



**Aalto-yliopisto**  
Insinööritieteiden  
korkeakoulu

Jarno Lundahn

## **Suorituskykymittareiden kehittäminen betonituoteteollisuu- teen**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 02.04.2014

Valvoja: Professori Kalevi Aaltonen

Ohjaaja: DI Eero Kilpi



---

<b>Tekijä</b>	Jarno Lundahn				
<b>Työn nimi</b>	Suorituskykymittareiden kehittäminen betonituoteteollisuuteen				
<b>Laitos</b>	Koneenrakennustekniikan laitos				
<b>Professuuri</b>	Tuotantotekniikka	<b>Professuurikoodi</b>	Kon-15		
<b>Työn valvoja</b>	Professori Kalevi Aaltonen				
<b>Työn ohjaaja</b>	DI Eero Kilpi				
<b>Päivämäärä</b>	16.03.2014	<b>Sivumäärä</b>	100	<b>Kieli</b>	Suomi

---

### Tiivistelmä

Tässä diplomityössä kehitettiin betonituoteteollisuuden yrityksen tehtaalle suorituskykymittarit. Tehtaalla valmistetaan pääasiallisesti jonoon asennettavia elementtejä. Betoniteollisuudessa yleisesti käytössä olevan mittarin yksikkö on tuotettujen elementtien massa työntekijää kohden. Yrityksellä oli ennen kehitystyötä käytössä finanssimittarit tuotannon seuraamiseksi.

Erinomainen suorituskykymittari on reaaliaikainen, kuten auton moottorin lämpömittari. Reaaliaikaisuuden avulla mittarin seuraaja huomaa ongelmat välittömästi ja pystyy välttämään suuremmat vahingot. Aina ei ole mahdollista toteuttaa reaaliaikaisia mittareita, jolloin ongelmiin voidaan puuttua vasta jälkikäteen. Betoniteollisuudessa hyvä suorituskykymittari on työvuoro-kohtainen.

Suorituskykymittareiden tietoja tulisi kerätä automaattisesti ja mahdollisimman läheltä valmistustoimintaa. Automatisoiduista tuotantolaitteista tietojen automaattinen kerääminen on mahdollista. Käsikäyttöisistä tuotantolaitteista sekä työvoimaa käyttävistä työvaiheista on mahdollista kerätä puoliautomaattisesti tietoja.

Kehitystyössä luotiin kaksi tuottavuusmittaria ja kapasiteetin käyttöastemittari. Tuloksissa huomattiin kappaletuotantomääräisen mittarin soveltuvan huonosti useita tuoteryhmiä valmistavalle tehtaalle. Yritykselle käyttöön otettaviksi suorituskykymittareiksi valikoituvat tuotantomäärä, tuottavuus, käyttöaste, laatu ja reklamaatiot. Suorituskykymittareiden yleisyksikkönä käytetään tuotteiden massaa tonneissa. Mittaristojen tuotekohtaiset yksiköt täytyy erikseen määritellä. Tuottavuuden mittaamista varten yrityksen tulee kerätä ja kohdistaa automaattisesti työtunnit työpisteittäin ja -vaiheittain.

---

**Avainsanat** Suorituskykymittari, betonituoteteollisuus, tuottavuus, työtunti, kehittäminen, tuotanto

---



---

**Author** Jarno Lundahn

---

**Title of thesis** Developing Key Performance Indicators for Concrete Products Industry

---

**Department** Department of Engineering Design and Production

---

**Professorship** Production Engineering **Code of professorship** Kon-15

---

**Thesis supervisor** Professor Kalevi Aaltonen

---

**Thesis advisor** DI Eero Kilpi

---

**Date** 16.03.2014 **Number of pages** 100 **Language** Finnish

---

### Abstract

In this master's thesis was key performance indicators developed for concrete products factory. The factory produces concrete products, which are mainly supposed to line up. A common productivity indicator of this industry is the weight of production volume per employee. Before this master's thesis, the company used financial indicators to follow production.

An excellent key performance indicator is real time, like a car engine temperature indicator. With real time indicator, problems are noticed immediately and large damages can be avoided. It is not always possible to develop real time indicators, whereupon problems can be solved afterwards. Concrete products industry benefits the most of work shift key performance indicators.

The data for key performance indicators should be gathered automatically. The gathered data should be as near as possible of production activities. The automated data gathering is possible from automated production equipment. A semi-automated data gathering is possible from manual production equipment and stages that require labour.

This master's thesis created two productivity and a capacity utilization rate indicators. The productivity indicator in terms of produced pieces was not suitable for the factory which manufactures different product groups. The company should implement production volume, productivity, utilization rate, quality and reclamations as key performance indicators. The common unit of the indicators is the weight of products in tonnes. Product-specific units must be defined separately. To measure productivity, company should automatically gather hours and allocate them by work place and working phase.

---

**Keywords** Key performance indicator, concrete products industry, productivity, work hour, developing, production

---

## **Alkusanat**

Tämä diplomityö on tehty Rudus Betonituote Oy:n toimeksiannosta. Työn aihe on seurausta jo edesmenneen tuotantojohtajan Olli-Heikki Pietikäisen halusta seurata yrityksen tehtaiden suorituskykyä. Suorituskykymittareiden kehittämisen ajankohta oli suotuisa, koska yrityksessä oli käynnistetty uuden toiminnanohjausjärjestelmän kehitysprojekti.

Työn valvojana toimi professori Kalevi Aaltonen Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulusta ja ohjaajana kehitysjohtaja Eero Kilpi Rudus Betonituote Oy:stä. Haluan kiittää kumpaakin tukemisesta sekä kannustamisesta diplomityön tekemisessä. Haluan esittää kiitokseni myös tutkitun tehtaan johdolle mahdollisuudesta toteuttaa kehitystyö tehtaalle. Erityisesti haluan kiittää tehtaan työnjohtajia Klaus Lundahnia ja Kari Saarelaista aineiston keräämisestä kehitystyötä varten.

Lopuksi haluan esittää kiitokset kaikille muille minua tämän diplomityön aikana tukenneille henkilöille. Erityisesti haluan kiittää perheenjäseniäni sekä läheisiäni, jotka ovat potkineet eteenpäin diplomityön teon aikana.

Nurmijärvi 16.03.2014

Jarno Lundahn



# Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo .....	1
Lyhenteet.....	4
1 Johdanto .....	5
2 Tuotannon mittarit.....	7
2.1 Finanssimittarit .....	8
2.2 Suorituskykymittarit .....	10
2.2.1 Suorituskykymittareiden kehittäminen .....	11
2.2.2 Suorituskykymittareiden tavoitteiden asettaminen .....	13
2.2.3 Suorituskykymittarit tuotannonohjauksessa.....	14
2.2.4 Suorituskykymittarit päätöksenteossa .....	15
2.3 Suorituskykymittareiden sovellutukset .....	16
2.3.1 Tuottavuuden mittaaminen.....	19
2.3.2 Laadun mittaaminen.....	20
2.3.3 Kapasiteetin mittaaminen.....	21
2.3.4 Tuotantoresurssien kokonaistehokkuuden mittaaminen .....	22
2.4 Suorituskykymittarit betoniteollisuudessa .....	25
2.4.1 Betoniteollisuus.....	25
2.4.2 Betoniteollisuuden suorituskykymittarit .....	26
2.4.3 Suorituskykymittarit yrityksessä.....	26
3 Suorituskykymittareilla mitattava tuotanto .....	29
3.1 Elementtituotanto .....	29
3.1.1 Betoniset seinäelementit.....	30
3.1.2 Infraelementit .....	31
3.1.3 Paalut.....	32
3.1.4 Talotekniikkaelementit.....	32
3.1.5 Porraset.....	33
4 Suorituskykymittareiden kehittäminen .....	35
4.1 Aineiston kerääminen.....	35

4.2	Tuotanto.....	35
4.2.1	Tehtaan henkilövahvuus .....	36
4.2.2	Raudoittajien henkilövahvuus .....	39
4.2.3	Tuotteen 3 henkilövahvuus .....	39
4.2.4	Tuotteiden 1 ja 2 henkilövahvuus .....	40
4.2.5	Tuotteen 6 henkilövahvuus ja alihankinta .....	41
4.3	Tuotannosta saatavat tunnusluvut .....	41
4.3.1	Koko tehtaan tuotanto .....	42
4.3.2	Tuotteiden 1 ja 2 tuotanto .....	46
4.3.3	Tuotteen 3 tuotanto .....	49
4.3.4	Tuotteiden 4 ja 5 tuotanto .....	51
4.3.5	Tuotteen 6 tuotanto .....	54
5	Tulokset.....	57
5.1	Tehtaan suorituskyky .....	57
5.2	Työpisteiden suorituskyky .....	65
5.2.1	Tuote 1 .....	66
5.2.2	Tuote 2 .....	67
5.2.3	Tuoteryhmä 1 .....	68
5.2.4	Tuote 3 .....	69
5.2.5	Tuote 4 .....	73
5.2.6	Tuote 5 .....	74
5.2.7	Tuoteryhmä 2 .....	75
5.2.8	Tuote 6 .....	76
5.3	Suorituskyvyn vertailu .....	77
5.4	Suorituskykymittarit.....	79
5.4.1	Yritysjohdon suorituskykymittaristo.....	80
5.4.2	Tehdasjohdon ja työntekijöiden suorituskykymittaristo .....	82
5.4.3	Mittaristojen ominaisuuksia ja vaatimuksia.....	84
5.4.4	Virhetarkastelu .....	85
6	Johtopäätökset ja suositukset .....	87
6.1	Tiedon kerääminen .....	88
6.1.1	Tiedon yksiköt.....	88
6.1.2	Tiedon keräämisen mahdollisuudet .....	89
6.1.3	Työtuntitieto.....	89



6.1.4	Tietojen keräysjärjestelmä .....	90
6.2	Tietojärjestelmän tietojen hyödyntäminen .....	91
6.2.1	Tuotannon tehokkuuden seuranta .....	91
6.2.2	Suorituskykytavoitteiden asettaminen .....	92
6.2.3	Tuotannon suunnittelu ja tuotantokustannusten määrittäminen.....	93
6.3	Suorituskykymittaristojen tietojen sovellukset .....	93
6.3.1	Tietojen analysointi.....	93
6.3.2	Jäljitettävyys.....	93
7	Yhteenveto .....	95
	Lähdeluettelo.....	97

## Lyhenteet

KPI	Suorituskykymittari (engl. Key Performance Indicator)
KPO	Suorituskyvyn tulos (engl. Key Performance Outcome)
OEE	Tuotantoresurssien kokonaistehokkuus (engl. Overall Equipment Efficiency)
RFID	Radiotaajuinen etätunnistus (engl. Radio Frequency Identification)
ROE	Oman pääoman tuotto (engl. Return Of Equity)
TPM	Tuottava kunnossapito (engl. Total Productive Maintenance)

# 1 Johdanto

Suomalaisessa teollisuudessa yritysten kilpailu on kiristynyt. Kilpailun kiristymisen syitä ovat talouden heikko tilanne sekä maailmalla että Suomessa. Kilpailun kiristymisen seurauksena yritykset tehostavat toimintaansa. Toiminnan tehostamisen lähtökohtana on toiminnan mittaaminen muissakin suureissa kuin rahassa. Yrityksen toiminnan tehokkuutta voidaan rajallisesti mitata rahassa, jolloin toimintaa itsessään täytyy mitata. Toiminnan mittauksesta kehitetään yritykseen suorituskykymittarit, joiden näyttämän kasvaessa yrityksen tehokkuus on kehittynyt.

Suorituskykymittarit ovat nykyaikana lähes yhtä tärkeitä kuin yrityksen finanssimittarit. Finanssimittarit ovat kehittyneet yritysten omistajien ja sijoittajien tarpeesta tietää yrityksen kannattavuus sekä taloudellinen tila. Suorituskykymittarit tukevat finanssimittareita esittämällä mahdollisuudet tehostaa toimintaa, pienentää kustannuksia ja kasvattaa tuottoa. Suorituskykymittareiden avulla yrityksen on mahdollista asettaa realistisempia tulevaisuuden tavoitteita sekä investoida tehokkaampaan toimintaan.

Suorituskykymittarit tuovat esille tehokkuutta, käyttökykyä sekä tuottokkykyä. Tehokkuuden kasvaessa kustannukset pienenevät. Resurssien korkea käyttökyky on avain tehokkaampaan toimintaan. Tuottokyvyn ollessa käyttökyvyn kanssa samanaikaisesti korkealla, tuotantotoiminnassa syntyy vähäinen määrä hukkaa.

Tässä diplomityössä kehitetään suorituskykymittarit Rudus Betonituote Oy:n toimeksiannosta. Pää tavoitteena on kehittää suorituskykymittareiden ensimmäinen kehitysversio yritysjohton käyttöön. Suorituskykymittareita luotiin lisäksi tehdasjohtolle sekä työntekijöille. Käytännössä suorituskykymittarit kehitettiin perehtymällä yrityksen toimintaan, valmistamiin tuotteisiin, tietojärjestelmiin sekä keräämällä tarvittavaa aineistoa. Suorituskykymittarit ovat osa yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän kehitysprojektiä.

Rudus Betonituote Oy on yksi Suomen suurimmista betonituoteteollisuudessa toimivista yrityksistä. Rudus Betonituote Oy on osa Rudus-konsernia. Rudus-konsernin toiminta kattaa betonit, betonituotteet, kiviainekset, murskausurakoinnin ja kierrätyksen. Rudus-konsernin keskimääräinen henkilöstömäärä oli 1070 vuonna 2012. Saman vuoden

liikevaihto oli 338 miljoonaa euroa. Vuodesta 1999 Rudus-konserni on kuulunut irlantilaiseen CRH plc –konserniin. CRH:lla on toimintaa 35 maassa ja sen palveluksessa on 76 000 henkilöä. CRH plc -konsernin liikevaihto vuonna 2012 oli 18,7 miljardia euroa. CRH on listattu Dublinin, Lontoon ja New Yorkin (NYSE) pörsseissä.

Kehitystyössä käsitellään aluksi sekä suorituskyky- että finanssimittareita. Kehitystyön tavoitteen mukaisesti syvennyttään suorituskykymittareihin. Suorituskykymittarit esitellään sekä yleisesti että betonituoteteollisuuden näkökannalta. Kehitystyö käsittää myös kohdeyrityksen ja sen tuotannon esittelyn. Kehitystyössä syvennyttään yhden tehtaan tuotantoon ja tuotannon suorituskyvyn mittaamiseen. Suorituskyvyn mittaamisella kehitettiin suorituskykymittarit. Kehitystyö rajautuu yrityksen yhden tehtaan tuotantoon ja kyseisen tehtaan mittareiden kehittämiseen. Tehtaalle kehitetyistä mittareista tehtiin johtopäätöksiä yrityksen muille tehtaille kehitettäville mittareille.

## 2 Tuotannon mittarit

Tuotanto on ihmisten tarpeita tyydyttävien hyödykkeiden aikaansaamista käyttämällä hyväksi eri tuotannontekijöitä. Tuotanto voidaan jakaa kolmeen alakategoriaan; alkutuotantoon, jalostukseen sekä palvelutuotantoon. Alkutuotannossa luonnonvaroista tuotetaan raaka-aineita ja materiaaleja edelleen jalostettaviksi. Alkutuotantoa ovat muun muassa kaivostoiminta, kalastus, louhinta sekä maa- ja metsätalous. Jalostuksessa alkutuotannosta saatuja niin sanottuja puhtaita raaka-aineita tai materiaaleja muunnetaan hyödykkeiksi ja tuotteiksi. Palvelutuotannossa tuotetaan palveluja, joista esimerkkinä parturi-kampaamot ja siivousyritykset. Lähes kaikilla teollisuuden aloilla käytetään alkutuotannon tuottamia raaka-aineita ja materiaaleja, kuten betonituoteteollisuudessa kivimurskettä betonin raaka-aineena. Alkutuotannon tuotosten jalostaminen jakaantuu kahteen teollisuuteen: kevyeen ja raskaaseen teollisuuteen. Kevyessä teollisuudessa energian käyttö jalostuksessa on vähäistä, esimerkiksi polttopuiden valmistaminen. Raskaassa teollisuudessa kulutetaan paljon energiaa ja vaaditaan suuria tehtaita, jotta raaka-aineet ja materiaalit saadaan muunnettua hyödykkeiksi ja tuotteiksi. Useimmiten raskaassa teollisuudessa syntyy myös jättemateriaalia ja hukkalämpöä, jotka saattavat aiheuttaa ympäristöongelmia ja saasteita.

