääasiassa tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen tietojärjestelmistä, ohjausmenetelmistä lattiatasolla, suorituskykymitareista (KPI:t) sekä Lean-toimintatavan hyödyntämisen nykytilasta. KoKiKe-hankkeen tulosten perusteella valmistavan teollisuuden pk-yrityksissä on tuottavuuden

parantamiseksi tarve reaaliaikaisen tuotantodatan keräämiselle ja visualisoinnille eri käyttäjäryhmille; tuotannon työntekijä, työnjohto, tuotantopäällikkö ja yrityksen johto. Eri käyttäjät tarvitsevat erilaista tietoa. (Järvenpää & Lanz 2014, 3.)

LeanMES-hankkeen yhteenvedossa, johon myös KoKiKe-hankkeen tulokset on raportoitu, havaittiin, että vain muutama haastatelluista yrityksistä käytti tuotannonohjaus- eli Manufacturing Execution System (MES) -järjestelmää eikä yhdelläkään ollut Advanced Planning and Scheduling (APS) -järjestelmää. Tästä johtuen yritysten tuotannonohjaus oli pitkälti erilaisten Excel-taulukoiden, paperidokumenttien ja erilaisten tiedonkeruujärjestelmien varassa, jolloin tuotannonohjaus oli virhealtista, manuaalista työtä vaativaa eikä työ arkistoitunut myöhemmin haettavaan muotoon. (Järvenpää & Lanz 2014, 3.)

Lean-toimintatapaan on LeanMES-hankkeen mukaan tehty lukuisia projekteja yrityksissä, mutta tulosten saaminen on jäänyt puolitiehen, koska Leanin pitäisi olla jatkuva ja pysyvä toimintatapa yrityksissä eikä yksittäinen projekti. Lisäksi useimpien yritysten tuotteet vaativat räätälöintiä, jolloin Leanin imuohjaus on hankala toteuttaa. (Järvenpää & Lanz 2014, 3.)

Näkymätön näkyväksi -hankkeessa hyödynnetään KoKiKe-hankkeessa käytettyä yrityshaastattelurunkoa päivittämällä ja painottamalla tiettyjä osa-alueita. KoKiKe-hankkeessa haastatteluvaiheeseen osallistuneille yrityksille annetaan mahdollisuus osallistua myös tässä hankkeessa haastatteluihin jatkotyöstämään tuotannon kehittämistä KoKiKe-hankkeen pohjalta.

3.2.2 Digivaattori-hanke

Digitalisaatio ja teollinen internet valmistavan teollisuuden pk-yrityksien moottorina (Digivaattori) -hanke oli ESR-rahoitteinen SeAMKin toteuttama hanke. Hankkeessa oli tavoitteena lisätä Etelä-Pohjanmaan valmistavan pk-teollisuuden tuottavuutta ja työhyvinvointia. Tämä tapahtui nostamalla yritysten henkilöstön tietotaitotasoa ja ymmärrystä digitalisaation ja teollisen internetin mahdollisuuksista yritysten kehittämisessä. Hanke toteutettiin ajalla 1.1.2016 – 31.12.2018. Hanke toteutettiin SeAMK Tekniikan ja SeAMK Liiketoiminta ja kulttuuri – yksiköiden välisenä yhteistyönä. (Seinäjoen ammattikorkeakoulu a, [viitattu 3.4.2019].)

Hankkeessa toteutettiin 9 pilottia, joista osa piloteista liittyi tuotannonohjauksen kehittämiseen. Yhdessä pilotissa keskityttiin tuotannon kehittämiseen, toisessa digitalisaation edellytysten luomiseen tuotannossa sekä kolmannessa laatujärjestelmän kehittämiseen ja mittareiden määrittelyyn. Näiden pilottien yritykset ovat potentiaalisia osallistujia Näkymätön näkyväksi-hankkeen haastatteluvaiheeseen. (Seinäjoen ammattikorkeakoulu a, [viitattu 3.4.2019].)

Tuotannon kehittäminen -pilotti. Digivaattori-hankkeen tuotannon kehittämiseen keskittyneessä pilotissa kohteena oli eteläpohjalainen metalliteollisuuden valmistaja ja alihankkija. Pää tavoitteena oli tuotannon tehostaminen erityisesti alihankintatoiminnassa. Lähtökohtana havaittiin, että osa tuotantokoneista pyöri vajaakapasiteetilla. Lisäksi alihankintatoiminnassa oli vaihtelevat valmistusmäärät, varastoon ei voitu tehdä, vaihtuvat asiakkaat olivat haasteena ja tarjouksia tehtiin enemmän, joista vain pienempi osuus johti toimitukseen. (Pakkanen & Arola 2018.)

Analyysivaiheessa tutkittiin tarjous–tilaus–toimitusprosessit luomalla Value Stream Mapping (VSM) -kartta eli suom. arvovirtakuvauskartta. Kyseisellä kartalla kuvattiin prosessin eri vaiheet, yhteydet, tapahtumien lukumäärät, varastojen saldot ja prosessiajat yhdelle lomakkeelle. Ketjun eri prosessit hajotettiin aliprosesseiksi lähtien liikkeelle tarjousprosessista. (Pakkanen & Arola 2018; Väisänen 2013.)

Ratkaisuna nähtiin tarjousprosessin tehostaminen, parametrusten mallien rakentaminen ja CAD-ohjelmiston koulutus. Tarjousprosessi digitalisoitiin hyödyntäen parametrisia CAD-malleja kustannuslaskennassa ja tarjottiin CAD-mallit alihankkijoille koneiden ohjelmointia varten. Rakennettiin erilaisille taivutettaville profiileille eriparametriset CAD-mallit, jolloin lopullisten 3D-mallien luonti voisi tapahtua ilman CAD-osaamista. Koulutettiin CAD-ohjelmisto henkilökunnan käyttöön. (Pakkanen & Arola 2018.)

Digitalisaation edellytysten luominen -pilotti. Digivaattori-hankkeen digitalisaation edellytysten luomiseen liittyvässä pilotissa kohteena oli eteläpohjalainen rakennusteollisuuden alihankkija. Tavoitteena oli tuotannon tehokkuuden lisääminen ja siinä erityisesti tuottamattoman työn minimointi. Lisäksi tavoitteena oli yhtenäisten tuotantomenetelmien ja -prosessien luominen. Edelleen tavoitteena oli saattaa tuotanto ja suunnittelu puhumaan samaa kieltä. Lopuksi tavoitteena oli kouluttaa Office365 -järjestelmä ja siihen liittyvät verkkokokoukset yrityksen käyttöön. (Ojaniemi & Arola 2018.)

Nykytilan analyysivaiheen jälkeen määriteltiin tuotantoprosessin pääkohdat, tehtiin suunnitelma työpistemallille, suoritettiin työaikamittauksia tuotannon eri työvaiheisiin ja toteutettiin tuotantoon esimerkkityöpiste. Lopputuloksena tehtiin eri tuotantovaiheille omat yhtenäiset tuotantomenetelmät ja -työkalut, otettiin Office365 tehokäyttöön mukaan lukien sen verkkokokoustyökalu ja harmonisoitiin toimittajaketju. (Ojaniemi & Arola 2018.)

Laadunhallintapilotti. Digivaattori-hankkeen laadunhallintapilotissa keskityttiin laatujärjestelmän kehittämiseen ja mittareiden määrittelyyn. Kohteena oli eteläpohjalainen huonekalutehdas, jonka liikevaihto on yli 4 miljoonaa euroa ja joka työllistää yli 20 henkilöä. Pilotin tavoitteena oli saada olemassa oleva tieto

näkyväksi, kehittää tarjous-tilausvahvistusprosessia, ylläpitää ja parantaa laatutasoa sekä kasvattaa liikevaihtoa maltillisesti. (Lahti & Arola 2018.)

Pilotissa määriteltiin ja kuvattiin keskeiset prosessit, laadittiin mittaristosuunnitelma, luotiin prosessien työ- ja toimintaohjeet sekä laadittiin toimenpideehdotus. Tarkastelunäkökulmina käytettiin taloutta, asiakkaita, prosesseja sekä henkilöstöä ja osaamista. Mittareiden osalta näkökulmakohtaisesti määriteltiin menestystekijät, avainmittarit, tavoitearvot, mittaridatan lähteet ja mittareiden toteutusjärjestys. (Lahti & Arola 2018.)

3.2.3 Ketterä teollisuus -hanke

Ketterä teollisuus -hanke oli SeAMK:n toteuttama EAKR-hanke, joka alkoi 1.3.2015 ja päättyi 31.5.2018. Hanke oli aktivointihanke, joka edisti valmistavan pk-teollisuuden yrityksiä hyödyntämään digitalisaation ja teollisen internetin mahdollisuuksia Etelä-Pohjanmaalla. Tavoitteena oli ketterän toiminnan edellytysten havainnointi, digitalisaation ja teollisen internetin mahdollisuuksien hahmottaminen, hankevalmistelut kilpailukyyn parantamiseksi, yritysten aktivointi kehittämiseen sekä tulevaisuuden kehitystrendien raportointi. (Reinilä ym. 2018, 54–55.)

Hankkeessa toteutettujen tuotannonohjaukseen liittyneiden kyselyjen perusteella voidaan todeta, että pääosalla vastaajista oli toiminnan- ja tuotannonohjaus-työkalut ja puolella myös karkea- ja hienokuormitus. Tehtäviin käytettiin osin räätälöityjä ohjelmistoja ja yleisesti myös Excel-pohjaisia ratkaisuja. Tuotannon- ja toiminnanohjaus oli tasoltaan vaihtelevaa eikä riittävää tasoa digitalisaation täyteen hyödyntämiseen oikein löytynyt. (Reinilä ym. 2018, 60.)

Tuottavuusmittareista yrityksissä käytettiin ainoastaan tuotanto- ja toimitusvarmuutta ja nekin manuaalisena eikä näitäkään mittareita hyödynnetty kuin puolessa vastanneista yrityksistä. Mittarit koettiin puutteellisiksi ja useita tärkeitä asioita ei mitata ollenkaan. Tässä tilanteessa vastanneissa yrityksissä tuotantotarvetta arvioitiin historiatiedon ja myynnin perusteella. (Reinilä ym. 2018, 60.)

Tuotannonohjaus oli edelleen pääosin manuaalista ja toiminnan ohjausprosesseissa oli vielä paljon haasteita. Erityisesti lattiataason koneiden ja tuotannonohjaus oli pääosin manuaalista. Vastaajista 70 %:n tuotannossa oli yllättäviä muutoksia päivittäin. Muutoksia hallittiin manuaalisesti ja niiden käsittelyyn kuluu keskimäärin 21 päivää vuositasolla kussakin yrityksessä. Tuotantojärjestelmän kapasiteetti, toimintakunto ja kuormitus tunnettiin vastanneissa yrityksissä kuitenkin hyvin. Kuitenkin seuranta koettiin puutteelliseksi etenkin seurannan tarkkuuden ja viiveiden suhteen. Pyrkimys tuotannon reaaliaikaiseen ja automaattiseen seu-

rantaan tuli ilmi. Ennakoivaa kunnossapitoa ei ollut käytössä, vaan koneet ja laitteet korjattiin, kun ne hajoavat. Vuosiseisakit olivat kuitenkin osassa yrityksistä käytössä. (Reinilä ym. 2018, 60.)

Yritysten toiminnassa havaittiin vain puolella vastanneista yrityksistä käytettävän viivakoodia, muunlaista tuotteiden ja tuotevirtojen seuranta ei ollut. Kiinnostavia seuranta- ja mittauskohteita olivat ainakin seuraavat: sarjatuotantolinjojen automaattinen ja reaaliaikainen toiminnan seuraaminen, koneiden käyttöaste, tuotevirtausten seuranta, toimitettujen laitteiden tuoterakenteen hallinta, osien varastopaikkatieto sekä osien materiaaalierätiedot. Yleisesti ottaen vastanneita yrityksiä kiinnosti paljon tai erittäin paljon digitalisaation ja teollisen internetin hyödyntäminen yrityksiä tuotannossa. (Reinilä ym. 2018, 61.)

3.2.4 Digitaalinen valmistus ja teollinen internet SeAMK:ssa

SeAMK Tekniikan yksikkö on pitkäjänteisesti kehittänyt digitaalisen valmistuksen ja teollisen internetin TKI-kärkialuetta jo vuodesta 2012 lähtien (Katajisto & Reinilä 2018, 36). Kehittäminen on tapahtunut ja tapahtuu edelleen yli 10 kehittämiss-hankkeen kautta pääosin EAKR- ja ESR-hankerahoituksella, mutta viime aikoina on myös muita EU:n rahoituslähteitä hyödynnetty (Katajisto & Reinilä, 40–41).

Yhtenä konkreettisena tuloksena on SeAMKin teollisen internetin laboratorio, joka valmistui keväällä 2016 etenkin Tibori- ja Kyberi-hankkeiden rahoituksella. Laboratorio on rakennettu automaattisesti toimiva tuotantojärjestelmä, jossa esitellään valmistavan teollisuuden tyypillisiä toimintoja. Tuotannon- ja toiminnanohjauksen lisäksi kokonaisuutta täydentävät tuotetiedon (Product Data Management, PDM) ja tuotteen elinkaaren (Product Lifecycle Management, PLM) järjestelmät, joita käytetään SeAMK:n Digital Factoryn oppimisympäristössä. Tuotantojärjestelmästä kerättyä dataa käyttäen voidaan tuotantojärjestelmän tai sen digitaalisen kopion ohjausta muuttaa. (Seinäjoen ammattikorkeakoulu b, [viitattu 3.4.2019]; Katajisto & Reinilä, 41.)