Tuotannon mittarit mittaavat ja esittävät yrityksen tuotannon tilaa lukuarvoin. Lukuarvoja kutsutaan mittareiksi, koska niiden pääpiirteittäinen esitystapa on graafinen. Ihmisen on helpompi ymmärtää graafista esitystä kuin lukuarvoja. Graafisen esitysmuodon avulla mittarin lukuarvojen kehittymisen seuranta on helpompaa. Usean mittarin graafista esitystä kutsutaan mittaristoksi (engl. dashboard). (Parmenter 2010, Eckerson 2010)

Mittareita varten yrityksen tuotannosta kerätään tuotos- ja panosdataa. Tuotosdata on useimmiten tuotantomäärä. Panosdatalla tarkoitetaan resursseja, joita on käytetty tuotannossa. Panosdata voi olla valmistukseen kulunut aika, työtunnit tai tuotannosta syntyneet kustannukset. Tuotannon mittarit jaetaan usein kahteen luokkaan, finanssi- ja suorituskykymittareihin. Finanssi- ja suorituskykymittareiden eroina ovat tuotos- ja panosdatan luonne sekä tulosten vertailukelpoisuus historiatietojen kanssa. Suorituskykymittareiden tuotos- ja panosdata ovat reaalisisissä yksiköissä, jotka eivät muuta arvoaan, kuten finanssimittareissa valuutan arvo muuttuu päivittäin. Valuutan arvon muutoksen

lisäksi tuotos- ja panosdatana käytettäviin rahamääriin sisältyy useita muuttujia. Muuttujien vaikutuksesta finanssimittarin esittämä lukuarvo ei ole geneerisesti vertailukelpoinen vaan sen arvoa on korjattava. Suorituskykymittarin tuotos- ja panosdata sisältävät muuttujia, joista lähes jokaisen voidaan olettaa olevan vakio. Vakio muuttujiin voidaan vaikuttaa esimerkiksi kouluttamalla henkilöstöä, kehittämällä tuotantoteknologiaa tai kasvattamalla tehtaan kapasiteettia. Edellä mainitun kaltaisten muuttujien muuttuessa suorituskykymittarin tuottama tulos useimmiten kasvaa ja kehitys voidaan nähdä graafisesti suorituskyvyn kasvutrendinä. (Ahmad, Dhafir 2002, Eckerson 2010, Haapasalo et al. 2013, Info-Entrepreneurs)

## **2.1 Finanssimittarit**

Finanssimittareissa tuotos- tai panosdata tai molemmat ovat finanssidataa. Yrityksen taloudellista tilaa mitataan useilla erilaisilla tunnusluvuilla, jotka ovat finanssimittareita. Finanssimittarit mittaavat ja tuottavat tietoa yrityksen taloudellisesta tilanteesta. Taloudellinen näkökanta on yritystoiminnassa tärkeässä asemassa, koska yrityksen tavoitteena on tuottaa omistajilleen sekä mahdollisille sijoittajille tuottoa yritykseen kiinnitettylle pääomalle. Liiketoiminta voi olla myös voittoa tavoittelematonta, jolloin yrityksen tuottamien hyödykkeiden myyntituotto kattaa yritystoiminnan kustannukset. (Malmi et al. 2006)

Yrityksen kannattavuuteen liittyvät tunnusluvut normitetaan tarvittaessa perinteiseen 12 kuukauden tilikauteen. Normituksen etuna on vertailtavuus eri yritysten sekä toimialojen kesken. Kannattavuuden mittarit jaetaan yleensä liikevaihtoon suhteutettuihin katemittareihin ja pääomaan suhteutettuihin tuottomittareihin. Liikevaihtoon suhteutettu katemittari on esimerkiksi myyntikate ja pääomaan suhteutettu tuottomittari oman pääoman tuotto (ROE, Return Of Equity). (Kauppalehti, 2011)

### **2.1.1 Myyntikate**

Myyntikate on tuotteen myyntitulojen ja muuttuvien kustannusten erotus. Useimmiten myyntikatetta tarkastellaan prosenttina, jolloin myyntikate jaetaan myyntituloilla. Myyntikatetta ei voida enää nykyisin laskea yritysten tilinpäätöksestä, koska kustannuksia ei julkisessa tuloslaskelmassa enään jaeta muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin. Myyntikate mittarin avulla yritys voi tarkastella eri tuoteryhmien kannattavuutta. Jos tuoteryhmän myyntikate on negatiivinen, täytyy yrityksen muuttaa tuotteiden hintaa

korkeammaksi, pienentää kustannuksia tai parantaa tuotteiden tuottavuutta. Hinnan korotus saattaa vähentää myyntituloja. Tuottavuuden parantaminen pienentää tuotteen kustannuksia, jolloin myyntikate kasvaa. (Kauppalehti, 2011)

### **2.1.2 Oman pääoman tuotto**

Oman pääoman tuotto on omistajille ja sijoittajille tärkeä yrityksen kannattavuutta ilmaiseva mittari. Mittari kertoo, kuinka paljon omalle pääomalle on kertynyt tuottoa tilikauden aikana. Oman pääoman riskisyyden vuoksi, sen tuoton tulisi nousta aina markkinoilta saatavan riskittömän sijoituksen tuottoa korkeammaksi. Riskittömänä tuottotasona pidetään yleisesti valtioiden joukkovelkakirjalainojen tuottotasoa. Riskialttiiseen yritystoimintaan sijoittaessa pääoman riskittömään tuottotasoon lisätään niin sanottu riskilisä, jolloin oman pääoman tuoton tulisi olla vähintään riskittömän sijoituksen tuottotason ja riskilisän summa. (Kauppalehti, 2011)

### **2.1.3 Finanssimittareiden sovellutukset**

Jim Collinsin ja hänen tutkimusryhmän tutkimuksessa ”*Hyvästä parhaaksi – Miksi jotkut yritykset menestyvät ja toiset eivät*” yrityksillä oli käytössä finanssimittari, jonka osoittajana käytettiin voittoa ja nimittäjänä toimialalle soveltuvaa termiä, esimerkiksi kappalemäärää. Tämän finanssimittarin lisäksi yrityksillä oli ollut käytössä useita muitakin tunnuslukuja. Tutkimusta tehdessään Collins tutkijoineen huomasi, että hyvistä parhaiksi kehittyneissä yrityksissä oli käytössä vain yksi finanssimittari. Tämä finanssimittari oli voitto ”x:ää kohden”. Hyvästä parhaiksi kehittyneissä yrityksissä tämä ”x” ei ollut perinteinen toimialalla käytössä oleva suure. Esimerkkinä päivittäistavarakauppa Walgreens, joka luopui perinteisestä myymäläkohtaisen voiton finanssimittarista ja aloitti käyttämään uutta asiakaskäyntikohtaista finanssimittaria. (Collins, Tillman 2001)

Perinteinen mittari ei olisi suosinut Walgreensin mukavuuskonseptia, koska myymäläkohtainen kannattavuus kasvaa vähentämällä myymälöiden lukumäärää ja siirtämällä myymälöitä edullisemmille alueille. Walgreensin mukavuuskonseptin peruslähtökohtana oli mahdollistaa tiheään asutuille alueille paljon kauppoja. Mukavuuskonseptin toteuttaminen onnistui käyttämällä finanssimittarina voittoa asiakaskäyntiä kohden. Mukavuuskonseptin avulla kauppoja oli tiheässä eli neljä yhden mailin säteellä ja samalla koko kauppaverkoston kannattavuus parantui. Asiakaskäyntikohtainen voitto kasvoi mukavuuskonseptia toteutettaessa. Collins ja hänen tutkijaryhmä toteaa myös, ettei fi-

nanssimittarin nimittäjää välttämättä keksitä hetkessä vaan sen kehittämiseen saattaa kulua useita vuosia. (Collins, Tillman 2001)

## **2.2 Suorituskykymittarit**

Suorituskykymittarit (engl. Key Performance Indicator, KPI) tuottavat tuotannon suorituskyvystä informaatiota tuotannon tuotos- ja panostunnuslukujen avulla. Tuotoksia ovat tuotannosta valmistuvat yksiköt esimerkiksi kilot ja metrit. Panosmääränä käytetään suorituskykymittareissa useimmiten työtunteja, mutta myös tuotokseen kytköksissä olevia yksiköitä voidaan käyttää. Tuotoksen ja panoksen suhdeluku näyttää yksinkertaisimmillaan tuottavuuden esimerkiksi työtuntia kohden. (Haapasalo et al. 2013)

Erinomainen suorituskykymittari toimii samalla tavalla kuin auton moottorin lämpötilamittari. Auton moottorin lämpötilamittari esittää reaaliaikaisesti informaatiota moottorin lämpötilasta ja tarvittaessa varoittaa ylikuumentumisesta. Reaaliaikaisen informaation ansiosta autonkuljettaja pystyy korjaamaan tilanteen ennen kuin syntyy esimerkiksi moottorivaurio. Erinomainen suorituskykymittari esittää reaaliaikaista informaatiota tuotannon tilasta, jotta mahdolliset korjaavat toimenpiteet voidaan suorittaa heti ongelman ilmentyessä. Täysin reaaliaikaisia suorituskykymittareita käytetään muun muassa prosessiteollisuudessa, jossa prosesseja seurataan erilaisten saanto-, reaktiotehokkuuden- ja putkistotehokkuudenmittareilla. Myös sähköntuottamisessa käytetään reaaliaikaisia suorituskykymittareita. (Beatham et al. 2004, Hastings 2010)

Suorituskykymittarit eroavat finanssimittareista siinä, ettei suorituskykymittareista saatava informaatio synny rahaliikenteestä. Jos suorituskykymittareihin sekoitetaan finanssidataa, ei aiemmat suorituskykymittarin arvot ole vertailukelpoisia tulevaisuuden arvojen kanssa. Vertailukelvottomuus johtuu valuutta-arvojen muutoksista sekä rahamääriin liittyvien muuttujien vaikutuksesta. Rahan arvon muuttuessa tai rahamäärän muuttujan muuttuessa finanssidata vääristyy ja aiheuttaa virhettä suorituskykymittarin suureen. (Mikusova, Janeckova 2010)

Ei-finanssi-suureisiin perustuvien suorituskykymittareiden informaatio on vertailukelpoista, vaikka tuotantoteknologia kehittyisi. Vertailukelpoisuus johtuu tuotos- ja panosdatan geneerisyydestä. Luotettavia ja vertailukelpoisia tuloksia tuottavat suuret, joiden arvoihin ei vaikuta yleinen markkinatilanne tai kolmannet osapuolet. (Fisher 1992)



Suorituskyvyn tulos (engl. Key Performance Outcome, KPO) on valmistuneen prosessin tai toiminnan suorituskyvystä informoiva suure. Koska suorituskyvyn tulos voidaan tuottaa vasta kun prosessi tai toiminta on valmistunut, ei prosessiin tai toimintaan voida vaikuttaa. Suorituskyvyn tuloksia voidaan kuitenkin käyttää esimerkiksi muuttamaan seuraavan prosessin tai toiminnan ominaisuuksia. Käytettäessä suorituskyvyn tuloksia päätöksentekovälineenä suorituskyvyn tulos on johtava mittasuure (engl. A leading measure) prosessi- tai toimintasarjan kokonaistulokseen. (Beatham et al. 2004)

### **2.2.1 Suorituskykymittareiden kehittäminen**

Suorituskykymittareiden kehittäminen alkaa yhtiön tarpeesta saada informaatiota yrityksen suorituskyvystä. Informaation avulla yritysjohto pystyy hallitsemaan yrityksen toimintaa, josta onkin syntynyt yleisessä tiedossa oleva retorinen kysymys ”Kuinka hallitset toimintaa, jos et mittaa sitä?”. Kehittämistyön alkaessa johdon sitoutuminen kehitysprojektiin on tärkeää, koska ensisijaisesti mittareista muodostuu heidän työkalu. Yritysjohdolle kehitettävien mittarien tulisi käsitellä suuria kokonaisuuksia, esimerkiksi yhden tuoteryhmän tai tehtaan suorituskyvykkyyttä. (Eckerson 2010)

Useimmiten samoja tuotteita valmistavien tehtaiden tai kilpailijoiden suorituskykyä vertaillaan (engl. benchmark). Vertailutulosten avulla yritysjohto pystyy asettamaan tavoitteita ja kehittämään suorituskykyään. Suorituskyvyn kehittämistä varten on olemassa niin kutsuttu Paras Käytäntö –toimintamalli (engl. Best Practice), jossa parempia käytäntöjä siirretään tehtaalta toiselle. Toimintamallin avulla yrityksen toiminta tasapainottuu eri toimipisteissä ja samalla heikomman suorituskyvyn omaavien tehtaiden suorituskyky parantuu. (Eckerson 2010)

Suorituskykymittareita kehitettäessä täytyy kehittäjän keskittyä yrityksen ydinosaamiseen ja ydinosaamisen mittaamiseen. Ydinosaaminen on yrityksen toiminnan perusta, esimerkiksi betonituoteteollisuudessa betonituotteiden valmistaminen on betonituoteteollisuuden yritysten ydinosaamista. Betonituoteteollisuudessa on ydinosaamista tukevia toiminta-alueita, joiden mittaamisesta on hyötyä kehitettäessä tukitoimintoja. Yrityksen suorituskykyä, esimerkiksi tuottavuutta, mitattaessa tukitoimintojen mittaustuloksista ei ole hyötyä. Esimerkkinä työtapaturmataajuus, joka mittaa sattuneita työtapaturmia miljoonaa työtuntia kohden, ei mittaa yrityksen tuottavuutta. Työtapaturmataajuudesta ei

myöskään voida tehdä johtopäätöksiä työn tuottavuuden suhteen, koska työtapaturma-  
taajuuden mittari on tarkoitettu työturvallisuuden kehittämistä varten, eikä yrityksen  
suorituskyvyn kehittämistä varten. (Parmenter 2010)

Mittareista voidaan soveltaa työntekijöille sopiva mittaristo, jolla työntekijät voivat  
nähdä oman onnistumisensa Työntekijöille soveltuva mittari on kapea-alaisempi kuin  
yritysjohdon mittari. Tuotantotiloissa saatetaan valmistaa useita eri tuotteita, jolloin  
yritysjohdosta kiinnostaa koko tehtaan suorituskyky. Työntekijöille suunnatun mittarin  
tulisi esittää yksityiskohtaisempaa informaatiota, kuten yhden tuotteen valmistusproses-  
sien tehokkuutta. (Mikusova, Janeckova 2010)

Eckerson (2010) on kehittänyt useita yrityksille sopivia suorituskykymittaristoja, joissa  
on käytetty hyödyksi Seuraa, Analysoi ja Syvenny yksityiskohtiin -runkoa (SAS, engl.  
MAD, Monitor, Analyze and Drill to Detail). SAS-rungon etuna on yritysjohdon mah-  
dollisuus seurata tuotannon tehokkuutta eri tasoilta. Yrityksen linjaorganisaation eri  
tasoilla työskenteleville erilaiset mittarit ovat tärkeitä. Yritysjohdon mittaristot voivat  
olla hyödyllisiä myös organisaation alemmille toimijoille, mutta useimmiten yritysjoh-  
don mittaristot on kehitetty alhaalta ylöspäin. Tällöin organisaation eri asteilla toimiville  
henkilöille on olemassa tarvetta vastaava mittari, joiden tietoja yhdisteltäessä voidaan  
tuottaa yhä laajempia mittareita. (Eckerson 2010)

Suorituskykymittaria varten tarvittavaa dataa kerätään usein automaattisesti ja siten,  
ettei kerättyä dataa voi ulkopuolinen muuttaa. Datan keräämisen tulisi tällöin olla auto-  
maattista ja mahdolliset korjauskertoimet tulisi olla lukittuja muutoksilta. Automaatti-  
nen datan keräys on helpompi toteuttaa nykyaikaisiin automatisoituihin tuotantolaittei-  
siin kuin käsikäyttöisiin. Käsikäyttöisissä tuotantolaitteissa saatetaan saada esimerkiksi  
koneen käyntiaika mitattua, mutta ongelmana on koneen tuottavan ajan mittaaminen.  
Tuottavan ajan mittaaminen on toteutettu automaattisissa tuotantolaitteissa mittaamalla  
ohjelmoidun koodin kestoajaa, jolloin mittauksesta jää pois tuotantolaitteen seisah-  
dushetket. (Mikusova, Janeckova 2010)

Käsikäyttöisissä tuotantolaitteissa tuottavan ajan mittaus toteutuu manuaalisella kello-  
laitteella, jonka työntekijä laittaa päälle aloittaessaan työvaiheen ja pysäyttää ajanoton  
lopetettuaan työvaiheen. Kellolaitteen ei tarvitse nimensä mukaisesti olla kello, vaan

esimerkiksi viivakoodinlukija, jolla työntekijä lukee aloitus- ja lopetusviivakoodit. Käsin tehtävissä töissä työvaiheisiin käytettyä aikaa voidaan mitata samanlaisella kellolaitteella, esimerkiksi betonituoteteollisuuden raudoite- ja muottitöissä tai logistiikan toimialalla käsin tehtävässä lajittelutyössä. (Mikusova, Janeckova 2010)

### **2.2.2 Suorituskykymittareiden tavoitteiden asettaminen**

Tavoitteet tulisi asettaa täsmällisiksi, mitattaviksi, saavutettavissa oleviksi, realistisiksi sekä aikaan sidotuiksi (Engl. SMART, specific, measurable, achievable, realistic and time-bound) (Info-Entrepreneurs). Tavoitteiden tulee olla yhtäläillä täsmällisiä ja mitattavia kuten suorituskykymittari. Tavoitteiden tulee myös olla saavutettavissa olevia, jolloin työntekijät voivat innostua täyttämään tavoitteet. Liian korkealle asetetut tavoitteet aiheuttavat turhautumista ja tehottomuutta toimintaan. Jotta tavoitteet voisivat olla saavutettavissa, kannattaa yrityksen tarkastella suorituskyvyn historiatietoja. Historiatietojen avulla tavoitteiden asettaminen saavutettavissa oleviksi on selkeästi helpompaa. (Info-Entrepreneurs)