SeAMK:in teollisen internetin laboratoriossa tuotannossa tarvittavia tietoja voidaan liikutella automaattisesti PDM-, ERP- ja MES-järjestelmien välillä, jolloin prosessi nopeutuu ja manuaalisesta työstä usein johtuvat virheet jäävät pois. Ensinnäkin uusi tuote suunnitellaan PDM-järjestelmässä olevista komponenteista. Kyseiset tuotetiedot siirretään automaattisesti ERP-järjestelmään ja sieltä edelleen Odoon verkkokauppaan sekä automaattisesti MES-järjestelmään, jolloin se on valmistettavissa laboratorioon asennetulla Feston tuotantolinjalla. Käytännössä ERP-järjestelmä tekee tuotantotilauksen MES-järjestelmään asiakkaan Odoon verkkokaupassa tekemän tilauksen perusteella. Tuotteen valmistamisen jälkeen

MES-järjestelmä lähettää automaattisesti tiedot takaisin ERP-järjestelmään. (Hakalahti 2018, 111.)

Näkymätön näkyväksi -hankkeessa tullaan laajamittaisesti hyödyntämään SeAM-Kin teollisen internetin laboratoriota niin eri teknologioiden testaamiseen, mutta myös siellä järjestetään hankkeen yrityksille demoja eri aihepiireistä.

3.2.5 5VTA-hanke

Viisi vaikuttavaa teknologia-askelta elintarvikealan pk-yrityksissä (5VTA) -hanke tähtää kilpailukyvn parantamiseen hyödyntäen teknologiaa. Hanke on alkanut 1.9.2016 ja päättyy 30.6.2019. Hanke toteutetaan Seinäjoen ammattikorkeakoulun ja Satakunnan ammattikorkeakoulun yhteistyöllä. Hankkeessa keskitytään erityisesti elintarviketeollisuudessa käytettävien teknologioiden hyödyntämiseen, tuotannon automatisointiin, energian optimointiin sekä hukkaenergian hyötykäytön selvittämiseen. (Rakennerahastotietopalvelu, [viitattu 3.4.2019].)

Hankkeessa on pohdittu Odoon, avoimen lähdekoodin toiminnanohjausjärjestelmän käyttökelpoisuutta elintarvikealan yrityksissä, joka etenkin pk-yritysten näkökulmasta voisi olla hyvä vaihtoehto Excel-taulukoiden korvaajana. Järjestelmän asennus ja käyttöönotto todettiin helpoksi ja suoraviivaiseksi, kuitenkin haasteita voi esiintyä yksityiskohtaisissa asetuksissa. Odoo-järjestelmän hyviä ominaisuuksia ovat ainakin käyttäjäystävällisyys, moderni web-pohjainen käyttöliittymä, mobiililaitetuki, räätälöitävyys avoimen lähdekoodin ansiosta, riippumattomuus järjestelmätoimittajasta ja hyvät mahdollisuudet laajentaa järjestelmää lukuisilla moduuleilla sovellusverkkoakaupasta. (Kapela, Palomäki & Leino 2018, 123.)

Hankkeessa on potentiaalisia elintarvikealan osallistujayrityksiä, joissa on kehitetty niiden tuotantojensa digitalisointia ja jotka voisivat siten osallistua Näkymätön näkyväksi -hankkeeseen.

3.3 Esimerkkejä tuotannon kehittämisestä konepajateollisuuden yksittäistuotannossa

3.3.1 Uusi tuotannonohjausjärjestelmä yksittäistuotannossa

Voimalaite Service Oy toimittaa varavoimalaitteistoja ja -järjestelmiä, joissa kaikki toimitukset ovat enemmän tai vähemmän projekteja. Varavoimaprojekteissa asiakas voi valita laitteiston ympärille rakennettavat tilaelementit. Samoin erittäin vaativia useamman koneen ja katkaisijakeskusten automaatiojärjestelmiä toimitetaan siirrettävinä kontteihin tai kiinteäasenteisina. (Voimalaite Service Oy, [viitattu 3.4.2019].)

Yrityksen valmistamat tuotteet olivat harvoin sarjavalmistettavia, joten päädyttiin tarkastelemaan sandwich-elementtikonttiin asennettavia järjestelmätuotteita. Näillä tuotteilla asennus- ja kokoonpanoajat olivat projekteittain suhteellisen vertailukelpoisia. Esimerkki läpimenoaikalaskelmasta keskimääräisen läpimenoajan laskemiseksi on esitetty taulukossa 6. Siinä on esitetty eri työprojektiin kuluneet läpimenoajat ja kuhunkin projektiin kuluneet työtunnit. Lisäksi taulukossa on esitetty projektiin kuluneet työtunnit päivää kohden sekä keskimääräiset läpimenoajat, työtunnit ja työtunnit keskimäärin päivää kohden.

Taulukko 6. Esimerkki läpimenoajoista yksittäistuotannossa (Piili 2017, 16).

Työ	Työpäivät	Tunnit (h)	Henkilötyötuntia(h) keskimäärin päivässä
1.	26	99	3,8
2.	54	104	1,9
3.	20	92	4,6
4.	25	91	3,6
5.	25	94	3,8
Keskiarvo	30	96	3,5

Yrityksen tuotannonohjaustyökaluksi valittiin PlanMan, joka on monipuolinen ja uusinta tekniikkaa hyödyntävä PlanMan Oy:n projektihallintaohjelmisto. PlanMan-ohjelmistolla projekteja voidaan tarkastella päällekkäin samalla pohjalla, jonka ansiosta niiden aikataulujen vertailu ja luominen ovat yksinkertaista ja selkeää. Projektia aikatauluttava henkilö voi tarkastella myös muiden projektien aikatauluja ja resursseja. Näin vältetään resursoinnin päällekkäisyyksiä. Erikoispiirteensä ohjelmistoon on rakennettu mahdollisuus esittää projektit ja tehtävät kartta- ja ilmakuvapohjaisesti. (Piili 2017, 27; Planman Oy, [viitattu 3.4.2019].)

Tuotannonohjausjärjestelmän avulla nopeutettiin tuotteiden läpimenoaika, varmistettiin tuotteen laatu ja ehkäistiin riskejä. Tuotteissa oli paljon samankaltaisuuksia, joten osakokonaisuuksien modulointia olisi tullut tehdä ja toimintatapoja standardoida enemmän. Lopputarkastus tapahtui useiden eri henkilöiden toimesta, joten siihen kehitettiin tarkastuskaavake. (Piili 2017, 29.)

Projektin jäljitettävyyden oli tärkeää, joten tuotteeseen tehdyistä muutoksista piti tehdä muutoskaavake. Komponenttien ja pientarvikkeiden ostoprosessissa sovellettiin JOT-käsitettä, missä varaston arvo pieneni ja vähensi varastointikustan-

nuksia. Toimitusvarmuus kuitenkin saattoi kärsiä, mitä piti hallita riskianalysissä. (Piili 2017, 30.)

3.3.2 Tuotannon hallinta muuttuneessa kuormitustilanteessa

Bronto Skylift Oy on johtava suomalainen hydraulisten nostimien toimittaja markkina-alueena pelastus- ja palotoimi, mutta myös rakentaminen (Bronto Skylift, [viitattu 3.4.2019]). Haasteena yrityksessä oli tuotannon kuormituksen voimakas vaihtelu, joka helposti laittoi koko tuotannon sekaisin. Joskus tilauksia oli vain muutamia, toisinaan kymmeniä. Tällöin yrityksen tuotannossa ja myös sen alihankkijoilla oli usein kiireaikoina paljon keskeneräistä tuotantoa, johon sitoutui paljon pääomaa. (Semi 2018, 34.)

Ratkaisuehdotuksina ehdotettiin Lean-toimintatavan käyttöönottoa tuotannossa syntyvän hukan eliminoimiseksi, ylitöiden käyttöönottoa lyhytaikaisena ratkaisuna, tuotannon modulointia, alihankkijoiden ja yrityksen yhteisen PDM-järjestelmän perustamista, tuotekonfiguraattoria, digitaalista kaksosta tuotannon tehostajaksi sekä ennakkokoneiden perustamista ERP-järjestelmään. (Semi 2018, 37–42.)

3.3.3 Läpimenoajan lyhentäminen tuotteistetun automaatiojärjestelmän tuotannossa

Fastems Oy toimittaa joustavia valmistusjärjestelmiä (Flexible Manufacturing System, FMS) ja robottiperustaisia automaatiojärjestelmiä (Lahti 2016, 9). Tavoitteena tuotannon oli läpimenoajan lyhentäminen, johon päästiin käyttämällä arvovirtakuvausta (Value Stream Mapping, VSM) (Lahti 2016, 9).

Haettiin läpimenoajan puolittumista, johon päästiin kehittämällä radikaalisti niin omaa tuotantoa kuin alihankintaverkostoakin, joten tuotanto piti siirtää funktionaalisesta tuotannosta kokoonpanolinjat tuotantoon, mikä vaatii tavarantoimitajilta ja alihankkijoilta aiempaa suurempaa täsmällisyyttä. Merkittävänä osana järjestelmän läpimenoajan lyhentämiseen liittyivät sähköt, jossa alihankkija voi toimittaa sähköistyksen entistä valmiimpana asennukseen. Lisäksi mekaniikan puolella piti vaatia alihankkijalta valmisrunkoja asennettaviksi, jolloin alihankkijan resurssit saattoivat tulla esteeksi. Näillä oletuksilla syntyi läpimenoajan puolittuminen. (Lahti 2016, 53–54.)

3.4 Esimerkkejä tuottavuuden kehittämisestä konepajateollisuuden sarja- eli erätuotannossa

3.4.1 Uusi tuotantomalli

Tuotannonohjausmallin määrittäminen Lean-tuotantoyritykselle. Marioff Oy on palo- ja turvallisuusalan tuotteita valmistava yritys, jonka pääkonttori on Vantaalla ja tuotanto ja tuotekehitys Keravalla. (Marioff, [viitattu 3.4.2019].)

Yritykselle luotiin tuotannonohjausmalli pohjautuen Lean-toimintatapaan. Tehtiin ABC-analyysi, jolla luokiteltiin eri tuoteryhmät joko varasto- tai tilausohjautuviksi. Huomattiin, että yrityksellä oli vaikeuksia luvata tarkkoja toimituspäiviä, ylläpitää riittäviä varastosaldoja ja Kanban-tasoja. Lisäksi haasteita ilmeni siinä, että aikais-tuspyyntöjä jouduttiin toistuvasti käsittelemään. Myös ennusteiden suunnitelmalli- sessä käytössä ilmeni haasteita. Yritykselle määriteltiin uusi tuotannonohjausmalli, joka pystyisi lisäämään tuotannonvirtausta tehden imuohjauksen mahdolliseksi ollen samalla läpinäkyvä jatkuvan parantamisen ajattelutavalla. (Tamlander 2016.)

Piensarjatuotannon tehostaminen Lean-toimintatavan avulla. Yrityksenä oli teknologia-alan yritys, joka valmisti vedenlaatuanalysointilaitteita. Tavoitteena oli lyhentää tuotannon läpimenoaikaa, parantaa laatua, alentaa kustannuksia ja kasvattaa valmistuskapasiteettia. Yrityksessä aloitettiin konkreettinen tuotan- toprosessien tehostaminen ja siirtyminen JOT-tuotantoon Lean-toimintatavan avulla. Lean-toimintatapaa oli haasteellista sovittaa tuotantoon alhaisten tuo- tantomäärien vuoksi. Tuotantoprosessista saatiin nopeampi ja luotettavampi. Tehokkuuden lisäys vähensi tuotannon kustannuksia, jolloin tuotannon kehittä- mistavoitteet saavutettiin. (Paasonen 2015.)

Tuotannon tuottavuusmittareina käytettiin läpimenoaikaa, resurssitehokkuutta, virtaustehokkuutta, laatua, kustannuksia ja toimitusta. Läpimenoajan lyhentämi- sessä pullonkaulatekijät olivat merkittävässä asemassa, jolloin hitaammat pro- sessit jarruttivat nopeampia. Läpimenoaika olisi ollut myös lyhempi, jos menekillä olisi ollut pienempi vaihtelu. Menekin kasvaessa tuotantoa oli tahdistettava hukan ja läpimenoajan kasvamisen estämiseksi. Läpimenoaikaa saatiin yrityksessä vä- hennettyä 52 % uudella Lean-toimintatapaa noudattavalla tuotannonjärjestelyllä. (Paasonen 2015, 47–49.)

Resurssi- ja virtaustehokkuutta mittaavassa kuvion 5. mukaisessa tehokkuus- matriisissa yrityksen tuotanto sijoitettiin Joutomaa-vaiheeseen, koska tuotan- toprosessissa oli paljon hukkaa, tuotteen valmistusaika oli pitkä ja vaihtelevan menekin takia tuotantokoneet eivät käyttäneet koko kapasiteettiaan. Yrityksessä

tehtyjen uudistusten jälkeen virtaustehokkuus oli kasvanut prosessien tehostumisen ansiosta, mikä oli johtanut yrityksessä nopeampaan läpimenoaikaan. (Paasonen 2015, 52.)