Realistisuudella tarkoitetaan reiluutta ihmisiä kohtaan, joiden tulisi pyrkiä tavoitteeseen. Vaadittaessa suorituskyvyn parantamista henkilöstöltä, yrityksen tulee muistaa mihin suorituskyvyn osa-alueisiin henkilöstö voi vaikuttaa. Jos yrityksen tuotantolaitteet ovat vanhoja ja käytössä täydellä kapasiteetilla päivästä toiseen, ei työntekijöiltä voida vaatia suorituskyvyn kasvattamista. Suorituskyky ei nimittäin voi kasvaa, jos henkilöstö ei pysty vaikuttamaan suorituskykyyn. Aikaan sidotut tavoitteet saavat ihmiset toimimaan nopeasti, koska heillä on tiedossa selkeä aikaraja. Selkeän aikarajan myötä ihmiset eivät siirrä tavoitteeseen pääsemistä toissijaiseksi asiaksi, vaan pyrkivät täyttämään tavoitteen aikarajaan mennessä. (Info-Entrepreneurs)

Vastuun ja vapauden siirtäminen kurinalaiseksi yrityskulttuuriksi oli onnistunut Collin sin tutkimuksessa yrityksissä, jotka olivat kehittyneet hyvistä parhaiksi. Kurinalaisessa yrityskulttuurissa ihmisillä on vapaus tehdä työtään, mutta vastuu työnsä onnistumisesta. Työntekijöille kurinalaisuuden ilmapiiri luodaan osoittamalla heille heidän vastuunsa yrityksen toimintaan ja antamalla vapauden suorittaa työ heidän haluamallaan tavalla. Tällöin tekemättömiä tai virheellisesti tehtyjä työsuorituksia ei pysty piilottelemaan. (Collins, Tillman 2001)

Suorituskykymittarin tuloksissa saattaa olla suuri vaihteluväli eli varianssi, jolloin yritysjohton tavoite on ensisijaisesti varianssin vähentäminen. Varianssin vähentämisen on huomattu kasvattavan tuotannon tuottavuutta ja tehokkuutta. (Crawford 2012, Wang et al. 2012)

### **2.2.3 Suorituskykymittarit tuotannonohjauksessa**

Yrityksissä on käytössä erilaisia tuotannonohjausjärjestelmiä (engl. Manufacturing Execution System, MES), joita käytetään tuotannonohjaukseen. Tuotannonohjausjärjestelmän avulla voidaan ohjata automatisoitua tuotantoa, mutta on myös mahdollista ohjata käsityöpainotteista tuotantoa. Automatisoidussa tuotannossa tuotannonohjausjärjestelmän tuottamat aikataulut ja valmistumissuunnitelmat siirretään tietokoneen avulla tuotantolaitteille. Käsityöpainotteisessa tuotannossa tuotannonohjausjärjestelmän tuottamaa tietoa siirretään työntekijöille joko digitaalisena versiona tietokoneiden välityksellä tai paperisena tietona. (Eckerson 2010, Vavra 2007)

Tuotannonohjausjärjestelmän keräämiä tietoja voidaan halutessa käyttää suorituskykymittareiden luomiseen. Tuotannonohjausjärjestelmästä saatavat tiedot ovat useimmiten tärkeitä tuotannon kannalta. Tuotettaessa suorituskykymittareita tuotannonohjausjärjestelmästä, toimivat ne suorituskykymittareiden pohjana. Tällainen pohjamittaristo on esimerkiksi Eckersonin (2010) SAS-rungon Syvenny yksityiskohtiin –kohdan mukainen. Tällöin tarvittaessa yrityksessä suorituskykyä analysoivat henkilöt voivat syventyä syihin, jotka ovat johtaneet suorituskyvyn muutoksiin. (Eckerson 2010, Vavra 2007)

Tuotannonohjausjärjestelmä on useimmiten erillinen järjestelmä, joka voidaan sisällyttää toiminnanohjausjärjestelmään (engl. Enterprise Resource Planning, ERP). Toiminnanohjausjärjestelmä on yrityksen modulaarinen tietojärjestelmä, joka integroi yrityksen toimintoja yhdeksi hallittavaksi kokonaisuudeksi. Toiminnanohjausjärjestelmän eri toimintojen moduulit on integroitu siten, että ne voivat saumattomasti vaihtaa tietoja keskenään ja hyödyntää toisten moduulien ominaisuuksia. Toiminnanohjausjärjestelmän mahdollisia moduuleita on esitelty kuvassa Kuva 1. ERP-järjestelmän mahdollisia moduuleita. (Vavra 2007, Kaseva 2011)



Kuva 1. ERP-järjestelmän mahdollisia moduuleita (käännös (Kidal, 2013))

#### 2.2.4 Suorituskykyymittarit päätöksenteossa

Suorituskykyymittareiden käyttämiseksi päätöksenteossa on niiden tuloksia raportoitava riittävän usein. Suorituskykyymittarin luonteesta riippuen raportointi aikavälit vaihtelevat jatkuvasta neljännesvuosittaiseen raportointiin. Tärkeimpien suorituskykyymittarien raportoinnin tulisi olla ympärivuorokautista tai enintään päivittäistä. Ympärivuorokautinen raportointi soveltuu suorituskykyymittareille, jotka toimivat kuten auton moottorin lämpömittari. Tällöin suorituskykyymittaria seuraava henkilö voi toimia heti, kun mittari varoittaa ongelmista. (Parmenter 2010)

Päivittäin raportoitu suorituskykyymittari antaa yritysjohdolle selkeän havainnon tuotannon onnistumisesta tai mahdollisista ongelmista tuotannossa. Kokoaikaisella tai päivit-

täisellä raportoinnilla yritysjohto on tietoinen päivittäin yrityksen toiminnan onnistumisesta. Yritysjohdon ollessa tietoisia yrityksen toiminnasta, johdon toiminta tehostuu. Tehostuminen esiintyy yritysjohdon kokouksissa, joissa ei välttämättä tarvitse käsitellä edellisen kuukauden tulokseen johtaneita syitä ja kehitystoimia, koska syyt on jo käsitelty ja ehkäisytoimet on jo käynnistetty. Tällöin yritysjohto voi keskittyä kokouksiinsa väistelemään mahdollisesti eteen tulevia ongelmia. (Parmenter 2010)

Suorituskykymittarien informaation esittämisen ulkoasu on tärkeässä roolissa päätöksenteossa. Päätöksiä tehdään raporttien perusteella, jolloin suorituskykymittareiden tuloksia raportoidessa tulee visuaalisen ulkoasun olla luettavissa ja mahdollisesti myös tarkasteltavissa riittävän tarkasti. Esimerkkinä Parmenter esittelee Stephen Fewn, joka on kehittänyt raportoinnissa käytettäviä ulkoasuja. Raportin sekä suorituskykymittareiden näyttämän täytyy olla helposti luettavissa ja ymmärrettävissä. Helppolukuisuus sekä ymmärrettävyys tehostavat päätöksentekoa, koska yritysjohto ei tarvitse hukata aikaa ulkoasun tulkitsemiseen. (Parmenter 2010)

### **2.3 Suorituskykymittareiden sovellutukset**

Tuotosten ja panosten kautta tuotettavat suorituskykymittarit perustuvat usein tuotoksen vertaamiseen panosmäärään. Tuotos voi olla mitattuna useissa eri yksiköissä. Yleensä yksiköt kuvaavat kappaleen ominaisuutta, esimerkiksi kiloja, neliömetrejä tai kuutiometrejä. Panosyksikkönä käytetään useimmiten aikaa, jolloin suorituskykymittarit suorittavat tehonmittausta.

Suorituskykymittareiden sovellutuksissa ei aina käytetä tuotostietona kappaleen ominaisuuteen viittaavaa yksikköä vaan tuotoksena voidaan käyttää myös aikaa. Tätä tuotostietoa voidaan verrata panosaikaan, jolloin saatava vertailuluku tuottaa suhdeluvun panoksen ja tuotoksen välille, kuten esimerkiksi tehokkaan työajan käytön. Työajan käytön tehokkuudessa tuotosdata on toteutunut työaika ja panosdata käytettävissä oleva työaika. Toteutunut työaika on käytettävissä olevan työajan ja tehottoman työajan vähennyslasku. Tehottomalla työajalla mitataan hukkatuotantoa. Hukkatuotanto voidaan jakaa useisiin eri kategorioihin, kuten kysynnän aiheuttama hukka, tuotannon aikatauluttamisesta aiheutuva hukka, heikosta käyttövarmuudesta aiheutuva hukka, heikon toimintatehokkuuden aiheuttama hukka sekä tuotettujen tuotteiden laadun aiheuttama hukka. (Muchiri, Pintelon 2008)

Kysynnässä tapahtuvat muutokset aiheuttavat hukkatuotantoa. Hukkatuotanto esiintyy tehtaiden tuotannon käynnistysvaiheessa, alasajoissa, alhaisemmissa tuotantomäärissä tai ylituotannossa. Jos tuotteen kysyntä laskee, joudutaan tuotantolaitoksilla päättämään mahdollisesta alasajosta tai alhaisemmasta tuotantomäärästä. Alhaisemmalla tuotantomäärällä sekä tuotannon alasajolla varastot eivät täyty, mutta alentavat tuotannon tehokkuutta. Ylituotannolla tuotannon tehokkuus ja tuottavuus eivät kärsi, mutta ylituotannolla tuotetut tuotteet paisuttavat varastoja ja aiheuttavat näin ollen tehottomuutta liiketoimintaan. Tuotantomäärän säätäminen saattaa vaikuttaa myös tuotteen laatuun ja aiheuttaa näin suuremman tehokkuushukan. (Muchiri, Pintelon 2008)

Tuotannon aikatauluttamisesta aiheutuva hukka syntyy, kun tuotetaan yhdellä tuotantolaitteella peräkkäin erilaisia tuotteita. Erilaisia tuotteita peräkkäin tuotettaessa tuotantoahti hidastuu, koska asetusten määrä lisääntyy. Asetukset saattavat aiheuttaa pysähdysten tuotantotahdissa, jos työkaluja ja tuotantolaitetta joudutaan vaihtamaan tai asettamaan. Jos asetusmuutoksia joudutaan useasti suorittamaan, tuotetaan usein myös vaatimuksia täyttämättömiä tuotteita. Nämä epälaadukkaat tuotteet lasketaan asetusmuutosten aiheuttamaksi hukaksi. (Muchiri, Pintelon 2008)

Heikon käyttövarmuuden hukka voidaan jakaa kahteen alakategoriaan; sisäisten syiden hukkaan ja ulkoisten syiden hukkaan. Alakategorioihin jakamisella voidaan tunnistaa hukan alkuperä. Yritys on vastuussa heikon käyttövarmuuden sisäisiin syihin, kun taas ulkoiset syyt heikkoon käyttövarmuuteen ovat kolmannen osapuolen vastuulla. Useimmiten yritys ei itse pysty vaikuttamaan ulkoisiin käyttövarmuutta heikentäviin syihin. Heikon käyttövarmuuden sisäiset syyt aiheuttavat hukkaa tuotantotahdin hidastumisella tai pysähdyksillä seuraavista syistä:

- tuotantolaitteiden häiriöt
- käyttökelpoisuuden puute
- työvoiman vaihtuvuus
- organisaatio ongelmat
- turvallisuus-, terveys ja ympäristöongelmat
- pakolliset suunnittelut seisokit
- toimintavirheet
- investoinnin aiheuttama suunniteltu seisokki. (Muchiri, Pintelon 2008)

Heikon käyttövarmuuden ulkoisiin syihin yritys ei pysty vaikuttamaan. Ulkoiset syyt vaikuttavat tuotteen toimitukseen sekä valmistukseen. Ulkoisia syitä käyttövarmuuden aiheuttamaan hukkaan ovat kolmannen osapuolen toimitusvirheet, energian puute, logistiset toimitusvaikeudet sekä poikkeukselliset sääolosuhteet. (Muchiri, Pintelon 2008)

Kolmannen osapuolen toimitusvirheet aiheuttavat muun muassa valmistusmateriaalin puutetta. Toimitusvirheeksi määritellään virheellinen toimitusmäärä, vääränlainen materiaali tai osa sekä mahdollinen toimituksen katoaminen. Toimitusmäärän virhe vaikuttaa tuotantoon materiaalin ennenaikaisena loppumisena tai materiaalivarastojen täyttymisenä. Väärän materiaalin tai osan toimitusvirheessä tuotantoa ei voida jatkaa, ennen kuin oikeanlainen materiaali tai osa on tuotantolaitoksella. Toimituksen katoaminen aiheuttaa suuren ongelman tuotantolaitoksen toimintaan. Vakavimmillaan tuotanto joudutaan ajamaan alas, kunnes toimitus löytyy tai kadonneen toimituksen tilalle löytyy vaihtoehtoinen toimitus. (Muchiri, Pintelon 2008)

Energialla tarkoitetaan muun muassa sähköä ja kaasua, joista varsinkin sähkö on elintärkeää tuotantolaitoksille. Akkukäyttöisten työkalujen kehityksestä huolimatta useat tuotantolaitteet vaativat suurjännitevirtaa, jota tuotetaan valtakunnallisessa sähköverkossa. Tietotekniikan aikakautena tuotantolaitokset lamaantuvat, kun toiminnanohjausjärjestelmät eivät toimi sähkönjakelukatkoksen aikana. (Muchiri, Pintelon 2008)

Logistiset toimitusvaikeudet, esimerkiksi kuljetusliikkeiden lakot tai rautatieverkoston ongelmat, aiheuttavat valmistukseen käytettävän materiaalin puutosta. Logistisiin toimitusvaikeuksiin vaikuttaa myös poikkeukselliset sääolosuhteet. Poikkeuksellisten sääolosuhteiden aikana lentoliikenne sekä merikuljetukset seisahtuvat. Tuotantolaitoksen lähiympäristö saatetaan myös joutua evakuoimaan, esimerkiksi hurrikaanin tai tornadon takia. (Muchiri, Pintelon 2008)

Heikon toimintatehokkuuden hukka johtuu prosessien ongelmista, tuotantolaitteiden ikääntymisestä johtuvan tehokkuuden alenemisesta tai alasajo- tai käynnistysvaikeuksista johtuvasta hukasta. Prosessissa olevat ongelmat ovat esimerkiksi betonisekoittimen massan sekoitusongelmat tai valuprosessissa ylimääräisen ilman poistamisen ongelmat. Tuotantolaitteiden ikääntyessä niiden tehokkuus laskee. Tehokkuuden laskua voidaan pehmentää säännöllisillä huolloilla tai modernisoimalla vanhoja tuotantolaitteita. Sään-



nöllisellä huollolla tuotantolaitteiden alkuperäinen tehokkuus voidaan säilyttää, mutta tekniikan kehittyessä vanhojen laitteiden tuottavuus ja tehokkuus eivät vastaa uusien ominaisuuksia. (Muchiri, Pintelon 2008)

Uusiin laitteisiin investoiminen on kallista, jolloin vanhoja tuotantolaitteita kannattaa modernisoida. Vanhojen tuotantolaitteiden modernisoinnin on huomattu olevan erittäin kustannustehokasta, esimerkiksi vanhan tuotantolaitteen modernisointikustannus on noin 30 % uuden tuotantolaitteen kustannuksesta. Modernisoimalla tuotantolaitte voidaan saavuttaa jopa 100 %:n tuottavuuden nousu vanhalla tuotantolaitteella (Nucos Oy, Muchiri, Pintelon 2008).