Laatua, kustannuksia ja toimitusta parannettiin (Quality, Cost, Delivery, QCD) -mittariston avulla. Laadulla kuvattiin prosessien laatua valmiin tuotteen lisäksi. Kustannuksiin sisällytettiin kokonaiskustannukset, joihin kuuluivat tuotteen suunnittelu, valmistus, logistiikka ja tuotteen jälkihoito kuten asiakaspalvelu. Toimitus mittasi, pystyttiinkö tuotteet toimittamaan ajoissa asiakkaille. Lean-toimintatapa kohensi tuotannon laatua tarkoilla työohjeilla ja ratkaisemalla tuotantoprosessin ongelmia. 5S:n käyttöönotto ja tuotantoprosesseihin luodut standardit varmistavat, että työkaluista ja koneista pidettiin parempaa huolta kuin ennen. Materiaalikustannukset laskivat hävikin vähenemisen myötä. Suurimmat säästöt syntyvät tehokkuuden seurauksena: säästetyssä ajassa ja palkoissa. (Paasonen 2015, 53–55.)

Lean-toimintatavan käyttöönotto alensi kuljetusaikaa ja -kustannuksia. Yritys oli asettanut tilausjärjestelmäänsä kahden viikon toimitusajan, mutta tämänhetkellä tilausmäärillä tuotteet oli pystytty saamaan toimituskuntoon jo seuraavana työpäivänä tilauksesta. Tuotteet valmistettiin vain tilauksesta, jolloin varastointia ei enää tarvittu valmistusprosessin loppupäässä. Materiaalien varastointi takasi nopean tuotantoajan vaiheessa, jossa oli todella vaikeaa arvioida tulevaa muutosta tilausmääriin. (Paasonen 2015, 56.)

Tuotannonohjauksen tehostaminen. ABB Oy:n Multidrives halusi tehostaa taajuusmuuttajatuotantolinjan toimintaa. Tavoitteeksi asetettiin lisätä 25 % tuottavan työn tekemisen arvoa, standardoida tuotannonsuunnittelua ja parantaa sidosryhmäviestintää. Kehitysprosessin alussa järjestettiin Kaizen-tilaisuus, jossa määriteltiin kehityskohteet, niiden tärkeysjärjestys ja toteutettavuusarviot. (Veijalainen 2018.)

Projektin tuloksena saavutettiin uusi tuotannonsuunnitteluprosessi, jossa viestintää oli sujuvoitettu ja epäselvät prosessit oli standardoitu. Vapautunut työaika voitiin käyttää jatkuvaan parantamiseen, mikä vaikutti tuotannon tehokkuuden paranemiseen. Uusi prosessi alensi kustannuksia ja paransi laatua. Yhtenäinen prosessi helpotti lisäksi uusien työntekijöiden perehdyttämistä ja tuotannonsuunnittelijan sijaistapauksissa. (Veijalainen 2018.)

3.4.2 Uusi layout -malli & sen simulointi

Nykyisen tuotannon kehittäminen. Tikli Group Oy on vimpeliläinen yritys, joka valmistaa kattoturvatuotteita, alumiinittikkaita, alumiini-ikkunoita sekä -ovia ja vesivaakoja (Tikli, [viitattu 3.4.2019]).

Nykyinen tuotanto toimi hyvin, mutta ongelmia oli materiaalivirtojen logistiikassa ja niiden epäloogisuudessa. Ratkaisuna tähän käytettiin 5S-työkalua, jonka avulla kyseistä ongelmaa voitiin ehkäistä. Lisäksi havaittiin, että tulevaisuudessa ikkuna- ja ovituotannon työpisteet olisi hyvä siirtää vierekkäin. Näin tuotanto olisi toiminut jouhevammin eikä se olisi kärsinyt niinkään virheellisistä ja puutteellisista materiaaleista. (Rajala 2013, 42.)

Ennaltaehkäisevään huoltotoimintaan olisi ollut syytä panostaa, koska sillä olisi ollut suurta merkitystä koneiden toimivuuteen ehkäisemällä koneiden vikoja ja rikkoontumisia. Näiden suositusten avulla tuotanto olisi tehostunut ja siitä olisi tullut järkevämpää. Lisäksi tuotanto olisi nopeutunut, koska mahdollisia tuotannon haasteita olisi voitu ennaltaehkäistä etukäteen. (Rajala 2013, 42.)

Moottoritehtaan tuotannonohjaus. Ensimmäisessä esimerkissä ABB:n Vaasan tehtaan Moottori ja Generaattori -yksikön tuotannonohjausta haluttiin parantaa. Pää tavoitteena oli läpimenoaikojen lyhentäminen ja varastojen pienentäminen. Ehdotetut toimenpiteet olivat seuraavat: (1) työvaiheiden uudelleen järjestäminen silmukoiksi, jolloin tuotantolinja tahdittaa tuotantoa paremmin, (2) keskeneräisen tuotannon varastojen korvaaminen kapasiteettipuskureilla, jos kapasiteetin lisääminen ei ollut kallista, (3) tuotannon vakioinnin korostaminen sekä (4) keskeneräisen tuotannon vähentäminen. (Sauna-aho 2012, 85.)

Toisessa esimerkissä Wärtsilän W20 -moottorin valmistusta tuli kehittää kasvavien tuotantomäärien takia. Tehtaan nykytilasta tehtiin simulointimalli, jonka tekemistä varten kerättiin materiaalivirrat, määritettiin kokoonpanoprosessi ja tehtiin arvovirtakuvaus. Layout-malliin, työvaiheistukseen ja materiaalien tuontiin tehtiin muutoksia, joilla tavoitellut tuotantomäärät saavutettiin ilman lisäinvestointeja tuotantolinjaan. (Latvala 2015.)

Tuotannonohjauksen kehittäminen. Pemamek Oy on hitsauslaitteiden valmistaja, joka on erikoistunut erityisesti automatisoituun hitsaamiseen ja niiden tuotantoratkaisuihin (Pemamek Oy; [viitattu 3.4.2019]. Yrityksen vanhaa työntöohjaukseen perustuvaa tuotannonohjausta haluttiin kehittää nykyaikaisemmaksi. Tavoitteena oli parantaa läpimenoaikaa ja valmistuksen oikea-aikaisuutta. Uudessa järjestelmässä välivarastot tehtiin nopeakiertoiseksi tuotannon layout-muutoksilla ja kun osia valmistettiin nyt oikea-aikaisesti. Lopputuloksena tuotannon läpimenoajat lyhenivät ja varastojen arvo laski. (Multanen 2016.)

Tuotannonohjauksen tehostaminen simulaation avulla. Skaala IFN Oy on Kauhavalla pääkonttoriaan pitävä nykyään itävaltalaisomisteinen Suomen toiseksi suurin ikkunoiden ja ovien valmistaja (Skaala, [viitattu 3.4.2019]. Tavoitteena oli simuloida tuotannon materiaalivirrat ja tuotannon tarpeet tulevaisuudessa Visual Componentsin 3DCreate-ohjelmiston avulla. Visual Components Oy on

suomalainen kolmiulotteisiin tuotantosimulaatioihin erikoistunut ohjelmistotalo. (Mattila 2011, 3; Visual Components, [viitattu 3.4.2019].)

Yrityksen tuotannosta mallinnettiin tuotannon layout -malli sekä siihen liittyvät työkonet, työkalut ja niiden välinen logistiikka kuljetushihnoineen. Mallintamisen jälkeen lisättiin eri materiaalivirrat ja niiden hallintasäännöt. Lopuksi malliin sovellettiin tiedossa olevat läpimenoajat. Simulaatiomalli auttoi yritystä tuotannon suunnittelussa, kun tuotannon materiaalivirroista ja tuotantokapasiteetista oli paremmin tietoa simulaatiomallin perusteella. (Mattila 2011, 3.)

3.4.3 Uusi tuotannonohjausjärjestelmä

Hienokuormitusjärjestelmän määrittäminen. Tamperelainen Tasowheel Gears Oy valmistaa palveluja keskiraskaaseen voimansiirtoon esimerkiksi vaihteistojen valmistus ja kokoonpano. Tarpeena oli määrittää yritykselle tuotannon hienokuormitusjärjestelmä. (Uljas 2018, 8.)

Yrityksen tavoitteena oli tuotannonsuunnittelun haasteiden ratkaiseminen läpimenoaikoja lyhentämällä, toimitusvarmuutta parantamalla ja keskeneräistä tuotantoa (KET) pienentämällä. Yritys valitsi näihin tarpeisiin SWDPES-ohjelmiston, jolla voidaan hallita koko tuotantoketjua. Tuotannonohjausohjelmistossa voidaan hallita visuaalisesti ja monipuolisesti Gantt-suunnittelunäkymää, jossa on työn edistymä, materiaalipuutteet ja myöhästyneet tilaukset. Lisäksi ohjelmassa voidaan tehdä ”mitä-jos” analyysejä, ajoittaa automaattisesti töitä sekä laskea materiaalipuutteita. MES-osiossa voidaan tarkastella työjonoja, hallita varastoja, kirjata laatutietoja, liittää työkuvia, kirjata työtunteja ja seurata visuaalisesti tuotantoa. (Uljas 2018, 22–23; SWD Oy, [viitattu 3.4.2019]).

Ensimmäisessä vaiheessa ohjelmistoon määriteltiin kuormitusryhmät ja niiden koneille konekalenterit sekä sen jälkeen ohjelmistoon määriteltiin tuotenimikkeiden vaiheajat ja työvaiheiden asetusajat. Kuormitusryhmien kapasiteetti määräytyi vuorosuunnittelussa määritetyn henkilöresurssin mukaan. Toimitusaikakysely tehtiin haamutilauksena tuotannonohjausjärjestelmään. Tuotteiden yksikkö- ja asetusajat kirjattiin ERP:n kullekin nimikkeelle ja sen työvaiheelle, samoin työntekijät kirjasiivat toteutuneet asetus- ja työvaiheajat. Tuotannonohjausjärjestelmä luki tiedot ERP:stä ja ajoitti toimitusajan kulloisenkin kuormituksen ja kapasiteetin mukaan. (Uljas 2018, 24–26; 2018, 29–30.)

Tuottavuusmittareina käytettiin seuraavia mittareita: ulkoinen toimitusvarmuus, läpimenoaika tilauksesta toimitukseen, aika ensimmäisestä toteutum tiedosta työn päättämiseen, kapasiteetin käyttöaste, valmistuneet lopputuotteet tuotan-

non henkilötyövuotta kohden sekä henkilötyötuntien ja konetuntien suhdeluku suhteessa liikevaihtoon (Uljas 2018, 42).

Tuotantolinjan hienokuormitus. Vacon Oy on ollut vuodesta 2014 osa Danfoss Drives -konsernia, joka valmistaa pääasiassa taajuusmuuttajia (Danfoss, [Viitattu 3.4.2019]). Yritykseltä puuttui hienokuormitusohjelma, joka luotiin yritykselle. Ohjelmassa voitiin tarkastella tilauksia, henkilöiden kuormitusta aamu- ja iltavuoroon, kuormitushistoriaa sekä työvuorolistoja. (Hyypä 2015, 58.)

Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen kehittäminen. K. Hartwall Oy Ab on kuljetushylyköiden ja jakelukärryjen valmistaja, joka toimii Söderkullassa Etelä-Suomessa (Hartwall K. Oy Ab, [viitattu 3.4.2019]). Yrityksen tuotannonohjausta tuli ajankohtaista kehittää, kun tuotevariaatiot ja pienemmät sarjakoot yleistyivät yrityksen tuotannossa. Tuotannon tavoitteena oli kustannusten minimoiminen sekä nopea toimituskyky hyvällä laadulla ja joustavuudella. (Martin 2018, 25.)

Tuotannonohjaustoimittajista vertailtiin kolmea toimittajaa: Delfoi Oy, SW-Development Oy ja Leanware. Kaikki noudattivat samaa perusperiaatetta eli käyttivät Gantt-näkymää. Delfoi Oy:n ratkaisu oli keskittynyt APS-järjestelmäänsä, siksi Delfoi Oy ja Leanware tekivätkin yhteistyötä. SW-Development pystyi toimittamaan yritykselle kokonaisratkaisun. (Martin 2018, 24.)

MES-järjestelmällä yrityksen henkilöstö voisi seurata ja ohjata yrityksen tuotantoa reaaliaikaisesti eikä paperisilla lomakkeilla kuten nyt oli tapana. Työpisteillä kerätty tieto olisi heti käytettävissä eikä viiveellä ja vanhentuneena paperilomakkeilla kerättynä. Työjonotieto olisi aina ajantasainen, tällöin koko tuotantoketju olisi tietoinen mahdollisista muutoksista. Samoin visuaalinen tuotannon seuranta olisi mahdollista. Kun koneet ja laitteet olisi kytketty MES-järjestelmään tiedonkeruu voitaisiin automatisoida ja sen luotettavuus paranisi. (Martin 2018, 27.)

3.4.4 Toimitusvarmuus

Toimitusvarmuuden kehittäminen. Kevytmetallivalukomponentteja alumiinista valmistavassa yrityksessä haluttiin lisätä toimitusvarmuutta. Sen tuotanto toimi pitkälti Lean-toimintatavan mukaisesti ja erilaisia tuotteita yrityksellä oli yli 400 kpl. Tuotanto toimi varasto-ohjauksella eli tuotetta alettiin valaa lisää, kun varastosaldo oli riittävän alhainen. Hälytystasot oli pyritty optimoimaan niin, etteivät toimitukset viivästyisi. (Havusela 2014, 54–55.)