Tuotantolaitteisiin tai tehtaan layoutiin investoimalla yritys voi vaikuttaa tuottavuuteen. Layout investoinneilla yritys pyrkii järkevämpään materiaalivirtaukseen, jolloin tuottavuus nousee. Yrityksissä layoutia muutetaan useimmiten LEAN-tuotantofilosofian mukaiseksi. LEAN-tuotannossa hukkan määrää minimoidaan, jolloin esimerkiksi materiaali, työntekijät ja tuotantolaitteet eivät tee ylimääräisiä ja turhia liikkeitä. Tuotantofilosofiassa rajoitetaan myös varastojen kokoa. Investointien toteuttamisessa yrityksen osakkaat ja omistajat joutuvat miettimään investointiin liittyvien mahdollisuuksien lisäksi riskejä. Erittäin kannattavat investoinnit vähentävät kustannuksia ja lisäävät tuottavuutta nopeasti, mutta useimmiten investointien tuottama hyödyt näkyvät vasta vuosien päästä. (Times 2013)

### 2.3.1 Tuottavuuden mittaaminen

Tuottavuus on tuotteen tai palvelun tuotoksen ja panoksen suhde. Tuottavuutta mitattaessa täytyy tuotos ja panos valita tuotteen tai palvelun ominaisuuksien mukaan. Tuottavuutta voidaan mitata sekä fyysisin että taloudellisin mittarein. Tuottavuuden laskenta-kaava esitetään kaavassa 1. (Peltonen 1984)

$$\text{Tuottavuus} = \frac{\text{Tuotos}}{\text{Panos}} \quad (1)$$

Tuotteiden tapauksessa tuotostietona voidaan käyttää tuotteiden kappalemääriä tai tuotteen fyysistä ominaisuutta, esimerkiksi pituutta, massaa, pinta-alaa tai tilavuutta. Palvelujen tapauksessa tuotostietona voidaan käyttää tuotettujen palveluiden kappalemäärää,

esimerkiksi parturi-kampaamoissa hiusten värjäysten kappalemäärää. (Haapasalo et al. 2013)

Tuotteiden ja palvelujen panostietoina käytetään useimmiten samoja tietoja, esimerkiksi tuotteen tai palvelun tuottamiseen käytettyä aikaa tai työntekijämäärää. Useimmiten tuottavuus voidaan määritellä tehoksi, eli kuinka paljon tuotosta syntyy per aikayksikkö. Aikayksikön tilalla voidaan myös käyttää henkilöä tai esimerkiksi käytettyjä materiaaleja. Joissakin palveluissa, esimerkiksi asiakaspalvelun tuottavuuden mittauksessa, palvelun tuottamiseen ei kuluteta materiaalia. (Kangasniemi 2012)

Palvelujen tuotospääntien kehittäminen on hankalampaa kuin tuotteiden, koska palveluiden tuotospääntien vaikuttaa monia muuttujia, esimerkiksi parturi-kampaamoissa muoti sekä paikkakunnan asukasluku ja kaupan alalla kuluttajan ostomieltymykset sekä kuluttajan ansiotaso. Palveluita ei voida tuottaa varastoon, jonka takia niiden tuotospääntien on suuria rajoitteita. Tuotteiden tuotospääntien voidaan kasvattaa muun muassa lisäämällä tuotteen valmistuskapasiteettia tai suunnittelemalla tuotteen valmistusprosessi uudelleen. Tuotteita voidaan valmistaa varastoon, jonka myötä tuotospääntien kasvattamiselle ei ole olemassa samanlaista rajoitetta kuin palveluilla. Tuotteiden valmistamisessa varastoon on rajoitteita olemassa, esimerkiksi rajallinen varastointitila tai tuotteen vanheminen. (Kangasniemi 2012)

### **2.3.2 Laadun mittaaminen**

Laadulle ei ole olemassa yhtä universaalista määritelmää, koska laatu voidaan määritellä usealta eri näkökannalta. Tuotannon näkökannalta laatu määritellään vaatimusten mukaiseksi tuotokseksi. Jos tuotos ei vastaa sille asetettuja vaatimuksia voidaan sitä tuotoksen virheen luonteesta riippuen korjata vastaamaan asetettuja vaatimuksia tai hylätä tuotos. Laatuvaatimuksilla voidaan vaikuttaa tuottavuuteen. (Wicks, Roethlein 2009)

Laadun mittauksen yksinkertaisin periaate on verrata ensimmäisellä kerralla onnistuneiden tuotteiden lukumäärää tuotteen kokonaistuotantomäärään. Laatumittarin kaava on esitetty kaavassa 2. Tällöin korjattavat ja hylkykappaleet on kirjattava ylös, jotta laatua voidaan mitata. Tuottavuuden ja laadun välillä ajatellaan olevan kompromissinen suhde, jolloin tuottavuus ja laatu eivät voi olla samanaikaisesti korkealla. Kompromissiajatte-

lumaailman myötä yritykset saattavat kehittää tuottavuutta laadun kustannuksella. Tällöin laatua huononnetaan, jotta tuottavuus kasvaisi. (Desai, Erubothu 2010)

$$\text{Laatu} = \frac{\text{Ensimmäisellä kerralla oikein tehtyjen kappalemäärä}}{\text{Kokonaiskappalemäärä}} \quad (2)$$

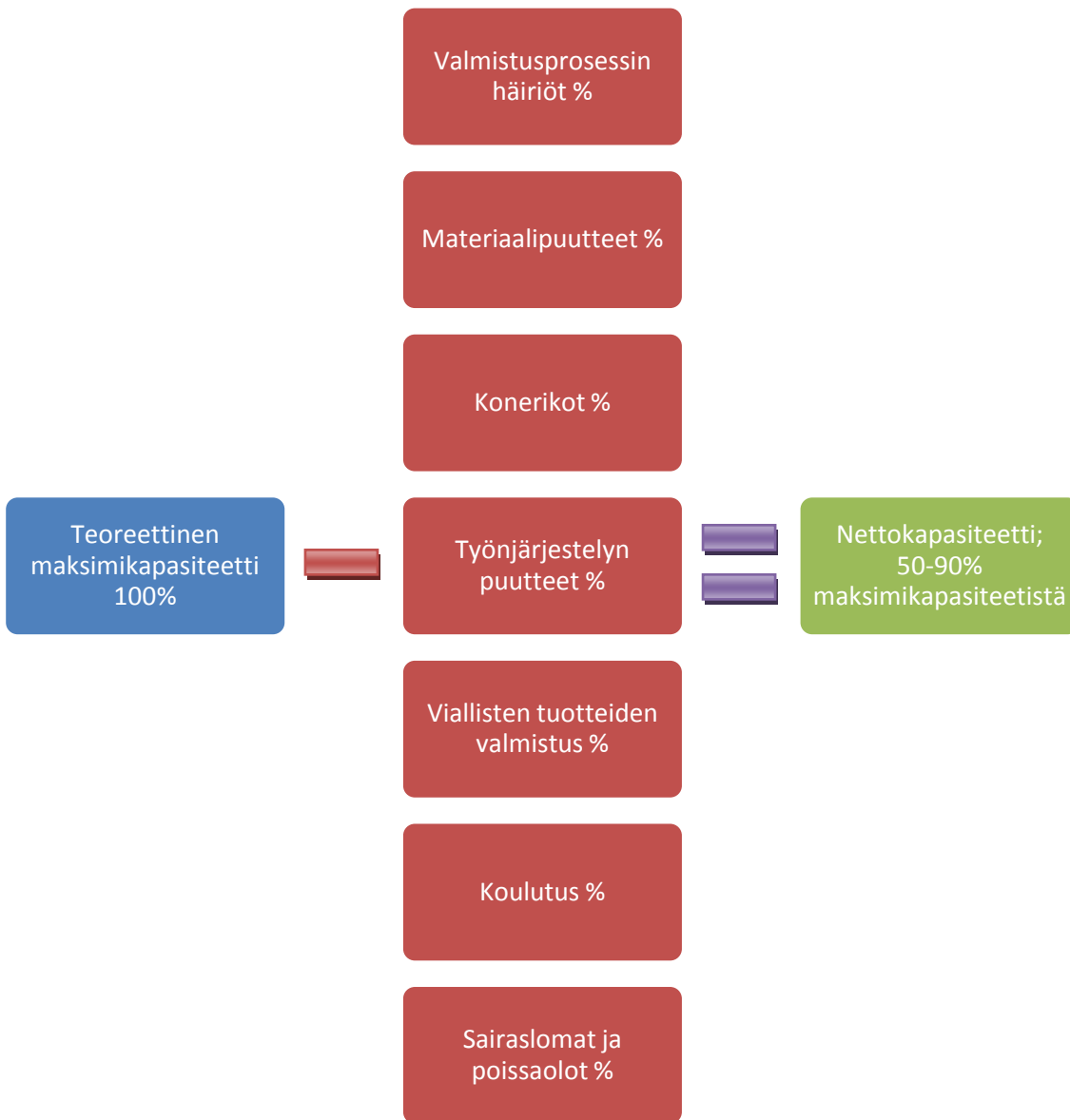
Laaja-alainen laatujohtaminen (engl. Total Quality Management, TQM) keskittyy yrityksen tuotoksen laadun parantamiseen. Yritykset, jotka ovat siirtyneet TQM:ään, ovat huomanneet yrityksen tuottavuudessa huomattavan nousun. TQM toimintamallilla yrityksen henkilöstölle asetetaan muun muassa tuotteiden laatu tärkeäksi ja keskitytään Six Sigma toimintamalliin. Six Sigma toimintamallissa yrityksen toiminnalla sitoudutaan ”nolla virhettä” -tavoitteeseen. Kun tuotetaan laadullisesti erinomaisia tuotteita, yrityksen toiminnassa ei synny huonon laadun myötä hukkaa. Hukan poistuessa toiminta tehostuu, jolloin tuottavuus kasvaa. (Desai, Erubothu 2010)

Teknologian kehittämisessä tavoitteena on tuottaa laatuvaatimusten mukaisia tuotteita aiempaa tehokkaammin, mikä johtaa tuottavuuden ja laadun kasvuun. Myös tuotannonohjauksjärjestelmän (engl. Manufacturing Execution System, MES) tehokkaalla käytöllä voidaan vaikuttaa tuotannon tehokkuuden kasvuun sekä parantaa laatua. (Vavra 2007)

### 2.3.3 Kapasiteetin mittaaminen

Kapasiteetti kuvaa tuotannon enimmäissuorituskykyä aikayksikössä. Kapasiteetti voidaan ilmaista tuoteyksiköissä tai tuotantoresurssien käyttöaikana. Tuotteiden kapasiteetti vaatimusten poiketessa vain vähän toisistaan, kapasiteetti ilmoitetaan tuoteyksiköissä. Tuoteyksiköiden vaatiessa eri määrän kapasiteettia, kapasiteetti määritellään tuotantoresurssien käyttöaikana. Betonielementtiteollisuudessa kapasiteetti voidaan ilmoittaa esimerkiksi neliömetreinä/päivä, metreinä/päivä tai tonneina/päivä. Teollisuuden koonpanotöissä kapasiteetti ilmaistaan esimerkiksi tunteina/viikko. (Haverila et al. 2009)

Teorettinen maksimikapasiteetti on usein huomattavasti suurempi, kuin todellinen käytettävissä oleva kapasiteetti eli nettokapasiteetti. Nettokapasiteetti muodostetaan kuvan Kuva 2 mukaan. (Haverila et al. 2009)



Kuva 2. Nettokapasiteetin muodostuminen (mukaillen Haverila et al. 2009).

### 2.3.4 Tuotantoresurssien kokonaistehokkuuden mittaaminen

Tuotantoresurssien kokonaistehokkuus (engl. Overall Equipment Efficiency, OEE) ilmaisee kuinka luotettavia resurssit ovat sekä resurssien suorituskyvyn. Tuotantoresurssien kokonaistehokkuuden mittari kehittyi Nakajiman (1988) käynnistämän tuottavan kunnossapidon (engl. Total Productive Maintenance, TPM) konseptin ohessa. Tuottavan kunnossapidon konseptilla tavoitellaan nollatoleranssia konerikoissa sekä virheissä. Nolлатoleranssin saavuttamiseksi täytyy yrityksen parantaa tuotantomäärää, laskea kustannuksia, pienentää varastoja ja samanaikaisesti lisätä työntekijöiden tuottavuutta.

Tuottava kunnossapito konsepti keskittyy tuotantoresursseihin, koska niillä on suuri merkitys tuotteiden laatuun, tuottavuuteen, kustannuksiin, työturvallisuuteen ja tuotantomäärään. Resurssien suuri vaikutus korostuu varsinkin korkeasti automatisoiduissa tuotantoprosesseissa. (Muchiri, Pintelon 2008)

Kokonaistehokkuuden mittaamisessa käytetään tekijöinä nopeutta, laatua sekä tehtaan käytettävyyttä. Kokonaistehokkuuden mittarin esittämä paras valmistuksen suorituskyky saavutetaan, kun tehdas toimii täydellä kapasiteetilla, hylkytuotteita ei synny ja tehdas ei ole suljettuna. Tuotannon kokonaistehokkuus on esitetty kaavassa 3. (Ahmad, Dhafir 2002)

Tuotantoresurssien kokonaistehokkuus = käytettävyys \* nopeus \* laatu (3)

Sarjatuotantotehtaalle tuotannon kokonaistehokkuudelle on ehdotettu 85% tehokkuusarvoa ja jatkuvan tuotannon tehtaalle 95% tehokkuusarvoa. Sarjatuotantotehtaan tehokkuusarvo täyttyy, kun

käytettävyys  $\geq 95\%$ , nopeus  $\geq 95\%$ , laatu  $\geq 95\%$

ja jatkuvan tuotannon tehokkuus ylittää raja-arvon, kun

käytettävyys  $\geq 99\%$ , nopeus  $\geq 95\%$ , laatu  $> 99\%$ .

Ennen kokonaistehokkuuden kehittämistä ei ole epätavallista, että tehtaan tuotannon kokonaistehokkuus on alle 50%. Kehittämistoimenpiteiden aikana yrityksen tulisi huomioida, kuinka korkean tuotannon kokonaistehokkuuden arvon voi saavuttaa, miten tuotantoteknologia vaikuttaa kokonaistehokkuuden arvoon sekä määrittää kokonaistehokkuudelle pitkäaikainen tavoitetaso. (Ahmad, Dhafir 2002)

Tuotannon kokonaistehokkuuteen vaikuttavien kriittisten tuotantoresurssien tulevaisuuden kokonaistehokkuuden tavoitearvoksi on ehdotettu 99%. Tuotannon kokonaistehokkuuden kaavasta 3 muutetaan käytettävyys tuotantoresurssin käyttövarmuudeksi. Tällaisella muutoksella kaavaan mitataan vain ja ainoastaan kyseessä olevan tuotantoresurssin

laatua, nopeutta ja käyttövarmuutta. Kriittisten tuotantoresurssien kokonaistehokkuuden tavoitearvoon pääsee, jos

tuotantoresurssin käyttövarmuus > 99.5%, nopeus > 99.5%, laatu > 99.9%.

Tavoitearvoon pääsemiseksi on olemassa useita erilaisia toimenpiteitä, joista esimerkkinä Six Sigma, täysin automaattinen tuotantoresurssin käynnistys, sammutus ja häiriösuojaus, älykäs mittaaminen, tarkat ja dynaamiset tuotannon mallit, tilastollinen tuotannon ohjaus sekä ennakoiva huolto. (Ahmad, Dhafir 2002)

Tuotannon kokonaistehokkuuden käytettävyys muuttuja on tehtaan toteutuneen toiminta-ajan ja mahdollisen toiminta-ajan suhde. Toteutunut toiminta-aika voidaan mitata tunneissa, jos tuotanto on useassa vuorossa. Yksivuorojärjestelmässä tehtaan toiminta-aika mitataan päivissä. Mahdollinen toiminta-aika määritellään samassa yksikössä kuin toteutunut toiminta-aika. Mahdollisen toiminta-ajan tulisi ottaa huomioon mahdolliset lainsäädännölliset toimintaseisahdusajat, esimerkiksi Suomessa arkipyhät sekä viikkotuntijärjestelmä. Suomalaisessa liiketoimintaympäristössä on mahdollista myös teettää useampi vuoroista työtä arkipyhistä huolimatta, jolloin tehdas voi toimia 8760 tuntia vuodessa. Kaava 4 esittää käytettävyys muuttujan laskemisen.

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Toteutunut toiminta-aika}}{\text{Mahdollinen toiminta-aika}} \quad (4)$$

Tuotannon kokonaistehokkuuden nopeusmuuttuja esittää toteutuneen tuotannon nopeuden suhdetta tuotannon laskennalliseen nopeuteen. Nopeusmuuttuja voidaan laskea usealla eri tavalla, joista yksi tapa on esitetty kaavassa 5. Nopeus käsitteen myötä tuotannon kokonaistehokkuuden nopeuden muuttujan kaavassa yhtenä tekijänä on nimellinen tuotantotahti. Nimellinen tuotantotahti (engl. maximum proven rate) on tuotantoresurssin laskettu tai tuotantoresurssin valmistajan ilmoittama mitattavissa ja toteutettavissa oleva tuotantokyky, esimerkiksi lakaisukoneiden valmistajat ilmoittavat lakaisukoneiden maksimi työsuorituksen yksikössä neliometriä per tunti. Nimellinen tuotantotahti kerrotaan toteutuneella tuotantoajalla, jolloin tuloksena on laskennallinen tuotantomäärä. Toteutuneen tuotantomäärän ja laskennallisen tuotantomäärän suhdeluku on tuotannon kokonaistehokkuuden nopeusmuuttuja.

$$\text{Nopeus} = \frac{\text{Toteutunut tuotantomäärä}}{\text{Nimellinen tuotantotahti} \cdot \text{toteutunut tuotantoaika}} \quad (5)$$

Tuotannon kokonaistehokkuuden laatumuuttuja on samalla laatumittari. Luvussa 2.3.3 on esitetty laadunmittauksen perusteet, jotka pätevät myös tuotantoresurssien kokonaistehokkuuden laatumuuttujaan. Laatumuuttuja lasketaan kaavan 2 avulla.