Tilausten kapasiteettitarve saatiin suoraan yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä, jonka perusteella tuotannonohjauksessa pidettiin yllä jatkuvaa kapasiteetin

kuormitus suunnittelua. Kuitenkin tuotannon läpimenoaikoja ei seurattu, joten tuottavan ajan osuutta tuotannossa ei oltu myöskään määritelty. Läpimenoajoissa vaihtelua oli päivästä kahdeksaan viikkoon riippuen valutuotteesta. (Havusela 2014, 60–61.)

Toimittajien toimitusvarmuutta seurattiin toimitusaikojen ja –määrien suhteen kuukausittain ja se oli noin 85 %. Laaduttomuudesta johtuvia kustannuksia seurattiin Cost of Poor Quality (COPQ) -mittarilla, joka mittaa laatuvirheiden aiheuttamia lisäkustannuksia. (Havusela 2014, 64–65.)

Toimitusvarmuus oli 95 % tasolla kuukausittain, mutta hajontaa ilmeni päivä- ja kuukausitasolla niin, että tuotteet eivät valmistuneet ajallaan. Tuotannossa joidenkin tuotteiden valmistaminen eteni nopeammin ja toisten taas seiso. Ongelmat tulivat esiin etenkin tuotteiden viimeistelyssä, jota tietojärjestelmä ei ohjannut lainkaan. Tällöin työntekijä pystyi valitsemaan helpommat ja parhaimmat työt eikä välttämättä priorisoinut kiireisintä työtä. (Havusela 2014, 66–67.)

Lopputuloksena todettiin, että tuotannonohjauksen visualisuuksi olisi ollut syytä lisätä, jolloin tuotannossa ilmenneisiin haasteisiin olisi pystytty heti reagoimaan. Samoin tarkat tuotekohtaiset läpimenoajat olisivat pitäneet olla selvillä, jolloin tuotannon hienosuunnittelu olisi pystytty paremmin järjestämään. (Havusela 2014, 77–78.)

Toimitusvarmuuden kehittäminen tuotannonsuunnittelulla. Hydoring Oy valmistaa hydraulisylintereitä, voimayksiköitä, venttiililohkoja ja kiertovoitelujärjestelmiä ja se toimii Pöytyällä Varsinais-Suomessa (Hydoring Oy, [viitattu 3.4.2019]). Yrityksessä oli ollut pitkään toimitusvarmuushaasteita, mihin pyrittiin vaikuttamaan kehittämällä tuotannonsuunnittelua. Yrityksessä oli Roiman kehittämä Lean System -toiminnanohjausjärjestelmä, jonka visuaalinen kuormitusmittari nimeltään Works Balancer oli tarkoitus ottaa käyttöön. (Tuominen 2018, 8.)

Works Balancerin käyttöönoton jälkeen tuotannon kuormitus tilanne oli saatu visualisoitua, jolloin tuotannon ohjattavuus oli noussut. Päivittäisen seurannan takia keskeytymisten syyt olivat helpommin ratkaistavissa. Koska tuotannossa tiedettiin seuraava työ, pystyttiin seuraava työtä alkaa valmistella edellisen työn ollessa vielä tuotannossa. Tällöin koneen käyntiaste ja läpimenoaika paranivat. (Tuominen 2018, 37.)

3.4.5 Läpimenoaika

Case A. Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy on lapualainen Lämpöässä-lämpöpumppuja valmistava yritys (Lämpöässä, [viitattu 3.4.2019]). Yrityksessä panostettiin läpimenoajan tehostamiseen tuotantolinjojen layout -muutoksilla.

Tuotannon jakaminen kahteen tuotantolinjaan kylmäyksikkö- ja loppukokoonpanolinjaan lyhensi läpimenoaikaa sekä paransi merkittävästi toimitusvarmuutta ja -nopeutta. Yrityksen tuotanto selkiytyi ja tehostui sekä sen materiaalinhallinta parani. Eräkoon hallinta helpottui, koska tuotantolinja teki eri mallien valmistuksen mahdolliseksi. Tämä puolestaan pakotti sen pitämisen muutamissa kappaleissa. Parhaimmillaan loppukokoonpanolinjan läpimenoaika oli noin neljä tuntia, kun mitattiin lämpöpumpun loppukokoonpanon läpimenoaikaa. Aikaisemmin keskeneräinen tuotanto oli seisonut työpisteiden ympärillä, jolloin koeajosta oli tullut pullonkaula ja ruuhkaa syntyi. (Rajala 2011, 44–46.)

Hälytysrajat helpottivat osavalmistuksen koordinoitua. Tuotannonohjauksessa tärkeintä oli oikea-aikainen töiden ajoitus, jotta toimitusvarmuus pysyi hyvänä ja jotta tuotanto kuormittui tasaisesti. Materiaalinhallinnalla ja materiaaliarvonsuunnittelulla (Material Resource Planning, MRP) oli tärkeä merkitys yrityksen kilpailukyyn kannalta. Suuret varastot ja keskeneräinen tuotanto (KET) sitoivat yrityksen arvokasta pääomaa. Yritys kilpailutti myös toimittajansa ja alihankkijansa sekä toimitusehtoja tarkistettiin, jolloin varaston tavoitearvoksi asetettiin 27% vähennys aikaisemmasta. Jos tuotannossa tuli muutoksia, alihankkijoille tuli tiedottaa ettei varastoon syntynyt lisäystä. Varaston hallinnan kehittäminen oli tärkeää yrityksessä, koska joidenkin komponenttien osalta joko tilauserän koko tai sen toimitusaika pakottivat lisääntyneeseen varastointiin. (Rajala 2011, 45.)

Aluksi yrityksen tuotannon läpimenoaika oli noin 5 päivää. Sitä voitiin kuitenkin lyhentää 4 päivään normaaleilla työajoilla. Tämän mahdollisti etenkin pienet eräkoot. Työpisteiden sijoittelulla minimoitiin materiaalien tehtaan sisäinen logistiikka. Jokaiselle tavaralle luotiin oma nimetty hyllypaikka. Logistisesti kuljetusmatkat lyhenivät noin 60 % lattiatilaa vieneiden tuotteiden kohdalla. (Rajala 2011, 46–47.)

Materiaalinhallinnalla ja -tarvesuunnittelulla pyrittiin vähentämään varaston arvoa kuitenkin tekemättä kompromissia elintärkeän toimituskyvyn suhteen. Avainasemassa varaston hallinnassa ja sen kehittämisessä olivat komponenttien toimitusajat ja tilauserän koko. Materiaalivirrat tehostuivat noin 50 %, varaston arvo pieneni noin 30 % ja läpäisy aika parani noin 30%. Lisäksi uusi layout mahdollisti tuotantolinjojen lisäyksen tulevaisuudessa. (Rajala 2011, 47–48.)

Case B. Eteläpohjalaisessa pk-yrityksessä lyhennettiin läpimenoaikaa kehittämällä tuotantoa ja karsimalla turhia työvaiheita. Muuttamalla vähän layoutia tuotanto suoraviivaistui ja läpimenoaikoja saatiin lyhenemään, kun ylimääräinen materiaali siirrettiin ja työntekijöiden turha liikkuminen minimoitiin. Tuotannon hyllyjen järjestystä järjestyttiin ja tuotteiden asetusajat lyhenivät johtuen osien paremmasta löydettävyydestä ja tarkemmasta materiaaliarvonsuunnittelusta. (Mäkelä 2012, 43–44.)

Case C. Tarkmet Oy on teollisuuden alihankintayritys, joka toimii Vaasassa. Vuonna 2014 toteutetun yrityskaupan myötä se omistaa myös Jämsänkoskessa toimivan yrityksen nimeltään MKH Press, joka vastaa Tarkmet Oy:n omasta tuotannosta, jossa valmistetaan magneettinostimia ja hydraulisia puristimia. (Mylläri 2018, 36; Tarkmet Oy, [viitattu 3.4.2019].)

Yrityksen tuotantoon tuli tarve lyhentää läpimenoaikoja. Havaittiin tuotannon eri koneiden epätasainen kuormitus, mikä aiheutti toisille koneille jonoja ja toiset koneet seisoivat aiheuttaen tuotantoon turhia ja pitkiä odotusaikoja. Lisäksi pyrittiin vähentämään asetusajoja. Niitä tutkittiin täytettävillä lomakkeilla, joihin kirjattiin asetus- ja ajoajat koneittain. Pyrittiin siirtämään myös omien tuotteiden tuotantoon hyvin kehittynyt alihankinnan toimintamalli. Yrityksen alihankintatoiminta oli kuitenkin profiloitunut haastaviin tuotteisiin, joilla oli pitkät asetusajat ja läpimenoajat, mikä asetti omat haasteensa jatkuvan kehittämisen ja Lean-toimintatavan käyttöönotolle. (Mylläri 2018, 36–37.)

3.4.6 Tuotannon kuormitus

Finn-Power Oy:n Kauhavan tehtaan kokoonpanolinja. Finn-Power Oy on levytyökoneita valmistava yritys, jonka virallinen nimi on nykyään Primapower Oy ja se sijaitsee nykyään Seinäjoella. Vuonna 2014 tuotanto toimi kahdessa vuorossa tuotantolinjamenetelmällä, jolloin pystyttiin varmistamaan hienokuormituksella, että kiireellisin kone oli tuotantolinjalla ensimmäisenä (Puumala 2014, 7).

Valmistusmäärät olivat kohtuullisen pieneräisiä n. 230 konetta per vuosi ja työvaiheet poikkeuksellisen suuria, jopa 30 h / vaihe (Puumala 2014, 18). Tuotannon kärkeakuormitukseen käytettiin erillistä PENA-ohjelmaa, mutta se ei ollut mitenkään kytköksissä tuotannonohjausjärjestelmään, vaan sitä käytettiin viikkopalaverissa (Puumala 2014, 21). Hienokuormituksessa käytettiin apuna Excel-taulukkoa, jonka käyttö oli työlästä ja epätarkkaa (Puumala 2014, 22).

Mitattavia tuotannon tunnuslukuja saatiin laskettua tekemällä peruslaskentamalliohjelma, jonka avulla pystyttiin paremmin arvioimaan valmistuslinjan työkuormaa kulloisellakin konemäärällä. Perustietoina malliin syötettiin tuotteiden määrä vuodessa, työvuorojen määrä vuodessa, työtuntien määrä vuoroa kohden vuodessa, koneen asennusaika, tuotannon arvioitu tehokkuus, linjalla työskentelevien määrä, henkilömäärä työasemaa kohden ja työasemien määrät. Mallista saatiin tahtiaika, linjasta tuleva valmistusaika tuotteelle, linjan tuotannon tehokkuus sekä arvioitu linjan läpimenoaika. (Puumala 2014, 24.)

Kuormituksen vaihtelu tuotantolinjalla. Helsingin Pitäjänmäellä sijaitsevan ABB Oy:n taajuusmuuttajatehtaan Large Drives -tuotantolinjan tuotannon kuormitusta tutkittiin tuotannonsuunnittelun näkökulmasta. Lean-tuotantotapa oli ollut jo kauan käytössä. Kuukausittainen valmistusmäärä ja kuormitus pysyivät tasaisena, mutta tarkemmin tarkasteltuna viikko- ja päivätasolla kuormitus oli hyvinkin epätasaista. Lisäksi tuotteiden läpimenoajat vaihtelevat, mikä aiheuttaa tuotannonohjaukseen haasteita. (Kahari 2017, 1.)

Tehtaalla olisi pitänyt kehittää saatavuuskäsittelyä dynaamiseksi esimerkiksi tuotannon pullonkaulaa kuormittamalla, mikä olisi vaatinut uuden kehitysprojektin. Toisaalta saatavuuskäsittely olisi tullut ottaa käyttöön kaikille tilauksille, mikä myös olisi vaatinut uuden kehitysprojektin. Kolmanneksi SAP R/3-toiminnanohjausohjelmiston Upload-ohjelmistoja olisi tullut kehittää tarkemmiksi ja helpokäyttöisemmiksi, mikä olisi vaatinut järjestelmäkehitystä SAP-konsultin kanssa. Viimeiseksi tuotannonsuunnittelun ja työnjohdon käyttöön olisi tullut luoda kuorman simulaatiotyökalu. (Kahari 2017, 40.)

Kun nämä kehitystoimenpiteet olisi tehty, työskentely niin toimistossa kuin tuotantolinjalla olisi sujunut tasaisemmin. Tasaisemman kuorman tueksi myös tuotannon virtaus ja valmistusmäärät olisivat olleet tasaisempia kouluttamalla henkilöstöä ja parantamalla tuotannon prosesseja jatkuvasti sekä myös myöhästymiset asiakkaille olisivat vähenneet. (Kahari 2017, 40.)

Valmistusjärjestyksen priorisointi. Ruukin tuotesuunnittelun työjonon aikataulutusta tuli kehittää. Aikataulutus oli tärkeää etenkin kiiretilanteessa, jossa tuotanto piti ajoittaa tehokkaimmin juuri oikeassa tilausten tuotantojärjestyksessä. Yrityksen tuotantoon luotiin uusi aikataulutussääntö, jolla ajoitettiin tilauksia ja samalla vähennettiin tuotannon työkuormaa, kun kiiretilaukset vähenivät tuotannosta. (Saarimaa 2013, 44.)