## **2.4 Suorituskykymittarit betoniteollisuudessa**

### **2.4.1 Betoniteollisuus**

Betoniteollisuus kattaa kaiken betonin valmistamisesta aina betonista valmistettuihin tuotteisiin. Betoni materiaalina koostuu sideaineesta, vedestä ja runkoaineesta. Betonin sideaineena käytetään sementtiä, joka valmistetaan kalkkikivistä, kvartsista ja savesta. Sementtiä valmistetaan ensin jauhamalla raaka-aineet ja polttamalla jauhe. Korkean lämpötilan aiheuttaman reaktion johdosta syntyy kaliumsilikaateista muodostuneita klinkkerimineraaleja, joista sementti lopulta jauhetaan. Runkoaineena käytetään kiviraseesta, jossa voi olla eri raekokoja murskeesta hiekkaan. (Betoniteollisuus ry 2013)

Vuonna 2007 sementtiä valmistettiin maailmanlaajuisesti noin 2,7 miljardia tonnia. Tästä sementtimäärästä olisi ollut mahdollista valmistaa jopa 9 miljardia kuutiometriä betonia. Betonia valmistettaessa otetaan huomioon vesi-sementti-suhde, jonka tulisi olla vähintään 0,4, kun halutaan hydrataatioreaktion tapahtuvan täysin. Vesi-sementti-suhteeseen vaikuttaa käytettävät lisäaineet, jolloin valmistetun betonin määrä on laskettu sementin valmistamismäärästä. (Cement Association of Canada, Canadian Cement Industry 2010)

Betonituotteet ovat kovettuneina myytäviä betonista valmistettuja tuotteita. Betonista valmistetut tuotteet voidaan jakaa useisiin kategorioihin käyttötarkoituksen mukaisesti. Betonista valmistetut tuotteet jaotellaan yleensä kokonsa perusteella kahteen eri luokkaan, betonituotteisiin ja betonielementteihin. Betonituotteet ovat pienempiä betonista valmistettuja tuotoksia, kun taas betonielementit ovat suurempia kappaleita. (Betoniteollisuus ry, 2013)

Valmisbetonilla tarkoitetaan betoniasemalla sekoitettua betonimassaa, joka kuljetetaan työmaalle sekoittavalla säiliöautolla. Säiliöauton valmisbetonikuorma tyhjenetään

työmaalla halutulla tavalla, esimerkiksi betonin pumppaukseen tarkoitettuun kuorma-autoon tai betonin valamiseen tarkoitettuun nostoastiaan. Osa betonielementtejä valmistavista tehtaista käyttävät valmisbetonia valamiseen, jos tehtaalla ei ole omaa betoniasemaa. Jos tehdas on varustettu betoniasemalla, voidaan betonimassa siirtää lähemmäksi valukohdetta esimerkiksi betonin kuljetusvaunulla tai tyhjentämällä betoniaseman massa suoraan valamiseen tarkoitettuun nostoastiaan. (Betoniteollisuus ry 2013)

### 2.4.2 Betoniteollisuuden suorituskykymittarit

Betoniteollisuudessa suorituskykymittareiden panostietona käytetään yleensä tuotoksen tekemiseen kulunutta aikaa. Suorituskykymittarin tuotostiedon yksikkö määräytyy toteutettavan työn mukaisesti, jolloin jokainen erilainen työ tuottaa oman suorituskykymittarinsa. (Su 2010)

Singaporen hallitus on julkistanut rakennusalan projektituottavuuslukuja internetissä. Projektien tuottavuuslukuarvo lasketaan valmistuneen rakennuksen neliömäärän suhteena rakennustyömaalla työskennelleiden työntekijöiden lukumäärään. Kaava 6 esittää projektituottavuuden laskentakaavan.

$$\text{Projekti tuottavuus} = \frac{\text{Rakennettu kokonaislattiapinta-ala (m}^2\text{)}}{\text{Rakennustyömaan työntekijöiden kokonaislukumäärä (henkilötyöpäivä)}} \quad (6)$$

Ison-Britannian betonielementtiteollisuuden liitto käyttää yleisenä tuottavuuden suorituskykymittarina tonneja työntekijää kohden. Liiton julkaisemista luvuista ilmenee, että vuonna 2012 tuottavuus oli 1524 tonnia per työntekijä. Ison-Britannian tuottavuus on laskenut vuodesta 2011, jolloin tuottavuus on ollut 1748 tonnia työntekijää kohti. Ison-Britannian betonituoteteollisuuden vuoden 2012 tuottavuus on vuoden 2008 tasolla, jolloin tuottavuus oli 1589 tonnia työntekijää kohden. (British Precast Concrete Federation Ltd 2013)

### 2.4.3 Suorituskykymittarit yrityksessä

Diplomityön toteuttaneessa yrityksessä käytetään pääasiassa finanssimittareita tuotannon seuraamiseen. Kuukausittaisissa raportoinneissa tehtaas raportoivat kuukauden tuotantomäärät, tuotantoon käytettyjen materiaalien määrän, toteutuneen tuotannon arvon sekä tuotantoon kohdistuvat kustannukset. Toteutunut tuotantomäärä ja materiaalin käyttömäärät ilmoitetaan tonneissa, tuotannon arvo sekä kustannukset rahamäärinä.



Yrityksen julkisivuelementtitehtailla sekä tytäryhtiö Elpotek Oy:n talotekniikkaelementtitehtaalla on käytössä tuottavuutta mittaavat suorituskykymittarit. Julkisivuelementtitehtaiden tuottavuusmittari on integroituna tuotannonohjausjärjestelmään, koska tuotomäärään vaikuttaa valmistettavien julkisivuelementtien vaikeusaste. Elpotek Oy:llä käytössä oleva suorituskykymittari perustuu taulukkolaskentaohjelmistoon, eli se on käsin täytettävä.

Julkisivuelementtitehtailla integraation ansiosta julkisivuelementtiä syötettäessä tuotannonohjausjärjestelmään, järjestelmä laskee julkisivuelementin eri osien avulla vaikeusasteelle korjauskertoimen. Vaikeusasteen korjauskertoimet on määritelty vuosien kokemuksen kautta. Vaikeusasteen korjauskerroin korjaa julkisivuelementin neliömetrimäärää. Vaikeusasteen korjauskertoimien avulla normitetaan valmistettavat julkisivuelementit, jotta tuotannosuunnittelijalla olisi tieto julkisivuelementin valmistamiseen kuluva ajasta ja työntekijöiden työmäärä jakautuisi tasaisemmin. Tuotannosuunnittelija aikatauluttaa tuotannon.

Talotekniikkaelementtitehtaan suorituskykymittari täytetään päivittäin valmistuneiden tuotteiden kappalemäärällä sekä työntekijämäärällä. Tehtaan suorituskykymittarin avulla on työntekijöille asetettu valmistettavien elementtien tavoitemäärä, jonka saavuttamisesta työntekijöille maksetaan tuotantopalkkio. Talotekniikkaelementtien kohdalla käytetään kappalemäärää kuvaamaan tuotetta, koska valmistettavat tuotteet ovat yksilöllisiä.



### **3 Suorituskykymittareilla mitattava tuotanto**

Yrityksen tavoitteena on kehittää suorituskykymittarit osana uuden toiminnanohjausjärjestelmän kehitystyötä. Suorituskykymittareiden on tärkeää perustua ei-rahallisiin suureisiin, jotta yrityksellä olisi selkeämpi ja parempi näkemys tuotannon mahdollisuuksiin ja haasteisiin. Olemassa olevilla finanssimittareilla yritys pystyy huomioimaan taloudelliset muutokset tuotannossa, mutta päivittäisen tuotannon muutokset ja ongelmat jäävät huomioimatta. Kuukausittaiset tuotost määrät ovat olleet yritysjohdolle tärkeitä, mutta heillä ei ole ollut mahdollisuutta reagoida välittömästi ongelmien ilmentyessä.

Päivittäiset suorituskykymittarit korjaavat tilannetta ja mahdollisesti helpottavat kuukausittaista raportointia. Suorituskykymittareiden avulla voidaan selvittää ja jäljittää syitä tehtaan tuottamaan tulokseen. Finanssimittarit eivät tuota esimerkiksi tuotannon tehokkuudesta informaatiota, mutta tuovat esille tehtaan kannattavuuden. Finanssimittareiden rinnalle kehitettävät suorituskykymittarit tuottavat lisätietoa yritykselle.

#### **3.1 Elementtituotanto**

Konserni keskittyy strategiansa mukaisesti betoni- ja kivipohjaisten rakennusmateriaalien valmistukseen ja markkinointiin. Elementtisuunnittelu ei pääsääntöisesti kuulu yrityksen toimintaan, vaan ulkopuoliset insinööritoimistot tuottavat elementtisuunnitelmat. Poikkeuksellisesti porras- ja talotekniikkaelementtien suunnittelu kuuluu osana tuotteita valmistavien tehtaiden toimintaan.

Yhtiön elementtituotanto on pääsääntöisesti tilausperusteista tai varasto-ohjautuvaa valmistusta. Talotekniikkaelementtien tuotanto on suunnitteluperusteista valmistusta, koska tehdas suunnittelee valmistettavat tuotteet tilausten perusteella. Porraselementtien tuotanto on monipuolisesti suunnitteluperusteista sekä tilausperusteista valmistusta. Osassa porraselementtien tilauksia elementit suunnitellaan tilaukseen soveltuviksi ja osassa voidaan käyttää jo olemassa olevia standardielementtipiirustuksia.

Tilausperusteisessa tuotannossa tehdas valmistaa elementit tilaukselle tilaajan lähettämien valmistuspiirustusten mukaisiksi. Suunnitteluperusteisessa tuotannossa elementit suunnitellaan tilaajan vaatimusten mukaisiksi, minkä jälkeen elementit valmistetaan. Merkittävin ero tilaus- ja suunnitteluperusteisen tuotannon välillä on elementtien merkintä tilaukselle. Tilausperusteisessa tuotannossa elementit merkitään tilaukselle valmis-

tuspiirustusten saapuessa ja suunnitteluperusteisessa elementtien suunnitteluvaiheessa. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa standardituotteita valmistetaan varastoon ja merkitään tietyille tilaukselle tilauksen saapuessa. Varasto-ohjatussa tuotannossa yrityksellä on varastossa tuotteita ilman tilaajaa, kun taas tilaus- ja suunnitteluperustaisen tuotannon kaikilla varastossa olevilla tuotteilla on olemassa tilaaja.

### **3.1.1 Betoniset seinäelementit**

Betoniset seinäelementit voivat olla julkisivu- tai väliseinäelementtejä. Elementit jaotellaan kantaviin ja ei-kantaviin. Julkisivuelementit ryhmitellään myös pinnan perusteella harjattuihin, hiekkapuhallettuihin, muotti-, tiili-, klinkkeri- ja luonnonkivipintaisiin sekä hiottuihin betonipintaisiin ja pesubetonipintaisiin elementteihin. Yhtiöllä on julkisivuelementtitehtaat Savonlinnassa, Kiteellä ja Savonrannassa. Julkisivutehtailla on mahdollista valmistaa myös väliseinäelementtejä. Nurmijärvellä sijaitsevalla tehtaalla on valmistettu väliseinäelementtejä.

Rakennussuunnittelijat suunnittelevat julkisivuelementit, jonka jälkeen elementtipiirustukset lähetetään valmistavalle tehtaalle. Yhtiön julkisivuelementtitehtailla elementtipiirustukset luetaan ja syötetään tuotannonohjausjärjestelmään. Tuotannonohjausjärjestelmä laskee julkisivuelementille vaikeusastekertoimen, joka korjaa elementin neliömäärää.

Tuotannosuunnittelija suunnittelee seuraavien päivien elementtituotannon. Tuotannosuunnittelijan tehtävä on aikatauluttaa elementtien valmistus siten, että oikeat elementit voidaan toimittaa oikeaan aikaan työmaalle. Julkisivuelementtitehtaiden varastokapasiteetit ovat suhteellisen pienet, jolloin tehdas ei voi valmistaa suurta määrää elementtejä varastoon.

Julkisivuelementin valmistusprosessi koostuu useasta eri vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa valmistetaan elementtipiirustuksen mukainen muotti. Vanerinen muotti rakennetaan teräksisen vaakatasoisen muotin, ”pöytämuotin”, päälle. Vaneristen laitojen avulla luodaan elementin muoto.

Elementtipiirustuksen vaatimusten mukaisesti valmistunut muotti varustellaan. Yleisimmät varustelut ovat rauditus sekä ”sandwich”-elementeissä oleva eristekerros. Ny-

kyaikaiset rakennukset ovat harvemmin betonin harmaita, jolloin osa julkisivupintavaihtoehtoista on mahdollista toteuttaa muotin varusteluvaiheessa. Esimerkiksi tiili- ja klinkkeripinta toteutetaan varustelemalla muottipinta tiilillä tai klinkkereillä. Pesubetonipintaiset julkisivuelementit valmistetaan levittämällä muottipinnalle pintahidastin, joka betonin kovetuttua pestään pois.

Muotin varustelun jälkeen alkaa valutapahtuma. Valettaessa betonimassaa tärytetään, jotta betonimassassa oleva ilma poistuisi. Sandwich-elementtien tapauksessa valutapahtumia on kaksi, ensimmäinen ennen eristyskerrosta, toinen eristyskerroksen lisäämisen ja toisen kuoren raudoittamisen jälkeen. Valutapahtuman jälkeen elementin pinta tasoitetaan ja elementti jätetään kovettumaan. Kovettumisajan täytyttyä elementit puretaan muoteistaan ja uuden elementin valmistus alkaa muotin puhdistamisen jälkeen. Purettuja elementtejä viimeistellään, jotta elementtipiirustuksien vaatimukset täytyisivät.

Julkisivuelementtitehtailla työskennellään pöytämuoteittain tiimeissä, joihin kuuluu kirvesmies ja raudoittaja. Parityöskentelyssä kirvesmies kasaa muottia ja raudoittaja raudoittaa muotin sekä tarvittaessa eristää elementin. Valaminen ja viimeistely ovat yhden työntekijän tehtävänä. Julkisivuelementtien valmistaminen on käsityötä.

### **3.1.2 Infraelementit**

Yritys valmistaa useita erilaisia infraelementtejä, muun muassa penger- ja sillankaideelementtejä, liikenne-esteitä ja -hidasteita, tukimuureja, kaapelikanavaelementtejä sekä muita erikoiselementtejä infrarakentamiseen.

Infraelementtien valmistamisessa käytetään elementin mukaista teräksistä muottia. Joissakin erikoiselementtien tapauksissa rakennetaan elementin mukainen vanerinen muotti tai muokataan jo olemassa olevaa teräksistä muottia vastaamaan elementtipiirustusta. Muotti varustellaan elementin vaatimusten mukaiseksi, esimerkiksi pengerkaiteiden tapauksessa elementin siirtämiseen tarvittavilla nostoankkureilla, elementtien liitososilla ja mahdollisesti asiakkaan haluamilla erikoisosilla.

Raudoittaja valmistaa raudoitteen elementtiä varten. Raudoitustyö voidaan suorittaa paikan päällä, eli suoraan muottiin, tai erillään, jolloin valmisraudoite asetetaan muottiin. Raudoitteisiin laitetaan muovisia välikkeitä, jotta suojaetäisyys vaatimukset täyty-

vät. Valmiiksi varusteltu muotti valetaan betonimassalla. Betonimassan kovettuttua elementit puretaan ja viimeistellään. Viimeistelyn jälkeen elementit siirretään varastoon.

### **3.1.3 Paalut**

Teräsbetonisia lyöntipaaluja valmistavat tehtaat sijaitsevat Nummelassa, Turussa, Kurikassa ja Nurmijärvellä. Teräsbetonisia lyöntipaaluja käytetään rakennusten perustuksiin, jotta maaperän kantokyky kasvaisi.

Lyöntipaaluja valmistetaan kolmessa eri kokoluokassa, 250 mm x 250 mm, 300 mm x 300 mm ja 350 mm x 350 mm. Yksittäisen betonipaalun pituus on 3 m – 15 m. Yli 15 m pituinen paalu muodostetaan asennusvaiheessa enintään 15 m pituisista paalun osista, ala-, ylä-, tai välipaaluista, momentinkestävän jatkoksen avulla. Välipaaluja voi olla yksi tai useampia paalun pituudesta riippuen.

Raudoitteita valmistetaan yleensä kahden työntekijän tiimeissä, jolloin raudoitteiden valmistus on tehokasta. Käsin raudoittaessa raudoituksen pituus on merkittävä tekijä tuottavuuteen.

Raudoite varustetaan muovisilla välikkeillä, joilla taataan raudoitteen suojaetäisyyden täyttyminen valmiista betonipinnasta. Paalujen valmistamiseen käytetään muotistoa, jossa on useampia paalukanavia vierekkäin. Paaluraudoite asetetaan nosturin avulla puhdistettuun ja öljytyyn muottiin.

Paalut valetaan erityisellä valukoneella, jolla valetaan useampi paalukanava samanaikaisesti. Paalumuotiston kapasiteetti määrittelee työntekijöiden lukumäärän. Valmistustiimiin kuuluu vähintään kaksi työntekijää, muotiston varustelija sekä valukoneen kuljettaja. Suuremman kapasiteetin tehtaissa työntekijöitä on korkeampi määrä.