3.4.7 Mittarit tuotannonohjauksen tukena

Keskisuuren elektroniikkatuotteiden sopimusvalmistajan piirikorttituotannon tuotannonohjaus oli ajautunut jatkuvaan kiiretilaan, johon pyrittiin samaan selvyys. Tähän olivat syynä tuotevariaatioiden suuri määrä, kysynnän vaihtelut ja käytössä ollut vanha toiminnanohjausjärjestelmä sekä tuotantoprosessin ennakoimattomuus. Tuotannon ajoituksen suunnittelu oli vaikeaa, koska järjestelmistä ei saatu oikeanlaista tietoa hallittua tuotannonohjausta varten. Toisaalta tuotantoprosessistakaan ei saatu tarvittavaa suunnittelua tukevaa tietoa prosessin suorituskyvystä tai tuotteen laadusta. Tuotannosta puuttuivat mittarit kokonaan, koska ainoastaan ensisaantoa ja asiakasreklamaatioita mitattiin. (Nikupeteri 2016, 11.)

Tuottavuusmittareiksi valittiin läpimenoajat tuotannossa, työn tuottavuus, ennustetarkkuus, keskeneräisen tuotannon arvo sekä ensisaanto ja virheprosentti tuotteiden suhteen (Nikupeteri 2016). Tuotannon läpimenoaikaa voitiin tarkastella Product Lifecycle Management (PLM) -järjestelmään tallentuneilla osatekijöillä: asetus aika, vaihe aika, siirto aika ja odotusaika joko kokonaisaikana tai työpistekohtaisesti. Järjestelmä auttoi tunnistamaan tuotannon pullonkauloja ja toiminnassa olevaa hukka-aikaa. Lyhyempien läpimenoaikojen avulla tuotantoeriä voitiin pienentää, mikä vähensi keskeneräistä tuotantoa (KET) ja lisäsi tuotannon joustavuutta. (Nikupeteri 2016, 75.)

Keskeneräisen tuotannon (KET) arvo saatiin laskettua käyttämällä varaston arvoa, joka kuvasi keskeneräisiin tuotteisiin sitoutuneet kustannukset. Nämä kustannukset saatiin laskettua yhtäältä PLM-järjestelmästä saadusta tiedosta keskeneräisten tuotteiden määrästä ja toisaalta ERP-järjestelmästä saadusta niihin sitoutuneesta kustannuspanoksesta, mikä sisälsi sekä materiaali- että työkustannukset. Lyhyempien läpimenoaikojen, pienempien eräkokojen ja toiminnan kehittämisen avulla keskeneräisen tuotannon (KET) arvoa voitiin vähentää. (Nikupeteri 2016, 76–77.)

Työn tuottavuus voitiin parhaiten laskea yhdelle tuotteelle PLM-järjestelmästä saadusta todellisesta työajasta verraten sitä standardityöaikaan, joka laskettiin tietyn aikavälin työaikojen keskiarvosta. On huomattavaa, että standardityöaika on muuttuva arvo, johon voi vaikuttaa työn oppimisella ja tuotekehityksellä. (Nikupeteri 2016, 82.)

Ennustetarkkuustietoa käytettiin etenkin tuotannon karkeasuunnittelussa, jolloin tärkeää oli tietää ennustetarkkuuden vinouma eli ennusteen keskivirhe. Hyväksi ennustetarkkuudeksi riittää alle 20 % ennustevirhe. Ensisaanto oli perinteisesti käytetty mittari, jolla mitattiin tuotteiden määrää, jotka läpäisivät tuotannon toiminnallisen laatu testauksen. Kuitenkin tämä sisälsi ns. piilotehtaan mahdollisuuden, kun tuotteita korjattiin ja testattiin uudelleen, jolloin tämä mittari ei kuitenkaan antanut todellista kuvaa tuotteiden laadusta. (Nikupeteri 2016, 77–78, 83.)

Tuotteen ja prosessivaiheen virheprosentteja mitattiin niin, että jokainen tuotteessa oleva laatu puute ja –virhe kirjattiin järjestelmään, jolloin se auttoi tunnistamaan merkittävät laatu puutteet ja helpotti tiedon analysointia. Prosessikohtainen virheprosentti auttoi työvaihekohtaisten systemaattisten virheiden havaitsemisessa, jolloin näihin muutoin hankalasti havaittaviin virheisiin pystyttiin puuttumaan. Tuotekohtainen virheprosentti kertoi tuotteen konkreettisesta laadusta, osoitti tuotekehitystarpeen ja auttoi laatu tavoitteiden saavuttamisessa. (Nikupeteri 2016, 79–80.)

3.4.8 Tuotannon päätelaitteet

Tablet-tietokoneet tuotannonohjauksessa. Kari-Finn Oy on valmistanut varmatoimisia pintakytkimiä Lahden Hollolassa jo vuodesta 1965. Tuotteisiin kuuluvat pintakytkimien lisäksi hälyttimet, käynnistimet, moninapaliittimet, lämpösulakkeet ja anturit. (Kari-Finn Oy, [viitattu 3.4.2019].)

Tehtaan tuotannonohjauksessa tutkittiin, että voisiko tablet-tietokoneita käyttää tuotannonohjauksessa. Tulokset olivat positiivisia, kun löydettiin edullinen tablet-tietokone, jolla voitiin käyttää tuotannonohjauksessa käytössä olleita järjestelmiä kuten Odoo ja Lemonsoft, jotka asentuiivat ohjelmistoina moitteetta tabletteihin. Samoin tablet-tietokoneiden hinnat olivat edullisia ja ne soveltuivat haastavaan ympäristöön. Erityisesti tuotannon työntekijät ottivat tabletit mieluusti käyttöönsä, koska ne olivat helppokäyttöisempiä kuin aiempi pöytäkoneratkaus. Lisäksi havaittiin säästöjä työajassa sekä tarkkuuden parantumista työkirjauksissa. (Kari 2015, 48–49.)

3.4.9 Toimitusketjun kehittäminen

A&M Välilehdolla oli kappaletavaratuotannossaan vakavia tuotannonohjaukseen ja materiaalivirran hallintaan liittyviä puutteita. Nämä puutteet vaikuttivat toimitusvarmuuteen, tuotannossa syntyvään hukkaan ja varaston arvon kasvuun. Tuotannon tehostamiseksi kullekin tuotteelle määrättiin erä koko ja luotiin kahden lavan kokonaisvarastointi. Hälytysrajana toimi ensimmäisen lavan tyhjentyminen. Todettiin, että toimitusvarmuus yrityksessä kasvoi kuitenkin niin, että varaston arvo ei juurikaan noussut. (Alatalkkari 2014, 41–42.)

3.4.10 Parametriset ohjelmat suunnittelussa ja tuotannossa

Parametristen ohjelmien käyttö tuotannon tehostamisessa. Stera Technologies Oy on Turussa pääkonttoriaan pitävä suuri yli 800 henkilöä työllistävä elektroniikan ja mekaniikan sopimusvalmistaja. Yrityksellä on myös omia tuotteita kuten laite- ja jakokaapit, valaisinjärjestelmät ja tuotantoympäristön seurantajärjestelmät. (Stera Technologies Oy, [viitattu 3.4.2019].)

Yritykselle tuli tarve kehittää parametristen (Computer Aided Design, CAD) / (Computer Aided Manufacturing, CAM) ohjelmistojen hyödyntämistä uudella tuotantolinjallaan, joka oli toteutettu joustavana ja automatisoituna tuotantojärjestelmänä (Flexible Manufacturing System, FMS). CAM-ohjelmistojen perustehtävänä on kertoa tuotantokoneille, mitä koneen tulee tehdä ja miten kone sen tekee. Nyt parametriseilla mallinnuksella uusimmissa 3D CAD-ohjelmistoissa pystytään

hyödyntämään aiempia piirustuksia ilman sen suurempaa suunnittelijaosaamista. Tämä tieto siirrettiin tuotannon FMS-järjestelmälle ja edelleen tuotantokoneille. Tällöin tuotteiden suunnittelu-aika ja siten läpimenoaika lyhenivät, kun tuotantoa ohjattiin järjestelmällisesti ja usein myös useilla työpisteillä miehittämättömänä. (Toukola 2016, 31–34.)

3.5 Esimerkkejä tuottavuuden kehittämisestä huonekalu- ja rakennusteollisuudessa

3.5.1 Tuotannonohjausjärjestelmän käyttöönotto

Kankarin Kaluste Oy on Pirkanmaalla Kihniössä toimiva keittiö- ja kylpyhuonekalusteita valmistava yritys (Annala 2008, 8). Yrityksen tuotannossa käytettiin työmääräimiä, jotka tulostettiin Excel-valmistusohjelmasta, joka oli linkitetty Sonet-toiminnanohjausjärjestelmään. Tuotannonohjauksessa tuotanto jaettiin tuotantoeriin ja niiden valmistusaikojen perusteella rasiitettiin tuotantoa. (Annala 2008, 14.)

Tuotannonohjausjärjestelmän käyttöönotto aloitettiin tuoterakenteiden määrittelyllä ja vaiheajojen laatimisella (Annala 2008, 23). Tuotannon läpimenoaikoja ei oltu määritelty ja tuotannon kuormitus vaihteli paljon tuotteittain, mihin tuotannonohjausjärjestelmä tuli antamaan lisätietoa (Annala 2008, 26). Tuoterakenteille annettiin tuotenimikkeet ja laadittiin standardituotteet, jolloin niihin voitiin aloittaa mittaamaan vaiheajoja, missä havaittiin eroavaisuuksia (Annala 2008, 28). Tavoitteena oli resurssien käytön tasapainottaminen, johon ei oltaisi tullut ellei tuotteita olisi standardoitu ja vaiheajoja mitattu.

3.5.2 Varasto-ohjautuvan ja tilausohjautuvan tuotannon vertailu

P.Rotola-Pukkila Oy on viilupintaisia hyllystöjä valmistava yritys Kauhajoelta ja selvitetiin josko tilausohjautuva tuotanto olisi tehokkaampi tuotantotapa yrityksessä (Yli-Rahnasto 2009, 8). Ensin mitattiin oleellisimpien elementtien kokoamiseen ja paketointiin käytetyt vaiheajat ja valmistussarjojen väliset vaihtoajat sekä sen jälkeen vaihtoehtoisen tilausohjautuvan tuotannon suunnittelu tehtiin ja tuotantotapoja verrattiin keskenään (Yli-Rahnasto 2009, 3).

Varasto-ohjautuvan tuotannon toimitusvarmuus oli 100 % ja toimitusaika tunneista neljään viikkoon. Tilausohjautuvassa tuotannossa toimitusvarmuus olisi parantunut vielä niin, että kulutusennusteisiin perustuvaan valmistukseen olisi saatu lisää joustovaraa mahdollisia ennustevirheitä varten. Kuitenkin keskimääräinen

toimitusaika olisi kuitenkin pidentynyt, kun elementit olisi pitänyt koota ja paketoida vasta tilausten tultua. Lopputuloksena oli se, että nykyinen varasto-ohjautuva tuotantotapa oli yritykselle paras vaihtoehto toimia. (Yli-Rahnasto 2009, 74-75.)

3.5.3 OEE:n hyödyntäminen Lean-projektin osana

Saint-Gobain on maailmanlaajuinen monialayritys, joka toimii yli 60 maassa. Suomessa Saint-Gobain Finland Oy valmistaa rakennustuotemateriaaleja usealla eri tehtaalla ja työllistää yli 680 henkilöä. Tunnettuja tuotemerkkejä ovat esimerkiksi Weber, Isover, Gyproc ja Ecophon. (Saint-Gobain; [viitattu 3.4.2019].)

Yrityksessä käynnistettiin Lean-projekti, jonka osana otettiin OEE-ratkaisu käyttöön. Ratkaisun avulla voitiin etsiä juurisyytä, havainnoida tuotannon pullonkaulat ja tehdä tarvittavia korjaavia toimenpiteitä. Näin saatiin vähennettyä hävikin määrää ja pystyttiin käyttämään olemassa olevaa kapasiteettia tehokkaammin hyödyksi sekä tuettiin jatkuvan parantamisen ajattelua. Samoin OEE-ratkaisusta voitiin luoda visuaalisia ja reaaliaikaisia raportteja tuotannonohjauksen tueksi. (Novotek b, [viitattu 3.4.2019].)

3.6 Esimerkkejä tuottavuuden kehittämisestä elintarviketeollisuudessa

3.6.1 Tuotannonohjausjärjestelmän esisuunnittelu

Kouvolan Lakritsi Oy on kouvolaalainen lakritsia ja marmeladia valmistava yritys. Tehtaassa lakritsi valmistetaan perinteisillä menetelmillä eli avokattiloilla keittämällä vuodelta 1960 peräisin olevalla reseptillä, jonka salaisuutena on yksilöllinen lakritsiuute. (Kouvolan Lakritsi Oy, [viitattu 3.4.2019].)

Tuotannonohjausjärjestelmä sisälsi tuotannon karkea- ja hienosuunnittelua. Tuotannon resurssointi, toimitusajat ja tuotanto-ohjelma määriteltiin karkeasuunnittelussa (MPS). Tuotantoa ohjattiin varasto- tai tilausohjautuvasti, jolloin tuotantoerät suunniteltiin joko varastosaldojen tai tilausten perusteella. Tuotantosuunnitelmaa arvioitiin kapasiteettitarkastelulla, minkä perusteella voitiin muuttaa joko tuotantoerien ajoitusta ja kokoa. Myös työaikojen muutoksia voitiin ottaa huomioon kapasiteettilaskennassa. (Gustafsson 2016, 8.)

Materiaalien tarvelaskennassa (BOM) laskettiin tuotteeseen liitetyn reseptin mukainen materiaalityö eräkoon ja valmistusajankohdan mukaisesti. Varastokirjanpidossa näkyivät tuotteet sekä niiden nimikekohtaiset saldot. Vapaa saldo (ATP, Available to Promise), joka on varastossa käytettävissä oleva tuotteen määrä

huomioiden tuotteen varaukset sekä valmistuksen määrän ja/tai täydennystilaukset. Hälytysrajahälyillä varastosovellus pystyi tekemään tilausehdotuksia. (Gustafsson 2016, 8.)

Kapasiteetin laskennassa määriteltiin tuote-erän materiaalivaatimukset sekä valmistuksen aloitusajankohta useimmiten tilausohjautuvasti. Tuotteen ajoitus tuotantoon tehtiin vaiheittain huomioiden laitteiden vaiheajat, prosessivaiheiden ajat, viivetekijät sekä työntekijöiden työskentelyajat. Kuormituslaskennalla voitiin määrittää varattu aika työvaiheittain sekä tuotannon käyttöaste. Tuotantotapah-
tumia käsiteltiin työnnumeroilla, jotka määräytyvät joko tuotannosta tai asiakastilauksesta. Työmääräin tulostettiin työjonolistauksen ja tarvelaskennan perusteella ennen tuotannon aloitusta. Työmääräin sisälsi työnnumeron, työvaiheen, tuotenimikkeen ja tuotettavan määrän sekä arvioidun työajan. Tuotannossa tehdyt kirjaukset päivittivät varastosaldot. Lähetysten keräilyä varten luotiin keräilylista myyntitilausten perusteella. Kun tuotteet oli keräilty ja pakattu, merkittiin tuotteet keräilyksi päivittäen tuotteiden varastosaldot oikeiksi. (Gustafsson 2016, 9.)

Elintarviketeollisuudessa jäljitettävyyden on erittäin tärkeää, joten raaka-aineiden alkuperätiedot tuli liittää tuotetietoihin, jolloin niiden seuraaminen oli yksinkertaisempaa. Samoin tuotantoprosessissa tuli seurata lämpötilaa ja tiedot tallentuivat päätelaitteilla tai vaihtoehtoisesti henkilökirjausten kautta. ERP-järjestelmään liitettävä dokumentinhallintajärjestelmä auttoi myös tässä tilanteessa, jolloin kaikki tarvittavat dokumentit olivat helposti saatavilla. Samoin laadunhallinta voitiin liittää järjestelmään, kun testejä ja arviointeja jouduttiin tekemään päivittäin. Tehdyt testit liitettiin kuhunkin erään ja laatuvirheen löytyminen oli, kun erän tiedot haettiin suoraan erätunnisteella. (Gustafsson 2016, 10–11.)

Tuotannonsuunnittelun lähtökohdaksi otettiin toimitusvarmuuden parantaminen. Erityisen tärkeää oli tuotteiden valmistusajan määrittely. Haasteina nähtiin, että yrityksen asiakaskunta oli hyvinkin monimuotoinen ja siten tilaukset olivat varsin erikokoisia. Viennissä oleva asiakas tilaa tyypillisesti useita lavoja kerrallaan samaa tuotetta, kun taas pieni paikallinen toimija saattoi tilata vain muutamien kilojen kokoisen lähetyksen. Yrityksen uutuustuotteet vaativat sen, että järjestelmään piti olla vaivaton mahdollisuus lisätä uusia tuotteita ja prosesseja. (Gustafsson 2016, 20.)

3.6.2 Tuotannonohjaus meijerissä ja leipomossa

Meijerissä vainvalmistuksen tuotannonohjaus on niin työntö- että imuohjauksinen, koska kaikki kerma tulee valmistaa tuotteiksi joko voiksi tai levitteeksi. Raaka-aineiden saatavuudella on työntävä vaikutus ja imua aiheuttavat asiakasti-

laukset. Karkeasuunnittelu tehdään vuodeksi ja hienosuunnittelu kahdeksi viikoksi kerrallaan. Asiakkaat kuten kaupat ja keskusliikkeet täyttävät tilauksensa suoraan tilausjärjestelmään. Raaka-aineiden saatavuus ja laitteiden toimivuus aiheuttavat usein muutoksia hienosuunnitteluun. (Alanko 2012, 21–22.)

Tuoretuotteita valmistavassa leipomossa hienosuunnittelu tehdään käytännössä päivätasolla, jolloin edellisen päivän asiakastilaukset toimitetaan seuraavana päivänä asiakkaille. Asiakkaiden tilausjärjestelmään syöttämien tilausten perusteella laaditaan tuotantoennuste ja varataan raaka-aineet. Tuotteille ei ole varastoja, vaan ne pakataan ja toimitetaan asiakkaille tuotantojärjestyksen mukaisesti, joten tuotanto on selkeästi (Juuri Oikeaan Tarpeeseen, JOT) -tuotantoa. (Alanko 2012, 23–24.)

4 YHTEENVETO TUOTTAVUUS- MITTAREITTAIN NIIDEN KÄYTÖSTÄ TEOLLISISSA PK-YRITYKSISSÄ

Tässä kappaleessa tehdään yhteenveto, jossa kirjallisuudesta saatu teoria, aiempien hankkeiden keräämä tieto ja yrityksistä saatu empiriatieto esitetään kunkin teoriassa käsitellyn tuottavuusmittarin osalta.

4.1 Toimitusvarmuus

Teoriassa toimitusvarmuuden määritelmä on yksinkertainen kaavan (1) kappaleessa 2.3.1 esitetyn mukaisesti, jossa se esitetään prosenttilukuna, joka ilmoittaa kuinka monta prosenttia kaikista yritysten tilauksista toimitettiin ajallaan. Toimitusvarmuus indikoi koko yrityksen toimintaa, joten jos se on heikko, niin on tutkittava sen heikkouden juurisyyt, jotka voivat olla hyvinkin moninaiset.

Aiemmissa hankkeissa kuten kappaleessa 3.2.3 todetaan Ketterä teollisuus-hankkeen löydöksen osalta, että toimitusvarmuutta käytetään yrityksissä yleisesti mittarina, mutta useimmiten manuaalisena eikä sekään ollut käytössä kuin noin puolessa yrityksistä.

Myös tutkituissa yritys-esimerkeissä toimitusvarmuus ja sen kehittäminen tulevat monissa yrityksessä esiin, etenkin sellaisissa yrityksissä, joissa toiminta on vakiintunutta ja kun ne toimivat pääpiirteittäin Lean-toimintatavan mukaisesti. Kappaleessa 3.4.4 tuodaan esiin esimerkiksi tapaus, jossa tuotannon läpimenoaikoja ei seurata kuin toiminnanohjausjärjestelmän tilaus – ja toimitusketjutasolla. Tällöin tuotantohenkilöstö pystyy valitsemaan helpommat työt, jolloin toimitusvarmuus on heikko, kun kiireisintä työtä ei priorisoida. Toisessa esimerkissä tuotannon kuormitustilanteen visualisoinnilla parannetaan tuotannon ohjattavuutta, jolloin voidaan paremmin valvoa toimitusvarmuuden toteutumista.

Usein kuitenkin toimitusvarmuuden parantamiseen tarvitaan suuria investointeja kuten uusia tuotantomalleja, uusia tuotannon layout -malleja simulointeineen ja uusia toiminnanohjausjärjestelmiä, joita on esitelty tämän selvityksen kappaleissa 3.4.1 – 3.4.3.

Uusien tuotantomallien suhteen kappaleessa 3.4.1 esitellyssä yrityksessä Marioff Oy, jossa on vaikeuksia luvata tarkkaa toimituspäivää, tehdään uusi tuotantomalli, joka perustuu asiakasohjautuvaan imuohjaukseen jatkuvan parantamisen periaatteella. Layout-suunnittelulla voidaan kappaleessa 3.4.2 esitellyssä yrityksessä

Pemamek Oy parantaa tuotannon oikea-aikaisuutta ja siten toimitusvarmuutta. Kuten kappaleessa 3.4.3 esitellyssä yrityksessä Tasowheel Gears Oy myös uudella tuotannonohjausjärjestelmällä voidaan vaikuttaa toimitusvarmuuteen, koska yritykseltä puuttuu hienokuormitusjärjestelmä.

4.2 Läpimenoaika

Läpimenoajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu tuotteen valmistamisen aloituksesta sen valmistumishetkeen kappaleessa 2.3.2 esitetyn kaavan (2) mukaisesti. Teoriassa tuodaan esille se, että läpimenoajasta suurin osa jopa 80 % on odotusaikaa, jonka minimointi on yrityksille erittäin tärkeää.

Kappaleessa 2.3.2 esitellyn teorian perusteella läpimenoaikaa pystyy pienentämään eräkokoja pienentämällä, tuotannon sisäisiä materiaaliveitoja selkeyttämällä tai asetusaikoja lyhentämällä. Kappaleessa 3.4.5 esitellyssä konepajateollisuuden sarjatuotannon esimerkeissä Suomen Lämpöpumpputeknikka Oy:ssä saadaan tuotannon layout -muutoksilla tuotannon läpimenoaikaa merkittävästi lyhennettyä sekä eräkokoja pienennettyä. Toisessa kappaleessa esitellyssä esimerkissä saadaan läpimenoaikaa lyhenemään tuotannon layout -järjestelyllä sekä tavaroiden paikkojen järjestelyillä. Kolmannessa kappaleen yritysesimerkissä Tarkmet Oy:ssä havaitaan eri koneiden epätasainen kuormitus ongelmaksi, jota ratkaistaan asetusaikoja lyhentämällä.

Kappaleessa 3.3.1 esitellään konepajateollisuuden yksittäistuotannon esimerkki Voimalaite Service Oy, jossa lasketaan keskimääräinen läpimenoajan laskelma. Usein projektimaisessa yritystoiminnassa on vaikea laskea läpimenoaikoja, tällöin on pyrittävä valitsemaan projekteja, jotka ovat riittävän samankaltaisia ja arvioida niistä taulukon 3:n esimerkin mukaisesti läpimenoaikoja. Myös projektinhallinta-ohjelmistoilla voidaan arvioida läpimenoaikoja ja muita tunnuslukuja, mitä voidaan hyödyntää yrityksen tuotannon ohjaamiseen.

Samoin konepajateollisuuden yksittäistuotannon esimerkissä kappaleessa 3.3.3 esitellään Fastems Oy:n keinot parantaa heidän tuotteistetun automaatiojärjestelmien tuotannon läpimenoaikaa. He käyttävät arvovirtakuvausta apuna saavuttaen läpimenoajan puolittamisen. Yhtenä keinona heillä on tuotannon siirtäminen kokoonpanolinjatuotantoon. Toisena keinona on alihankintaverkostoon hyödyntäminen tuotannon pullonkauloihin esimerkiksi sähköistysmoduulien hankkiminen alihankinnasta.

Läpimenoajoilla on erittäin suuri merkitys yrityksen toiminnalle kuten kappaleessa 2.3.2. esitetyt laskelmat osoittavat, että läpimenoajan puolittaminen nostaa tuot-

tavuutta, vähentää tuotantokuluja, alentaa keskeneräisen tuotannon määrää sekä vähentää sitoutuneen pääoman määrää. Samoin kappaleessa 2.4. esitetyn teorian mukaisesti läpimenoajat vähenevät, jos tuotannon virtaustehokkuus kasvaa, työvoiman tarve vähenee ja/tai tuotannon pinta-ala laskee, mihin tarvitaan usein layout-suunnittelua eli tuotantoympäristön rakentamista tai lean-toimintatavan käyttöönottoa eli tuotantomallin muutosta.

4.3 Käytösuhde

Koneiden käytösuhde määritellään kaavalla (4) kappaleessa 2.3.3 toteutuneen käyntiajan suhteena maksimikäyntiaikaan. Tässä suhteessa puhutaan usein koneiden tai tuotannon kuormittavuudesta. Jos koneiden kuormittavuus on alhainen, on tuotannossa kallista vajaakäyttöä. Jos taas tuotannossa on jonkin koneen kuormitus lähes 100 % muodostuu tuotantoon juuri siihen kohden pullonkaula, jolloin tuotanto ruuhkautuu.

Kappaleessa 3.4.6 esimerkkinä on Finn-Power Oy:n kokoonpanolinja, jolle tehdään kuormituslaskelma, jolla pystytään arvioimaan paremmin valmistuslinjan työkuormaa kullakin konemäärällä. Toisessa esimerkissä ABB:n Large Drives -tuotantolinjan kuukausittainen valmistusmäärä ja kuormitus pysyvät kuukausikohtaisesti tasaisena, mutta viikko- ja päivätasolla kuormitus voi olla hyvinkin epätasaista. Tällöin jos kuormitus olisi saatu tasaisemmaksi työkuormaa visualisoivalla työkalulla tai tuotannon pullonkaulaa kuormittamalla, tuotannon virtaus ja valmistusmäärät sekä toimitusvarmuus olisivat parantuneet. Kolmannessa esimerkissä Ruukin tuotannon kiiretilannetta saadaan purettua uudella aikataulutussäännöllä, kun tuotantoa pystytään ajoittamaan tasaisemmaksi.