### **3.1.4 Talotekniikkaelementit**

Talotekniikkaelementti on betonirunkoinen asuinkerrostalon kerroskorkuinen nousuputkistoelementti, johon voidaan sijoittaa kaikki asuinhuoneistoissa tarvittavat vesijohdot, lämpöjohdot, viemärit, ilmanvaihtokanavat sekä putkitukset sähkö- ja tietoliikennekaapeleita varten. Samanaikaisesti runkorakentamisen kanssa asennettavan talotekniikka-

elementin käyttö säästää rakentamisajassa jopa useita viikkoja ja lisää useita myytäviä neliöitä.

Talotekniikkaelementit suunnitellaan tilauskohtaisesti asiakkaan vaatimusten mukaisiksi. Suunnittelu ja tuotanto sijaitsevat samassa toimipisteessä. Tällöin suunnittelija voi kysyä tuotannon työntekijöiltä elementtien toteutusmahdollisuuksista tai työntekijät voivat selvittää elementtipiirustuksiin liittyviä epäselvyyksiä viiveettä. Suunnittelijan suunniteltua elementit niiden valmistaminen aikataulutetaan tuotantolinjalle.

### **3.1.5 Porraselementit**

Yrityksen porrasedimenttitehtaat sijaitsevat Tuusulan Sammonmäessä, Suonenjoella sekä Savonrannassa. Tehtailla valmistetaan porrasedimenttejä asiakkaiden tarpeiden mukaan. Porrasedimenttien valmistaminen vaatii työvoimaa, koska työvaiheita ei voi automatisoida.

Porrasedimenttien tuotanto alkaa asiakkaan tilauksesta. Tilausvaiheessa asiakas voi valita 18 erilaisesta porrastyypistä projektiinsa sopivan elementin. Elementtien valmistamisaika voidaan muuttaa asiakkaan tarpeen mukaisiksi. Tarvittaessa porrasedimenttitehdas voi suunnitella projektiin soveltuvan porrasedimentin.

Porrasedimenttien tuotanto aloitetaan askellankkujen valusta ja jos mahdollista porrasedimentin muotin valmistelusta. Askellankkumuotti on vanerinen, jossa voidaan samalla kertaa valaa useampia lankkuja. Vakioimittaisille askellankuille on olemassa vakioimotteja, joissa käytetään muovirimoja. Askellankkujen ja portaiden mittojen poiketessa vakioimotteista, muoteissa käytetään puurimoja. Askellankkumuotteihin lisätään myös raudoitusta vahvistamaan askellankkua.

Kovettuneet askellankut kuljetetaan seuraavaksi joko välivarastoon hiontakoneiden läheisyyteen tai suoraan hiontakoneille. Hiontaan on kehitetty myös automaattinen hiontalinjasto, jota käytetään mahdollisimman paljon. Hiontalinjaston tekniset rajoitteet pakottavat erikoispitkät askellankut sekä kuorilankut muille hiontakoneille. Muilla hiontakoneilla lankut vaativat käsihiontaa ja ovat tällöin tehokkuudeltaan heikompia kuin automaattilinja.

Konehionnan jälkeen askellankut kuljetetaan käsihiontatyöpaikoihin sementointiin. Sementoinnissa konehionnassa esiin tulleet huokokset tasoitetaan sementillä. Sementoinnin yhteydessä suoritetaan tarvittaessa paikkauksia askellankkuihin. Askellankkujen täytyy kovettua vuorokauden verran sementoinnin jälkeen. Sementoidut lankut hiotaan käsin puhtaiksi. Valmiit askellankut siirretään välivarastoon odottamaan portaan kasausta tai mahdollisesti suoraan portaan runkomuotille kasaukseen.

Valmiiseen muottiin ladataan aiemmin valmistetut askellankut. Lankuilla varusteltuun muottiin lasketaan valmisraudoite. Tehtailla on omat raudoittamot, jotka valmistavat elementteihin raudoitteet.

Raudoitteen asettamisen jälkeen muotti on valmis valettavaksi. Valutapahtuman jälkeen porraselementin annetaan kovettua vuorokauden verran. Kovettumisen jälkeen elementti puretaan muotista, pestään ja siirretään viimeistelytyöpaikoihin. Viimeistelytyöpaikoi-  
teissa porraselementin näkyvät osuudet tasoitetaan, tarvittaessa hiotaan ja porrasta pakataan muoveihin. Muovituksen jälkeen porrasta siirretään varastoon odottamaan toimitusta.



## 4 Suorituskykymittareiden kehittäminen

Suorituskykymittareiden testiversio kehitettiin yrityksen eräälle tehtaalle. Testiversiossa mittareihin tarvittava aineisto kirjattiin päivittäin laskentataulukkoon tehtaan työnjohdon toimesta. Aineiston kerääminen tapahtui touko-syyskuun välillä vuonna 2013.

Suorituskykymittareita varten kerätystä aineistosta kehitetään sekä työntekijöille että yritysjohdolle soveltuvat mittarit. Työntekijöille kehitettävät mittarit ovat työpistekoh-  
taisia, kun taas yritysjohdolle kehitettävä mittari mittaa tehtaan kokonaistoimintaa.

### 4.1 Aineiston kerääminen

Suorituskykymittarin testiversioon työnjohto täytti päivittäin tuotannon kappalemäärät, painon sekä työntekijämäärän. Tehtaan tuotanto jaettiin suorituskykymittariin tuotteit-  
tain. Tuotejaottelun lisäksi tuotanto jaettiin tuotteen 3 tapauksessa muoteittain sekä tuot-  
teet 1 ja 2 yhdistettiin tuoteryhmäksi 1. Yritysjohdolle hyödyllinen mittari kuvaa koko  
tehtaan toimintaa, jolloin päivän kokonaistuotanto, kappalemäärä sekä työntekijämäärä  
yhdistettiin yhdelle taulukolle. Kuvaajien vaihtelua tasoitettiin määrittämällä viiden  
havainnon mediaani ja laskemalla kolmen mediaanin keskiarvo

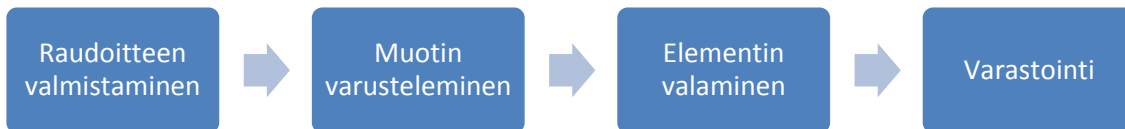
Tehtaan tuotannon kokonaismäärän yksiköksi valikoitui paino tonneissa, toinen mah-  
dollinen yksikkö olisi ollut elementtien pituus juoksumetreinä. Raudoittamiseen olisi  
ollut mahdollista valita valmistuneiden raudoitteiden kilomäärä. Painon vaihtoehtoisena  
kokonaistuotantomäärän yksikkönä oli kappalemäärä.

Suorituskykymittarin testiversion täyttämiseen ei saanut kulua yli 10 minuuttia, koska  
muutoin täyttäminen olisi lisännyt työnjohdon työmäärää. Aineistoon ei aikarajan puit-  
teissa kerätty useampia tuotosyksiköitä. Suorituskykymittareiden tiedon keräys automa-  
tisoituu uuden toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönottoaiheessa. Automatisoitu tie-  
don kerääminen lisää mittareiden tarkkuutta ja mahdollistaa myös useampien tuotosyk-  
siköiden käyttämisen.

### 4.2 Tuotanto

Tutkimusajankohtana tehtaalla valmistettiin pääasiallisesti infraelementtejä. Tehtaan  
infraelementtituotanto koostuu tuotteista 1-6. Tehtaan tuotanto toimii viitenä päivänä  
viikossa yhdellä vuorolla, jonka työntekijöiden työn alkamisajat on porrastettu.

Tehtaan valmistusprosessi jakautuu neljään pääprosessiin: raudoitteiden valmistaminen, muotin varusteleminen, elementin valaminen ja varastointi. Poikkeuksena alihankintana valmistetut valmisraudoitteet, jotka vähentävät pääprosessien määrän kolmeen. Varastointi kattaa elementtien purkamisen muosteistaan ja siirron varastoon. Tehtaan valmistuksen pääprosessit esitetään kuvassa Kuva 3.



Kuva 3. Tehtaan valmistusprosessin päävaiheet

#### 4.2.1 Tehtaan henkilövahvuus

Betonielementtien valmistaminen on työvoimapainoista. Tutkimusajankohtana tehtaalla työskenteli 22-26 työntekijää. Päivittäinen henkilövahvuus vaihteli työntekijöiden kesälomien sekä muiden poissaolojen myötä. Taulukossa

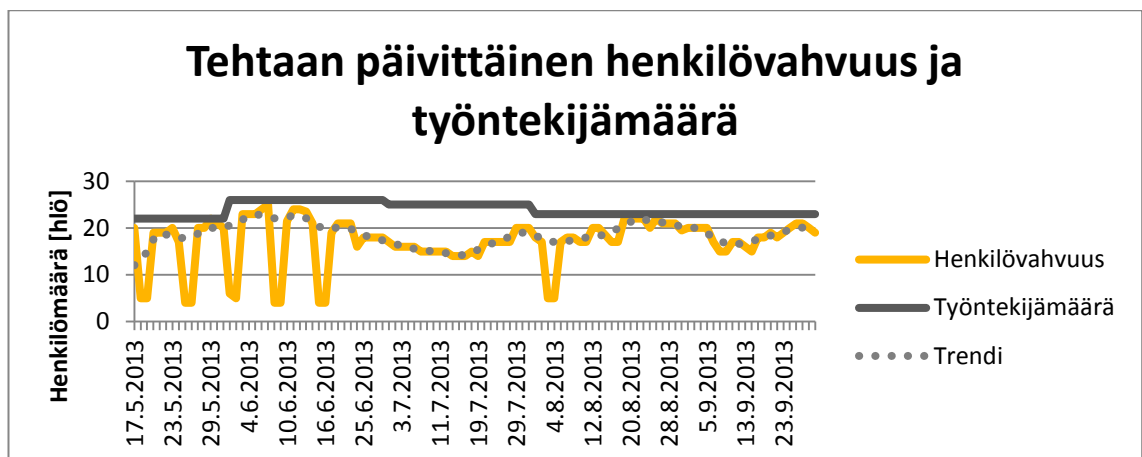
*Taulukko 1* esitetään tehtaan työntekijämäärät kuukausittain sekä kuukausittaisen henkilövahvuuden keskiarvo. Kuukausittainen työntekijämäärä nousee kesäkuussa neljällä henkilöllä, koska tuotteen 3 valmistukseen palkattiin aliurakointiyrityksen kaksi työntekijää sekä tehtaan muuhun tuotantoon kaksi kesätyöntekijää. Kesäkuun lopussa yksi raudoittaja jäi eläkkeelle ja kesätyöntekijöiden työsopimukset loppuivat heinäkuun lopussa, jotka näkyvät työntekijämäärien muutoksina. Henkilövahvuuden keskiarvon muutokset aiheutuvat lomakaudesta, lakisääteisistä työajanlyhennysvapaista sekä sairauspoissaoloista.

*Taulukko 1. Työntekijämäärät kuukausittain ja päivittäisen henkilövahvuuden keskiarvo*

Kuukausi	Työntekijämäärä	Henkilövahvuuden keskiarvo
Toukokuu	22	15,7
Kesäkuu	26	17,2
Heinäkuu	25	16,2
Elokuu	23	18,2
Syyskuu	23	18,3

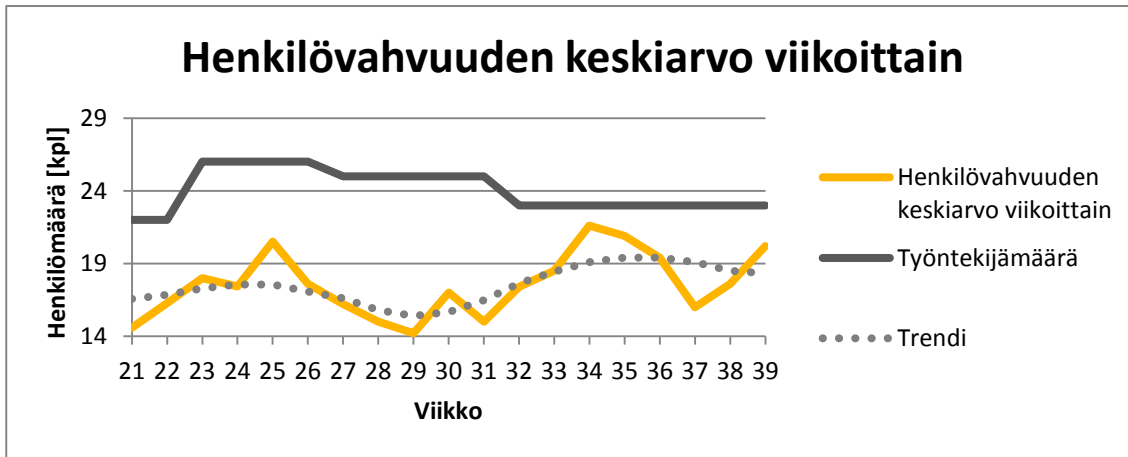
Yrityksen työajan- ja kulunseurantajärjestelmän tiedot ovat erillään muusta tuotantojärjestelmästä. Palkanlaskentaa varten työnjohtajat täyttävät käsin työntekijöiden työtuntimäärät. Työehtosopimuksen mukaisesti työntekijöille maksetaan palkka kahden viikon välein, jolloin palkanlaskentaohjelmaan työnjohtajat kirjaavat työntekijöiden tuntimäärät palkanmaksukauden lopussa. Toimintamallin takia työnjohtajat täyttivät päivittäin suorituskykymittarin testiversioon työntekijöiden lukumäärät. Työntekijät jaoteltiin tuotteittain sekä tuotteen 3 tapauksessa muoteittain.

Kuva Kuva 4 esittää päivittäisen henkilövahvuuden sekä työntekijämäärän. Päivittäinen henkilövahvuus laskee ajoittain viiteen työntekijään touko-kesäkuun sekä kerran elokuun aikana, koska tuotetta 3 valmistettiin viikonloppuisin. Lomakauden aiheuttamat poissaolot näkyvät päivittäisessä henkilövahvuudessa juhannuksesta elokuun puoleen väliin. Päivittäisen henkilövahvuuteen vaikuttavia muita tekijöitä ovat lakisääteiset työajanlyhennysvapaat sekä sairauspoissaolot.



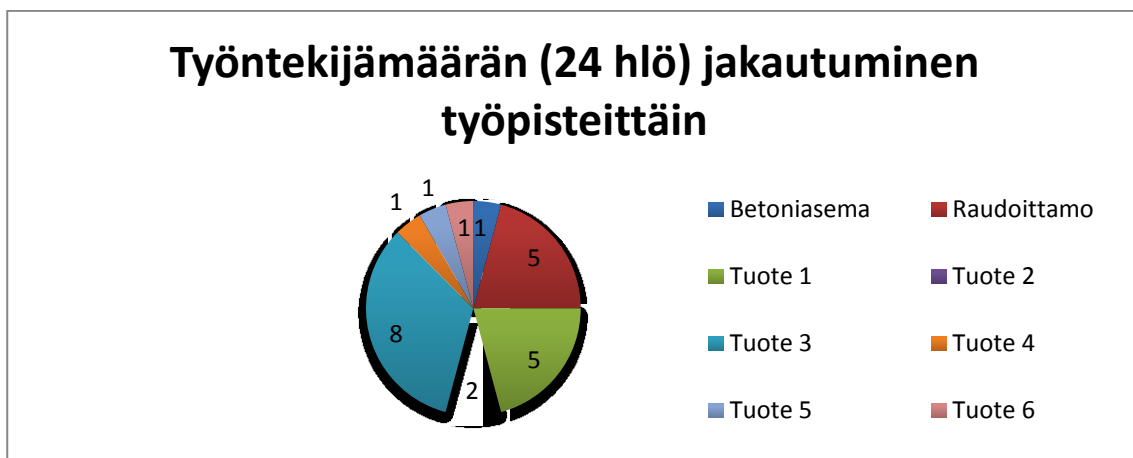
Kuva 4. Henkilövahvuus tutkimusajankohtana.

Henkilövahvuuden vaihtelun takia henkilövahvuudelle laskettiin viikoittaiset keskiarvot. Viikoittaisen keskiarvon avulla päivittäisen henkilövahvuuden vaihtelu tasoittuu. Viikoittainen henkilövahvuuden keskiarvo esitetään kuvassa Kuva 5. Kuvassa näkyy kesälomakauden aiheuttama alhaisempi henkilövahvuus viikkojen 25 ja 34 välillä. Henkilövahvuuden viikoittainen keskiarvo on alempi johtuen edellä mainituista työajanlyhennysvapaista sekä sairauspoissaoloista. Kesälomakauden jälkeen henkilövahvuuden trendissä on näkyvillä työntekijöiden lomalta paluu.