Erityisesti konepajateollisuuden yksittäistuotannossa tuotannon kuormituksen vaihtelu on haaste. Kappaleessa 3.3.2 esitellään Bronto Skylift Oy:n ratkaisu, jossa ehdotetaan Lean-toimintatapaa tuotannossa syntyvän hukan poistamiseksi, tuotannon modulointia, alihankkijoiden ja yrityksen yhteisen PDM-järjestelmän perustamista, tuotekonfiguraattorin käyttöönottoa, digitaalisen kaksosta tuotannon tehostajaksi sekä ennakkokoneiden perustamista ERP-järjestelmään.

Tuotannonkuormituksen kannalta ideaalista olisi mahdollisimman tasainen tuotanto, jolloin materiaa livirrat olisi helposti hallittavissa. Tämä on harvemmin tapaus, koska useimmiten tuotanto vaihtelee paljon, jolloin tuotannon reaaliaikaista visuaalista ohjausta tarvitaan tuotannon optimointia varten.

4.4 Tuottavuus

Kappaleen 2.3.4 kaavan (5) mukaan tuottavuuden määritelmä on yksinkertainen ja se on kokonaistuotoksen ja -panoksen suhde. Useampien tuotantopanosten vertaaminen on kuitenkin haastavampaa, mutta työtunteihin suhteuttaminen on usein käyttökelpoista eli tällöin puhutaan työn tuottavuudesta, joka on esitetty kaavassa (7).

Kuten kappaleen 2.3.4 taulukon 1. tuottavuuslaskelmaesimerkki osoittaa tuottavuuteen liittyvät hyvin monet asiat samalla tavoin kuin toimitusvarmuuteen. On tärkeää erottaa kuten taulukossa 1. on esitetty reaali prosessin tuottavuus, joka kuvaa tuotannon todellista tuottavuutta erotettuna tulonjakoprosessin hinnanmuutoksista. Siksi esimerkit erityisesti kappaleessa 4.1 liittyvät myös tuottavuuden parantamiseen kuten muutkin esimerkit, koska väistämättä kaikki yrityksissä tehtävä kehitystyö parantavat tuottavuutta. Vähemmällä panoksella pyritään siis saamaan enemmän tuotosta aikaan.

Esimerkkejä olemassa olevista lähteistä löytyy niukalti, mutta kappaleen 3.4.7 esimerkissä elektroniikkatuotteiden sopimusvalmistaja haluaa tuotannonohjaukseen mittareita, koska heidän tuotantonsa on pahasti ruuhkautunut. Havaitaan, että tuotannosta puuttuvat mittarit kokonaan, jolloin mittareiksi valitaan työn tuottavuus. Se lasketaan PLM-järjestelmästä saadusta todellisesta työajasta ja sitä verrataan standardityöaikaan, joka lasketaan työaikojen keskiarvosta.

4.5 Tuotannon tehokkuus

Kappaleen 2.3.5 kaavan (8) mukaan tehokkuus ja siten myös tuotannon tehokkuus eli osatuottavuus määritellään tuotoksen ja panoksen suhteena. Taulukon 2. kappaleessa 2.3.5 mukaisesti tuotannon tehokkuudessa on myös erotettava hintaindeksi vaikutus muutoin laskelmat osoittavat vääristyneitä lukuja.

Kappaleessa 2.3.5. esitellyt tuotantoon liittyvät mittarit resurssi- ja virtaustehokkuus ovat myös keinoja seurata erityisesti liukuhihnatuotannossa. Tavoitteena on mahdollisimman vähän resursseja vievä tuotannossa soljuva virtaus.

4.6 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Kappaleessa 2.3.6 esitellään Overall Equipment Effectiveness -mittari, joka mittaa tuotannon kokonaistehokkuutta. Samassa kappaleessa esitellään kaksi laskentaesimerkkiä toinen liukuhihnatuotannosta ja toinen esimerkki on sovellettavissa

mihin tahansa yritykseen. Ensimmäisessä esimerkissä koneiden tahtiajat yms. tulisi olla tarkasti tiedossa ja tuotannon rakenne selkeä. Jälkimmäisessä esimerkissä riittää, että häiriöihin kulunut aika, tuottavuus- ja laatuhävikit ovat selvillä.

Kappaleessa 3.5.3 esitellään rakennusaineteollisuudessa Saint-Gobain Finland Oy:ssä käyttöön otettu OEE-ratkaisu, joka parantaa yrityksen tuotannonohjausta ja tuotannon visuaalista seurantaa.

5 YHTEENVETO KOKO KIRJALLISUUSTUTKIMUKSESTA

Tämä kirjallisuustutkimus on toteutettu osana Näkymätön näkyväksi: Tuottavuuden tulostittarit ja niiden visualisointi pk-teollisuudessa -hanketta, joka on Etelä-Pohjanmaan liiton rahoittama EAKR-hanke ja joka jatkuu vuoden 2020 loppuun saakka. Selvityksen tarkoituksena oli selvittää hankkeeseen liittyvä oleellinen tutkimustieto olemassa olevasta kirjallisuudesta ja jo tehdyistä hankkeista liittyen tuotannon tehokkuuteen ja siihen liittyviin tuottavuusmittareihin ja visualisointiin. Tätä kirjallisuustutkimusta käytetään pohjana hankkeen työpakettien toimenpiteiden suunnitteluun ja toteuttamiseen.

Tämä selvitys jakautuu kahteen osaan teoriaosaan ja empiriaosaan. Teoriaosaan kerättiin oleellinen teoreettinen tutkimustieto alan kirjallisuudesta kattaen tuotannon ja sen organisoinnin, tuottavuuden ja tuottavuusmittareiden määrittelyt. Tuottavuusmittareiden osalta keskityttiin toimitusvarmuuden, läpimenoajan, käyttösuhteen, tuottavuuden ja tuotannon tehokkuuden OEE:n kuvailuun. Teoriaosassa on myös esitelty tärkeimmät Lean-toimintatavan periaatteet ja työkalut.

Empiriaosassa tuodaan esiin pääosin useista kymmenistä opinnäytetöistä löytynyt tuotannon kehittämiseen ja tuottavuusmittareihin liittyvä tutkimustieto kehittämissimerkein toimialoittain erityisesti konepajateollisuuden alalta, mutta myös huonekalu- ja rakennusteollisuudesta sekä elintarviketeollisuudesta. Lopuksi tämä kehittämissimerkkiaineisto vedetään yhteen tuottavuusmittareittain.

Toimitusvarmuutta käytetään usein tuottavuusmittarina, mutta se toimii jälkijättöisesti ja kuvaa koko yrityksen toimitusketjua. Toimitusvarmuuden kuten tuottavuudenkin kehittämiseen on hyvin monia keinoja, jolloin vaaditaan yrityksen toimintojen radikaalejakin muutoksia usein esimerkiksi tuotannon layoutin tai alihankintaverkostojen kehittämistä. Konkreettisia tuloksia syntyy keskittymällä esimerkiksi läpimenoaikojen puolittamiseen, mikä nostaa esimerkkiyrityksissä tuottavuutta, vähentää tuotantokustannuksia, alentaa keskeneräisen tuotannon määrää sekä vähentää sitoutuneen pääoman määrää. Samoin koneiden käyttösuhteet eli samalla tuotannon kuormittavuus paranee, kun tuotannon hienokuormitusta pystytään paremmin suunnittelemaan esimerkiksi MES-ohjelmistoilla.

Päätuloksena voidaan todeta, että tuottavuusmittareita käytetään tuotannonohjauksessa jonkin verran, mutta mittaaminen on usein manuaalista ja jälkijättöistä, jolloin ei päästä tuotannon reaaliaikaiseen ohjaamiseen. Tuotannonohjaukseen vaikuttaa moni asia, jolloin tuotannon visuaalisuuden ja reaaliaikaisuuden li-

säämisellä on yrityksissä selkeä tarve eikä sitä monissa yrityksissä edes tajuta. Etelä-Pohjanmaalla tilanne näyttää olevan esimerkkien valossa vielä heikompi, koska useat esimerkeistä ovat muualta Suomesta.

Lopuksi voidaan todeta, että tästä kirjallisuustutkimuksesta nousee selkeä tarve esiin edistää tuottavuusmittareiden käyttöä ja niiden visualisointia yritysten tuotannonohjauksessa. Tällöin myös hankkeemme merkitys Etelä-Pohjanmaan teollisten pk-yritysten tuotannon kehittämisessä nousee kirjallisuustutkimuksen valossa entistä ajankohtaisemmaksi.

LÄHTEET

- Alanko, T. 2011. Tuotannonohjaus elintarviketeollisuudessa. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, Bio- ja elintarviketekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012061012350>
- Alatalkkari, M. 2014. Toimitusketjun kehittäminen. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014120418418>
- Annala, V. 2008. Tuotannonohjausjärjestelmän käyttöönotto. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. SeAMK Tekniikka, Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Julkaisematon.
- Arola, J.-M., Mäkelä, P. & Rudnäs, N. 3.4.2019. Näkymätön näkyväksi: Tuottavuuden tulosmittarit ja niiden visualisointi pk-teollisuudessa. Infopaketti yrityksille. [Pptesitys]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, TKI. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.seamk.fi/nana> nimellä "Infopaketti yrityksille Näkymätön näkyväksi -hankkeesta".
- Arrow Engineering Oy. 10.5.2016. Lean-filosofian 7+1 tuottamatonta toimintoa. [Verkkosivu]. Jyväskylä: Arrow Engineering Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://blogi.arroweng.fi/lean-filosofian-71-tuottamatonta-toimintoa>
- Blanco, J. & Dederichs, T. 2018. Lean maintenance: A practical, step-by-step guide for increasing efficiency. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Bronto Skylift Oy. Ei päiväystä. Bronto Skylift - Expertise in truck mounted platforms. [Verkkosivu]. Kuopio: Bronto Skylift Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.brontoskylift.com/en/bronto-skylift>
- Carroll, B. J. 2008. Lean performance ERP project management: Implementing the virtual lean enterprise. 2. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Chiarini, A., Baccarani, C. & Mascherpa, V. 2018. Lean production, Toyota production system and Kaizen philosophy: A conceptual analysis from the perspective of Zen Buddhism. [Verkkolehtiartikkeli]. The TQM Journal 30 (4), 425–438. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana Emerald Insight -palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Danfoss Drives. Ei päiväystä. Driven by drives. [Verkkosivu]. Nordborg, Tanska: Danfoss A/S. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://drives.danfoss.fi/danfoss-drives/about/#/>
- Duggan, K. J. 2013. Creating mixed model value streams: Practical lean techniques for building to demand. 2. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Enkawa, T & Schvaneveldt, S. J. 2001. Just-in-Time, lean production, and complementary paradigms. Teoksessa: G. Salvendy (ed.) Handbook of industrial engineering: Technology and operations management. [Verkkojulkaisu]. 3. ed. Toronto: John Wiley & Sons, 544–561. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana Knovel Industrial Engineering & Operations Management Academic -palvelussa. Vaatii käyttöoikeuden.

Etelä-Pohjanmaan korkeakouluyhdistys ry. Ei päiväystä. Koneteollisuuden kilpailukyvyn kehittäminen (Kokike). [Verkkosivusto]. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://epky.fi/epanet/arkisto/paattyneet-hankkeet/#kokike>

Gustafsson, N. 2016. Lakritsitehtaan toimintamallin kehitys ja tuotannonohjausjärjestelmän esisuunnittelu. [Verkkojulkaisu]. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Bio- ja elintarviketekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201602292746>

Hakalahti, H., 2018. PDM-, ERP- ja MES-järjestelmien integraatio. Teoksessa: P. Junell, K. Katajisto, P. Mäkelä & S. Saarikoski (toim.) SeAMKin Tekniikan yksikkö edistämässä digitaalista muutosta teollisuudessa ja rakentamisessa. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 134, 103–112. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7109-87-8>

Hartwall K. Oy Ab. Ei päiväystä. We improve your logistics efficiency. [Verkkosivu]. Söderkulla: K. Hartwall Oy Ab. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.khartwall.com/util/about-us/>

Havusela, A. 2016. Toimitusvarmuuden kehittäminen Lean-toimintaympäristössä. [Verkkojulkaisu]. Vaasan yliopisto. Teknillinen tiedekunta, Tuotannon laitos. Tuotantotalouden pro gradu -tutkielma. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.tritonia.fi/?d=244&g=abstract&abs=5717>

Heino, K. 2017. Tuotannon tietojärjestelmän tarvemäärittely. [Verkkojulkaisu]. Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu. Tuotantotalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201704054253>

Hydoring Oy. Ei päiväystä. Hydoring Oy - johtava kotimainen hydraulikkavalmistaja. [Verkkosivu]. Pöytyä: Hydoring Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.hydoring.com/fin/yritys/>

Hyypä, J. 2015. Tuotannonohjaus: tuotantolinjan hienokuormitusohjelma. [Verkkojulkaisu]. Vaasan ammattikorkeakoulu. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201704054253>

Järvenpää, E. & Lanz, M. 2014. LeanMES: Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus suomalaisissa valmistavan teollisuuden yrityksissä: Nykytila, haasteet ja tarpeet. [Verkkojulkaisu]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: https://wiki.tut.fi/pub/LeanMES/Reports/LeanMES_Tuotannonsuunnittelu_ja_ohjaus_suomalaisissa_yrityksiss_julkinen_FINAL.pdf

Kahari, H. 2017. Kuormituksen vaihtelu Large Drives -tuotantolinjalla. [Verkkojulkaisu]. Metropolia ammattikorkeakoulu. Tuotantotalous. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201705178760>