Kuva 5. Henkilövahvuuden keskiarvo viikoittain.

Elementtejä valmistetaan työryhminä, joiden betonityöntekijät purkavat, varustelevat ja valavat elementit. Tuotetta 1 valmistetaan viiden henkilön, tuotetta 2 kahden henkilön ja tuotetta 3 4-8 henkilön ryhmässä. Tuotteita 4, 5 ja 6 valmistavat yksittäiset betonityöntekijät. Tehtaalla on oma betoniasema, jossa työskentelee yksi betoniasemanhoitaja. Työntekijöiden jakautuminen eri työpisteisiin esitetään kuvassa Kuva 6.



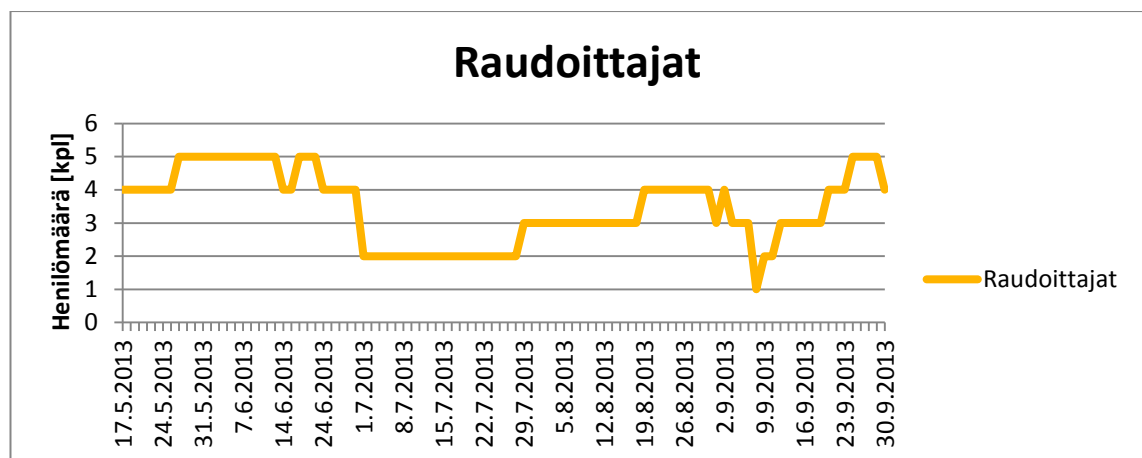
Kuva 6. Työntekijämäärän jakautuminen työpisteittäin.

Ensimmäiset työntekijät saapuvat työpisteilleen aamulla kello 04:30. Ensimmäisinä elementteinä puretaan tuotteet 3 ja 2. Työntekijöiden työhön saapuminen on porrastettu sekä tehokkaan työnteon että tehtaan layoutin takia. Tuotteiden 4 ja 5 betonityöntekijät käyttävät samaa siltanosturia tuotteen 3 työntekijöiden kanssa, jolloin tuotteiden 4 ja 5 työntekijöiden myöhemmällä töihin saapumisella vältytään ylimääräiseltä odottamiselta.

#### 4.2.2 Raudoittajien henkilövahvuus

Raudoitteita valmistaa viiden työntekijän ryhmä ulkoraudoittamossa. Raudoitteiden valmistuksen ryhmäläiset ovat keskenään jakaneet. Raudoittajat saattavat päivän aikana raudoittaa eri tuotteita. Ulkoraudoittamo raudoittaa työmäärältään suuret raudoitteet eli tuotteiden 2, 3 ja 5 raudoitteet. Tuotteen 4 raudoitteet valmistaa betonityöntekijä ja tuotteen 1 raudoitteet valmistetaan alihankintana.

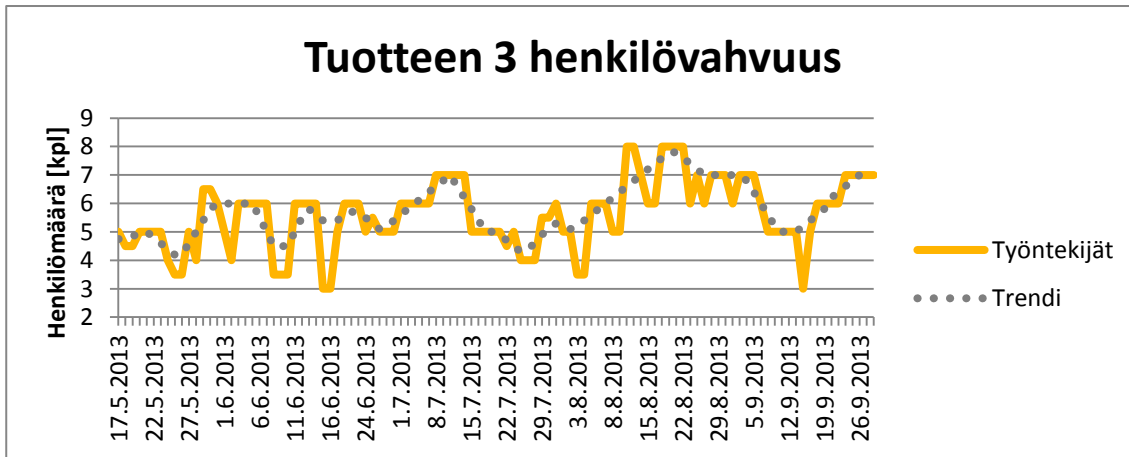
Raudoittajista ei kerätty erikseen tuotosmääriä, koska valmisraudoitteiden puuttuminen näkyy päivittäisessä tuotannon määrässä. Kuvassa Kuva 7 näkyy raudoittajien lukumäärä tutkimusajankohtana. Ulkoraudoittamossa työskennellään sääolosuhteista riippumatta, joka näkyy raudoittajien lukumäärässä mahdollisina sairauspoissaoloina. Kuvassa Kuva 7 heinä-elokuun aikana raudoittajien lukumäärään vaikuttivat kesälomat sekä kesäkuun lopussa yhden raudoittajan eläköityminen. Syyskuun loppupuolella työnjohto järjesteli työntekijöitä siten, että raudoittamon työntekijöiden lukumäärä kasvatettiin viiteen.



Kuva 7. Raudoittajien lukumäärä tutkimusajankohtana.

#### 4.2.3 Tuotteen 3 henkilövahvuus

Tuotteen 3 valmistuskapasiteetin kasvettua tutkimusajankohdan aikana, tuotteen henkilömäärä nousi kahdella henkilöllä. Ennen valmistuskapasiteetin kasvua neljä henkilöä valmisti tuotetta muoteilla 3A-3D ja muotilla 3E 1-2 henkilöä. Kapasiteetin kasvun takia muoteilla 3A-3D työskentelee kuusi henkilöä. Kuva Kuva 8 esittää tuotteen 3 varustelusta purkamiseen osallistuneiden työntekijöiden päivittäisen lukumäärän.



Kuva 8. Tuotteen 3 valmistuksen päivittäinen henkilövahvuus.

Tuote 3:n valmistukseen osallistuneiden keskimääräinen lukumäärä muoteittain on esitetty taulukossa Taulukko 2. Tuotteen työntekijät purkavat ja valmistelevat useampaa muottia työpäivän aikana. Muotittainen henkilövahvuuden aineiston kerääminen aiheutti haasteita, joten tuotteen 3 muotittaisessa henkilövahvuudessa esiintyy merkittävä virhe.

Taulukko 2. Tuotteen 3 valmistukseen osallistuneet työntekijät muoteittain.

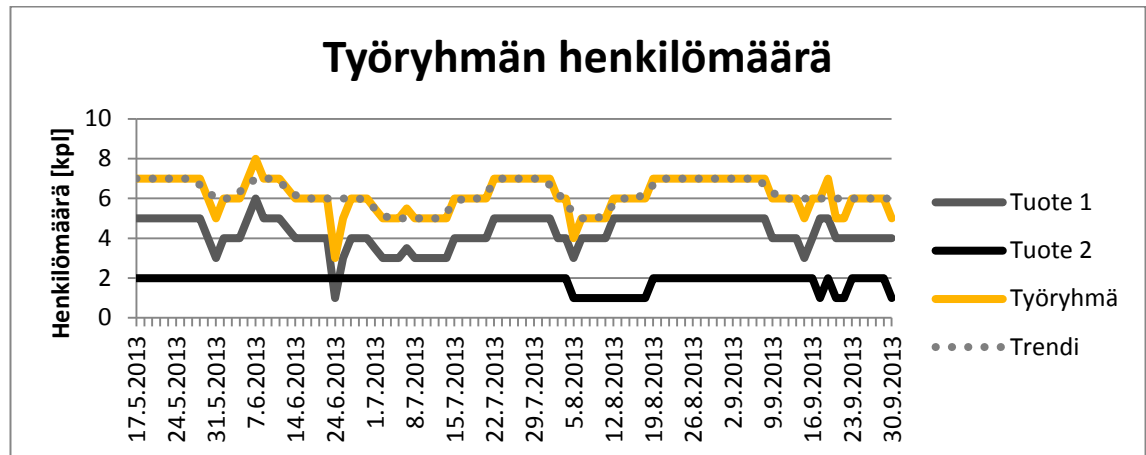
Elementti	Muotti	Henkilövahvuuden keskiarvo
Tuote 3	3A	3,1
	3B	2,9
	3C	1,8
	3D	1,2
	3E	1,2

#### 4.2.4 Tuotteiden 1 ja 2 henkilövahvuus

Tuotteen 1 purkutyössä on kokemuksen kautta huomattu kahden työntekijän panoksen olevan riittävä. Toisen työntekijän käyttäessä siltanosturia elementtien purkuun, toinen valmistelee purettavat elementit. Purkuvalmistelut tehtyään työntekijä aloittaa muottien varustelemisen. Loput työntekijät saapuvat varustelemaan muottia valukuntoon.

Tuotteen 2 työntekijöiden työhön saapumista ei ole porrastettu, koska heillä on käytössään oma siltanosturi. Työntekijät valmistelevat elementtien purkamisen yhdessä. Elementtien purkamisen alettua, toinen työntekijä aloittaa muotin varustelemisen. Elementit purettuaan työntekijä siirtää valmisraudoitteen muotteihin siltanosturilla.

Tuotteiden 1 sekä 2 valmistuksen päivittäinen henkilövahvuus ja työryhmän henkilövahvuus esitetään kuvassa Kuva 9. Henkilövahvuudessa esiintyvä vaihtelu aiheutuu työntekijöiden kesälomista, lakisääteisistä työajanlyhennysvapaista sekä sairauspoissaoloista. Kesäkuussa ilmenevä kahdeksan henkilön piikki johtuu kesätyöntekijän opastamisesta työmenetelmiin. Yhden henkilön paikallaolo aiheutui työntekijöiden kesälomien ja työajanlyhennysvapaiden virheellisestä koordinoinnista.



Kuva 9. Tuotteiden 1, 2 ja työryhmän päivittäinen henkilövahvuus.

#### 4.2.5 Tuotteen 6 henkilövahvuus ja alihankinta

Tuotteen 6 osaelementti 1:n valmistuksessa työntekijä purkaa elementin muotista ja tämän jälkeen varustelee muotin uudestaan. Osaelementin 1 ohella valmistettava osaelementti 2:n työntekijä varustelee ja raudoittaja raudoittaa raudoitteen suoraan muotiin. Tuotteen 6 valmistuksessa tuotannon läpimenoaika on pidempi kuin muiden tuotteiden kohdalla, koska osaelementin 2 raudoittaminen ja valmiin elementin purkaminen vaativat enemmän aikaa.

Tehtaan varastointityöt teetetään alihankintana pyöräkuormaajayrittäjältä. Alihankkijalla työskentelee kaksi pyöräkuormaajakuljettajaa, jotka varastoivat puretut elementit varastoalueelle sekä lastaavat toimitettavat kuormat varastoalueelta. Suorituskykymittarit kehitetään suoraan tuotantoon, jolloin varastointityö jätettiin mittauksen ulkopuolelle.

### 4.3 Tuotannosta saatavat tunnusluvut

Käytössä oleva järjestelmä kerää kaikista valetuista tuotteista painon tonneissa. Järjestelmään on määritelty joidenkin elementtien mitat, mutta elementtien mittoja ei rapor-

toida. Päivittäinen tuotantoraportti raportoi valettujen elementtien kappalemäärän sekä painon nimikeryhmittäin. Teräsbetonisten lyöntipaalujen päivän tuotannon metrimäärä raportoidaan päivittäisessä tuotantoraportissa.

### **4.3.1 Koko tehtaan tuotanto**

Betoniaseman ohjausjärjestelmä kerää valmistettujen betonimassojen tilavuuden. Ohjausjärjestelmä kerää myös betonimassaerän sekoitusajan ja raaka-ainemäärän. Betoniaseman ohjausjärjestelmän tietoja ei ole integroitu käytössä olevaan tuotantojärjestelmään. Betoniaseman valmistetut kuutiometrimäärät ja käytetyt raaka-ainemäärät raportoidaan erikseen. Tutkimuksessa betoniaseman tuottavuutta ja kapasiteetin käyttöä ei tutkittu.

Yrityksen tietojärjestelmään ei ole määriteltynä tehtaan tuotannon teoreettista maksimikapasiteettia. Teoreettinen maksimikapasiteetti määriteltiin käsin tehtaan muottien avulla. Päivittäistä tuotannon määrää voidaan tällöin verrata teoreettiseen maksimikapasiteettiin. Teoreettinen maksimikapasiteetti on laskettu taulukkoon 3.

Tehtaan teoreettisen maksimikapasiteetin täytyisi olla joustava, muuten tehtaan kapasiteetin käyttöaste saattaa jäädä erittäin matalalle tasolle tilauskannan määritellesä tuotettavien elementtien painoa. Teoreettisesta maksimikapasiteetista ei tässä työssä luotu joustavaa versiota, koska teoreettisen maksimikapasiteetin tulee esittää tehtaan teoreettinen valmistusvalmius.



*Taulukko 3. Tehtaan teoreettisen maksimikapasiteetin laskeminen.*

Tuote	Muotti	Kapasiteetti [tn/pvä]
Tuote 1	1A	25,2
	1B	21,6
	1C	5,7
Tuote 2	2A	15,2
	2B	4,1
Tuote 3	3A	37,9
	3B	42,4
	3C	20,4
	3D	8,6
	3E	15,5
Tuote 4		16
Tuote 5		14,8
Tuote 6	Osaelementti 1	80
	Osaelementti 2	6,5
Teoreettinen maksimikapasiteetti		313,9

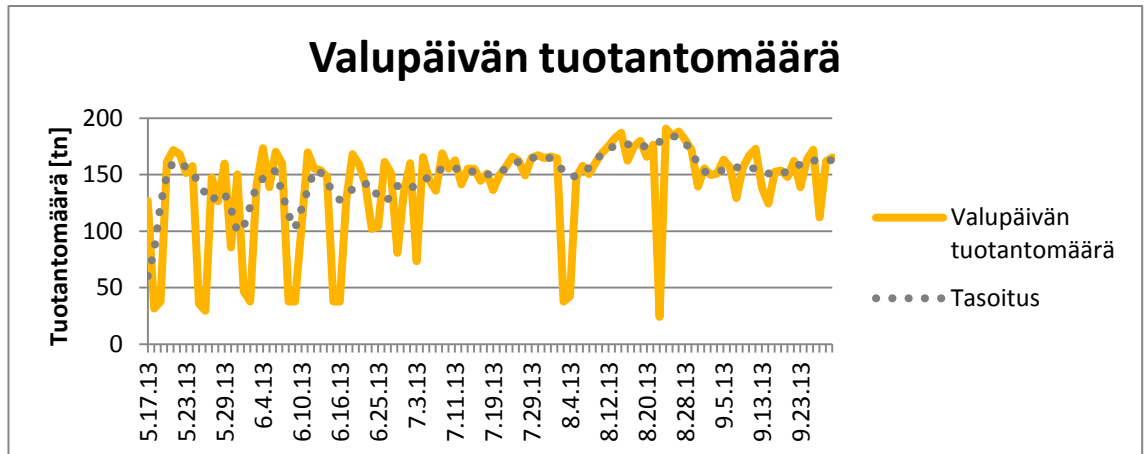
Tehtaan teoreettinen maksimikapasiteetti jakautuu tuotteittain seuraavasti: tuote 3 40 %, tuote 6 28 %, tuote 1 17 %, tuotteiden 4 ja 5 tuoteryhmä 2 10 %, tuote 2 6 %. Teoreettisen maksimikapasiteetin jakautuminen esitetään kuvassa Kuva 10. Tuotteen 6 osaelementti 1 valmistetaan tasomuoteilla, joita voidaan hyödyntää tarvittaessa muuhunkin tuotantoon. Tuotteen 6 valmistamiseen vaikuttaa suuresti niiden kysyntä ja varastointitilat. Teoreettinen maksimikapasiteetti voi muuttua hetkellisesti, jos valmistetaan pidempiaikaista valmistamista varten erikoismuotti.



*Kuva 10. Teoreettisen maksimikapasiteetin jakautuminen tuotteittain.*

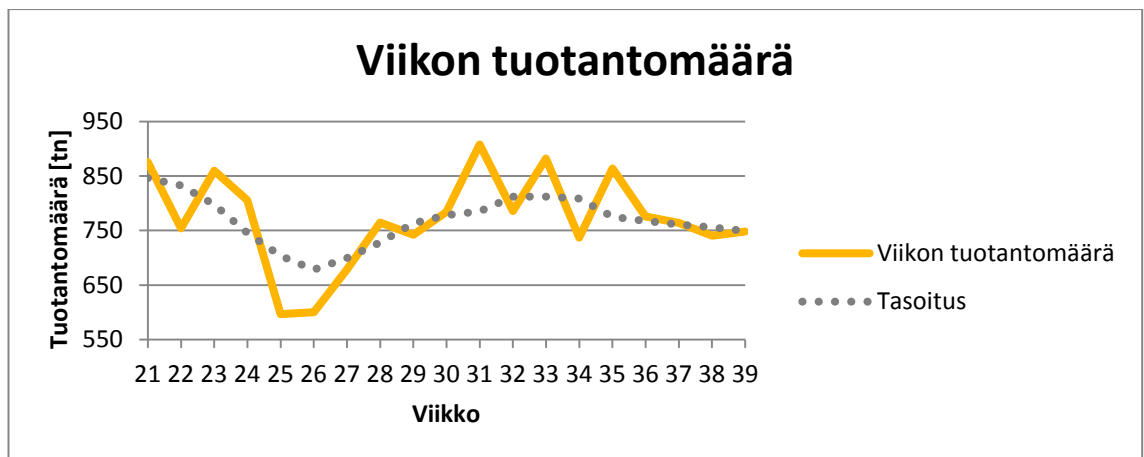
Päivittäinen tuotannon määrä kerättiin aineistoiksi mittareiden kehittämistä varten. Tehtaan päivittäinen tuotantomäärä tonneissa esitetään kuvassa Kuva 11. Tuotantomäärässä esiintyvä vaihtelu selittyy aiemmin mainituilla tuotteen 3 valmistamisella viikonloppuisin sekä muutamalla kuukausittaisella infotilaisuudella. Vaihteluun vaikuttavat myös valmistettävien elementtien pitkät valmisteluajat, jolloin päivittäisen tuotantomäärän vaihtelu saadaan tasoitettua pidennettäessä tarkasteluajanjaksoa. Tehtaalla valmistettävien elementtien valmisteluajat vaihtelevat muutamasta tunnista muutamaan päivään.

Lyhyet valmisteluajat ovat mahdollisia, kun ei suoriteta merkittäviä muotinmuutoksia. Pienet muotinmuutokset, esimerkiksi tuotteen 1 erikoispituudet, vaativat muutaman tunnin pidemmän valmisteluajan. Tuotteen 3 elementtikorkeuden tai pintakuvioinnin muuttuessa valmistelu aika saattaa pidentyä jopa viikkoihin. Tuotteen 3 pitkän valmisteluajan vaativat muotinmuutokset suoritetaan aiheuttamatta merkittäviä häiriöitä tuotantoon.



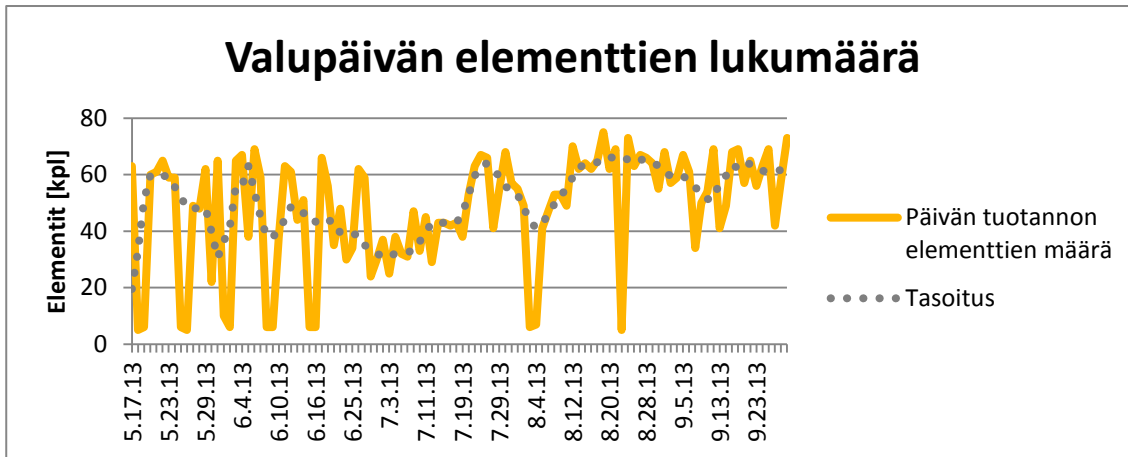
Kuva 11. Päivittäinen tuotantomäärä tonneissa.

Päivittäisen tuotantomäärän vaihtelua tasoitettiin pidentämällä tarkasteluajanjaksoa. Viikoittainen tuotantomäärä tonneissa on esitetty kuvassa Kuva 12. Viikon tarkasteluajanjaksolla huomataan juhannusviikon 25 ja juhannusviikonlopun jälkeisen viikon 26 tuotantomäärien olevan huomattavasti matalampia. Tuotantomäärä kasvaa tasaisesti juhannuksen jälkeen työntekijöiden palatessa vuosilomiltaan. Tuotantomäärän normaali vaihtelua esiintyy viikon 32 jälkeen.



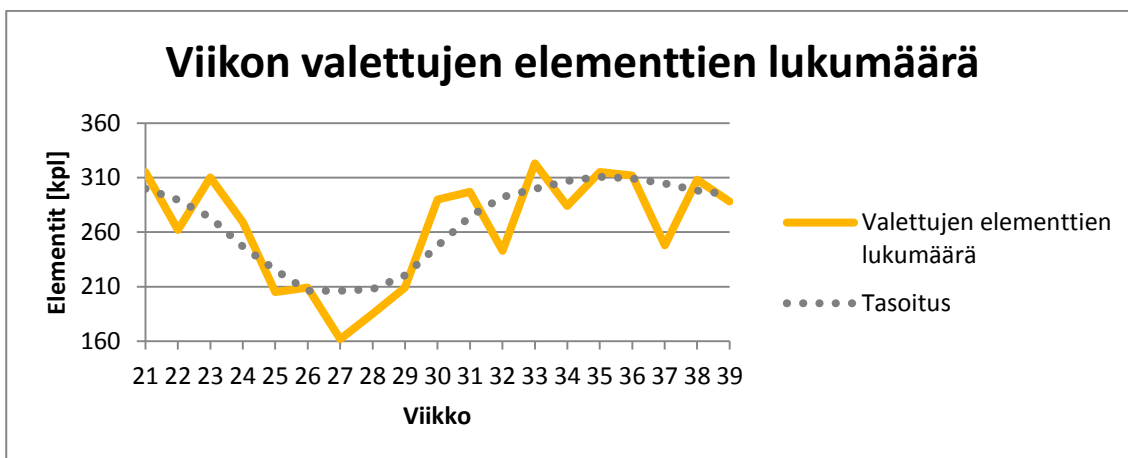
Kuva 12. Viikoittainen tuotantomäärä tonneissa.

Aineistoon kerättiin päivän kappaletuotantomäärä. Päivittäin valettujen elementtien kappalemäärä esitetään kuvassa Kuva 13. Kappaletuotantomäärän vaihtelu aiheutuu viikonloppuisin valmistetuista elementeistä, infotilaisuuksista, valmisteluajoista, tuotannon ongelmista ja erikoiselementtien valmistamisesta. Kappaletuotantomäärä laskee hetkellisesti kesä-heinäkuussa työntekijöiden vuosilomien takia.



Kuva 13. Valettujen elementtien kappalemäärä päivittäin.

Tarkasteluajanjaksoa pidentämällä päivittäinen vaihtelu tasaantuu. Viikoittainen kappaletuotantomäärä esitetään kuvassa Kuva 14. Juhannusviikolla 25 ja juhannusviikonlopun jälkeisellä viikolla 26 kappaletuotantomäärä on matalammalla. Juhannuksen jälkeen kappaletuotantomäärän taso nousee. Kappalemäärän nousuun vaikuttaa elementtien fyysinen koko.

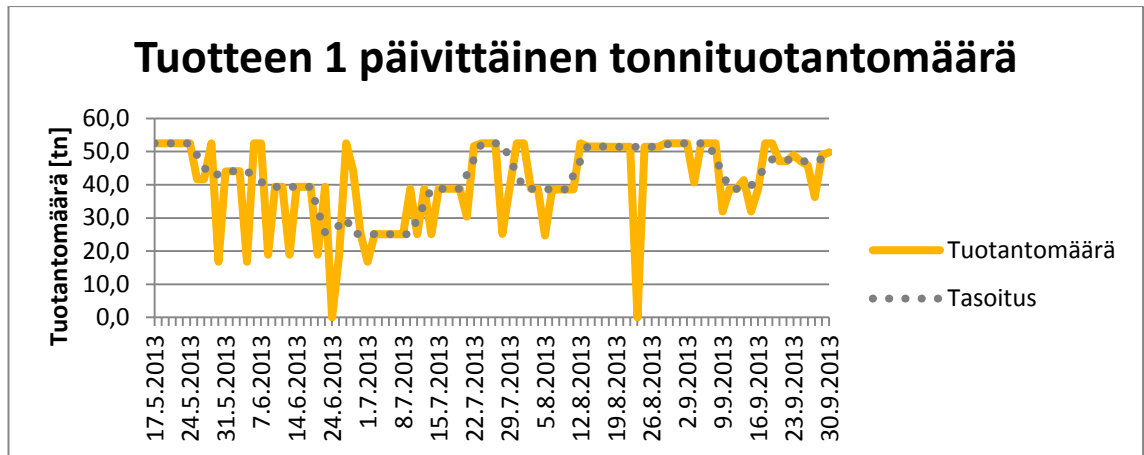


Kuva 14. Valmistettujen elementtien kappalemäärä viikoittain.

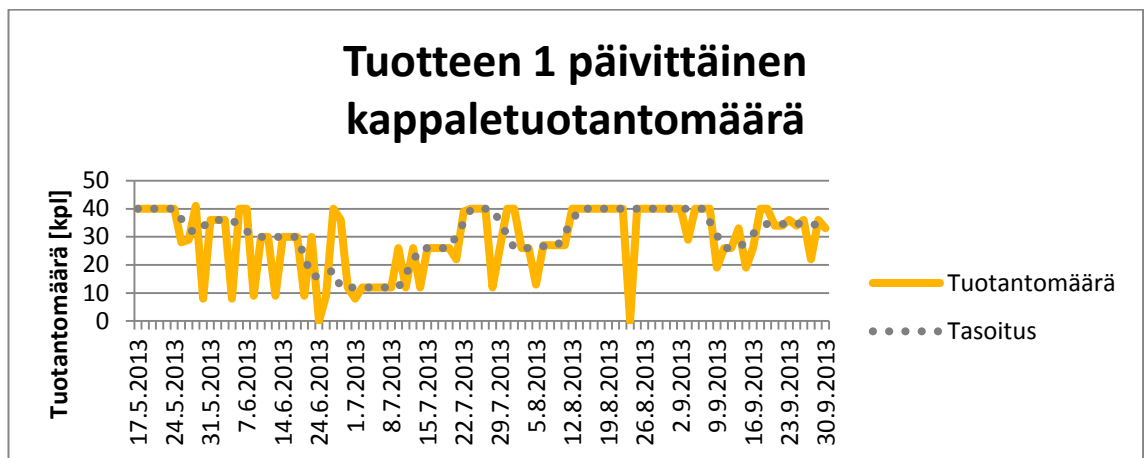
#### 4.3.2 Tuotteiden 1 ja 2 tuotanto

Tutkimusajankohtana valmistettiin kolme erikokoista tuote 1:stä. Normaali mittaisia elementtejä mahtuu muotteihin 40 kappaletta jolloin tuotantomäärä on 52,5 tonnia. Muottihuollot, tuotantolaitteiden rikkoantumiset ja henkilövahvuuden muutokset esiintyvät vaihteluna tuotantomäärässä. Tuotteen 1 tuotantomäärät tonneissa ja kappaleissa esitetään kuvissa Kuva 15 ja Kuva 16.

Toukokuun lopussa suoritettiin muottihuoltoa, kesäkuun alussa yksi työntekijä jäi lomalle ja kesäkuun aikana paineilmakompressori sekä siltanosturi rikkoontuivat. Kesäkuun puolessa välissä työntekijöiden virheellisen koordinoinnin takia tuotanto pysähtyi. Elokuussa pidetty infotilaisuus aiheutti seisahduksen.



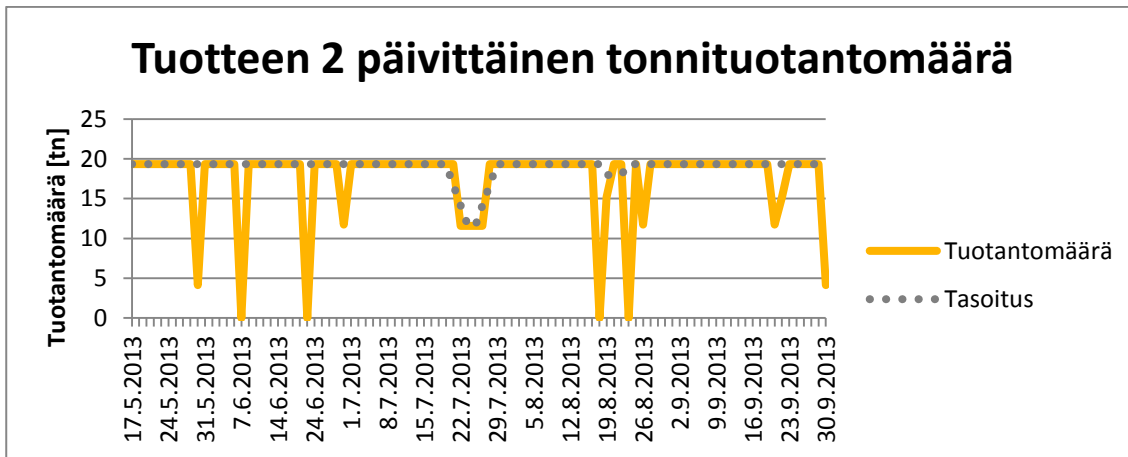
Kuva 15. Tuotteen 1 päivittäinen tuotantomäärä tonneissa.



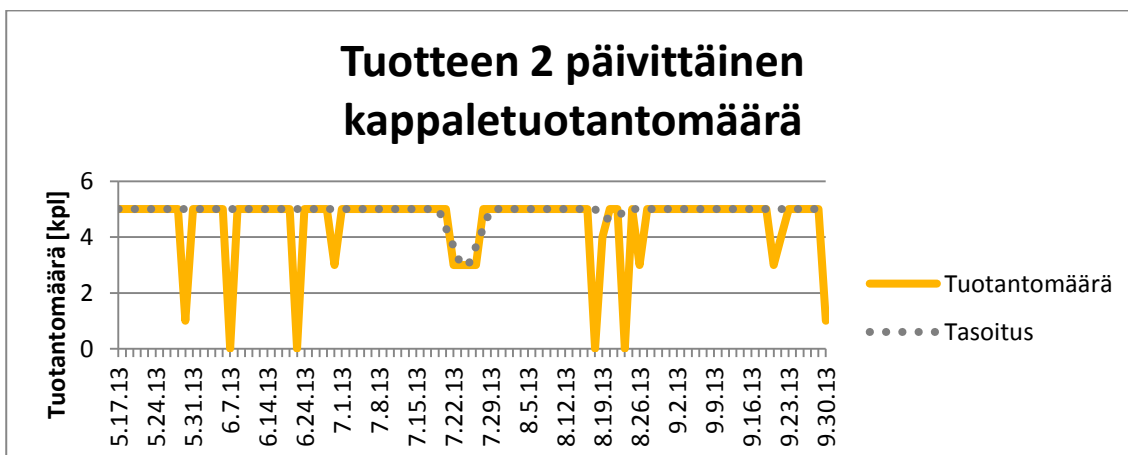
Kuva 16. Tuotteen 1 päivittäinen tuotantomäärä kappaleissa.

Tuotetta 2 valmistetaan viidellä muotilla. Muotissa 2B on mahdollista muuttaa valmistettavan elementin mittoja. Tutkimusajankohtana suoritettiin yksi muotin muutos heinäkuun lopussa. Muutos kesti neljä päivää aiheuttaen alhaisemman tuotantomäärän. Tuotteen 2 päivittäiset tuotantomäärät esitetään kuvissa Kuva 17 ja Kuva 18. Vaihtelua aiheuttavat infotilaisuudet, henkilövahvuuden muutokset sekä muotin muutos.

Elokuun puolessa välissä tuotetta valmisti yksi työntekijä. Työntekijän uupumus sekä työntekijän työhön paluu aiheuttavat elokuisen tuotantomäärän notkahduksen. Tuotteen tasattu tuotantomäärä on lähes vakio.