Kapela, J., Palomäki, J. & Leino, M. 2018. Odoo - Avoimen lähdekoodin toiminnan ohjausjärjestelmä. Teoksessa: P. Junell, K. Katajisto, P. Mäkelä & S. Saarikoski (toim.) SeAMKin Tekniikan yksikkö edistämässä digitaalista muutosta teollisuudessa ja rakentamisessa. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 134, 113–124. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7109-87-8>

Kari, E. 2015. Tablet-tietokoneen käyttö tehdastyön ohjauksessa. [Verkkojulkaisu]. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma, Automaatiotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201504204592>

Kari-Finn Oy. Ei päiväystä. Korkealuokkaista laatua yli 50 vuoden kokemuksella. [Verkkosivu]. Lahti: Kari-Finn Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://kari-finn.fi/index.php/yrityy>

Katajisto, K. & Reinilä, H. 2018. TKI-kärjen ”Digitaalinen valmistus ja teollinen internet”-kehityspolku. Teoksessa: P. Junell, K. Katajisto, P. Mäkelä & S. Saarikoski (toim.), SeAMKin Tekniikan yksikkö edistämässä digitaalista muutosta teollisuudessa ja rakentamisessa. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 134, 36–49. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7109-87-8>

Kauhanen, J. 2018. Esimies tuottavuuden kehittäjänä. Helsinki: Kauppakamari. Kouvola Lakritsi Oy. Ei päiväystä. Oikeastaan lakutehtaiden pitäisi olla tällaisia. [Verkkosivu]. Kouvola: Kouvola Lakritsi Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.kouvolanlakritsi.fi/lakutehdas/kouvolan-lakritsi-oy/>

Lahti, M. 2016. Automaatiojärjestelmän tuotannon skaalautuvuuden parantaminen läpimenoaikaa lyhentämällä. [Verkkojulkaisu]. Tampereen ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikka, YAMK. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201601251622>

Lahti, M. & Arola, J.-M. (toim.) 13.12.2018. Laadunhallintapilotti: Digivaattori-hanke. [Video]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: https://youtu.be/gQDE-Qyv_Y4

Larikka, M., Heinilä, P., Selin, K. & Tuominen, J. 2007. Tuottavuuden jatkuva parantaminen: Uusi toimintamalli esimiehille, uusia tuottavuusmenettelyjä tiimeille. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

Latvala, J. 2015. W20-pääkokoonpanon kehittäminen. [Verkkojulkaisu]. Vaasan ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015060712696>

Lean Six Sigma. Ei päiväystä. Mitä Lean Six Sigma on? [Verkkosivu]. Lahti: Quality Know-how Karjalainen Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/>

Lehtonen, J. (toim.) 2004. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY.

Lindberg, P. 1999. Leadtime reduction: Manufacturing strategy in Sweden. Teoksessa: P. Lindberg, C. A. Voss & K. L. Blackmon (eds). International manufacturing strategies: Context, content and change. Dordrecht: Springer-Science+Business Media, B.V., 259-274.

Logistiikan maailma a. Ei päiväystä. Toimitusketjun hallintastrategiat. [Verkkosivu]. Logistiikan maailma : Reijo Rautauoman säätiö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/toimitusketjun-hallintastrategiat/>

Logistiikan maailma b. Ei päiväystä. Lean-ajattelu. [Verkkosivu]. Logistiikan maailma : Reijo Rautauoman säätiö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>

Lämpöässä. Ei päiväystä. Lämpöässä -maalämpöä vuodesta 1983. [Verkkosivu]. Lapua: Suomen lämpöpumpputekniikka Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.lampoassa.fi/lampoassa/lampoassa-vuodesta-1983/>

Marioff. Ei päiväystä. History. [Verkkosivu]. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.marioff.com/about-marioff/history>

Martin, T. 2018. Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen kehittäminen IT-järjestelmien avulla. [Verkkojulkaisu]. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Tuotantotalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805076904>

Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. Helsinki: Edita.

Mattila, J. 2011. Tuotannonohjauksen tehostaminen simulaation avulla. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, Automaatio-tekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201103153194>

Modig, N. & Åhlström, P. 2013. Tätä on Lean: Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Suom. M. Tillman. Tukholma: Rheologica Publishing.

Multanen, S. 2016. Tuotannonohjauksen kehittäminen konepajassa. [Verkkojulkaisu]. Satakunnan ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605239168>

Mylläri, O. 2018. Tuotannon läpimenoaikojen lyhentäminen. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805148090>

Mäkelä, J. 2012. Tuotannon läpimenoaikojen lyhentäminen. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Liiketalouden, yrittäjyyden ja ravitsemisalan yksikkö, Pienen ja keskisuuren yritystoiminnan liikkeenjohton koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012092313813>

Nicholas, J. 2011. Lean production for competitive advantage: A comprehensive guide to lean methodologies and management practices. New York: Taylor & Francis.

Nikupeteri, S. 2016. Mittarointi tuotannonohjauksen ja kehittämisen tukena. [Verkkojulkaisu]. Oulun yliopisto. Teknillinen tiedekunta, Konetekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-201606022118>

Novotek Oya. Ei päiväystä. Opi lisää OEE:stä / KNL:stä: Tietopaketti kokonaistehokkuudesta. [Verkkosivu]. Novotek Oy. [Viitattu 3.4.2019] Saatavana: <https://www.novotek.com/downloads/get.php?r=81b5062761c92bb28eccc620aa3c09c7>

Novotek Oy b. Ei päiväystä. Saint-Gobainilla katsotaan peiliin Novotekin OEE-ratkaisun avulla. [Verkkosivu]. Novotek Oy. [Viitattu 3.4.2019] Saatavana: <https://www.novotek.com/downloads/get.php?r=44ee101ee47c14f3fcc2f4404883c50c>

Ojaniemi, T. & Arola, J.-M. (toim.) 13.12.2018. Digitalisaation edellytysten luominen: Digivaattori -hanke. [Video]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://youtu.be/rYJ2Z58otKM>

Paasonen, P. 2015. Pienisarjatuotannon tehostaminen lean-periaatteiden avulla. [Verkkojulkaisu]. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Tuotantotalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015100515146>

Pakkanen, J. & Arola, J.-M. (toim.) 13.12.2018. Tuotannon kehittäminen – Digivaattori-hanke. [Video]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://youtu.be/VOApQk2eM-g>

Pemamek Oy. Ei päiväystä. Pemamek Oy. [Verkkosivu]. Loimaa: Pemamek Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://pemamek.com/fi/yritys/>

Piili, P. 2017. Suunnitelma tuotannonohjausjärjestelmästä – Voimalaite Service Oy. [Verkkojulkaisu]. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka, Automaatiotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017110216544>

Planman Oy. Ei päiväystä. Planman Project 2018 – Tuotteen yleistiedot. [Verkkosivu]. Tampere: Planman Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.planman.fi/wp/tuotteet/>

Puumala, A. 2014. Kokoonpanolinjan kuormituksentasaaminen: Finn-Power Oy:n Kauhavan tehdas. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. SeAMK Tekniikka, Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Julkaisematon.

Rajala, M. 2011. Materiaalivirtojen hallinta layoutista toteutukseen ja läpäisyajan tehostamiseen. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Liiketalouden, yrittäjyyden ja ravitsemisalain yksikkö, Pienen ja keskisuuren yritystoiminnan liikkeenjohdon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011060611066>

Rajala, J. 2013. Layoutsuunnitelma ja kapasiteetin kasvattaminen. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, Kone- ja automaation koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201405055710>

Rakennerahastotietopalvelu. Ei päiväystä. EAKR- ja ESR-hankkeet Suomessa ohjelmakaudella 2014 – 2020. [Verkkojulkaisu]. Euroopan unioni. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.eura2014.fi/rrtiepa/projekti.php?projektiid=A71716>

Reinilä, H., Latokartano, J., Lanz, M. & Katajisto, K. 2018. Ketteryyttä pk-teollisuuteen. Teoksessa: P. Junell, K. Katajisto, P. Mäkelä & S. Saarikoski (toim.) SeAMKin Tekniikan yksikkö edistämässä digitaalista muutosta teollisuudessa ja rakentamisessa. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 134, 53–67. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7109-87-8>

Saari, S. 2006. Tuottavuus: Teoria ja mittaaminen liiketoiminnassa: tuottavuuden käsikirja. Espoo: Mido.

Saarimaa, T. 2013. Tilausten valmistusjärjestyksen priorisointi ja käsittelyn kehittäminen. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305066716>

Saint-Gobain. Ei päiväystä. Saint-Gobain Suomessa. [Verkkosivu]. Helsinki: Saint-Gobain Finland Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.saint-gobain.fi/suomessa>

Sauna-aho, J. 2012. Production control: Case: ABB Oy, Motors and Generators Vaasa. [Verkkojulkaisu]. University of Vaasa. Faculty of Technology, Department of Industrial Management. Master's Thesis. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.tritonia.fi/?d=244&g=abstract&abs=4961>

Seinäjoen ammattikorkeakoulu a. Ei päiväystä. Digivaattori - Digitalisaatio ja teollinen internet valmistavan teollisuuden pk-yrityksien moottorina. [Verkkosivusto]. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.seamk.fi/digivaattori>

Seinäjoen ammattikorkeakoulu b. Ei päiväystä. Tibori. [Verkkosivusto]. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.seamk.fi/seamk-info/kampukset/oppimisym-paristot/tibori/>

Semi, E. 2018. Tuotannon hallinta muuttuvassa kuormitustilanteessa: Bronto Skylift Oy. [Verkkojulkaisu]. Savonia ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala, tuotantotalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018122022581>

Skaala IFN Oy. Ei päiväystä. Yhtä perhettä vuodesta 1956. [Verkkosivu]. Kauhava: Skaala IFN Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.skaala.com/yritys.html>

Skhmot, N. 5.8.2017. The 8 Wastes of Lean. [Verkkosivu]. San Francisco, CA: The Lean Way. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean>

Stera Technologies Oy. Ei päiväystä. Yritysesittely. [Verkkosivu]. Turku: Stera Technologies Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://stera.com/yritys/yritysesittely/>

SWD Oy. Ei päiväystä. Ratkaisut. [Verkkosivu]. Tampere: SWD Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://swd.fi/ratkaisut/>

Tamlander, J. 2016. Defining a manufacturing planning and control system for a lean manufacturing company. [Verkkojulkaisu]. JAMK University of Applied Sciences, Degree Programme in Logistics Engineering. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605249536>

Tarkmet Oy. Ei päiväystä. Tietoa yrityksestä. [Verkkosivu]. Vaasa: Tarkmet Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.tarkmet.fi/info>

Tikli Group Oy. Ei päiväystä. Tikli Group Oy. [Verkkosivu]. Vimpeli: Tikli Group Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://tikli.com/fi/>

Tokola, H., Väistö, V. & Niemi, E. 2015. Lean manufacturing methods in simulation literature: Review and association analysis. [Verkkojulkaisu]. Teoksessa: L. Yilmaz, W. K. V. Chan, I. Moon, T.M. K. Roeder, C. Macal & M. D. Rosetti (eds.) Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference. Vaatii käyttöoikeuden. Koko teksti saatavana pyytämällä julkaisun kirjoittajilta.

Toukola, A. 2016. Tuotannon tehostaminen parametrisilla ohjelmilla. [Verkkojulkaisu]. Turun ammattikorkeakoulu, Tuotantotalous. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605127564>

Tuominen, K. 2018. Tuotannonsuunnittelun kehittäminen toimitusvarmuuden parantamiseksi: Hydoring Oy. [Verkkojulkaisu]. Turun ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018112618183>

Uljas, J. 2018. Hienokuormitusjärjestelmän määrittäminen. [Verkkojulkaisu]. Tampereen ammattikorkeakoulu, Konetekniikka, Tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805239751>

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

Veijalainen, R. 2018. Taajuusmuuttajalinjan tuotannonsuunnitteluprosessin kehittäminen. [Verkkojulkaisu]. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Konetekniikka, Valmistus- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201804245345>

Visual Components Oy. Ei päiväystä. About us. [Verkkosivu]. Espoo: Visual Components Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://www.visualcomponents.com/about-us/>

Voimalaite Service Oy. Ei päiväystä. Yritys eilen ja tänään. [Verkkosivu]. Tampere: Voimalaite Service Oy. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.vls.fi/yritys/historia-2/>

Väisänen, J., 3.6.2013. VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus. [Verkkosivusto]. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <http://www.qkkarjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>

Yli-Rahnasto, J. 2009. Varasto-ohjautuvan ja tilausohjautuvan tuotannon vertailu. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. SeAMK Tekniikka, Puutekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Julkaisematon.

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUSARJA – PUBLICATIONS OF SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

A. TUTKIMUKSIA - RESEARCH REPORTS

B. RAPORTTEJA JA SELVITYKSIÄ - REPORTS

C. OPPIMATERIAALEJA - TEACHING MATERIALS

Seinäjoen ammattikorkeakoulun aiemmin ilmestyneet julkaisut löytyvät SeAMKin Julkaisut-verkkosivuilta <https://www.seamk.fi/yrityksille/julkaisut/> ja Theseus-verkkokirjastosta <https://theseus.fi>

SeAMK Julkaisut:
Seinäjoen ammattikorkeakoulun kirjasto
Kalevankatu 35, 60100 Seinäjoki
puh. 020 124 5040
seamk.kirjasto@seamk.fi

ISBN 978-952-7317-05-1
ISSN 1797-5573



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES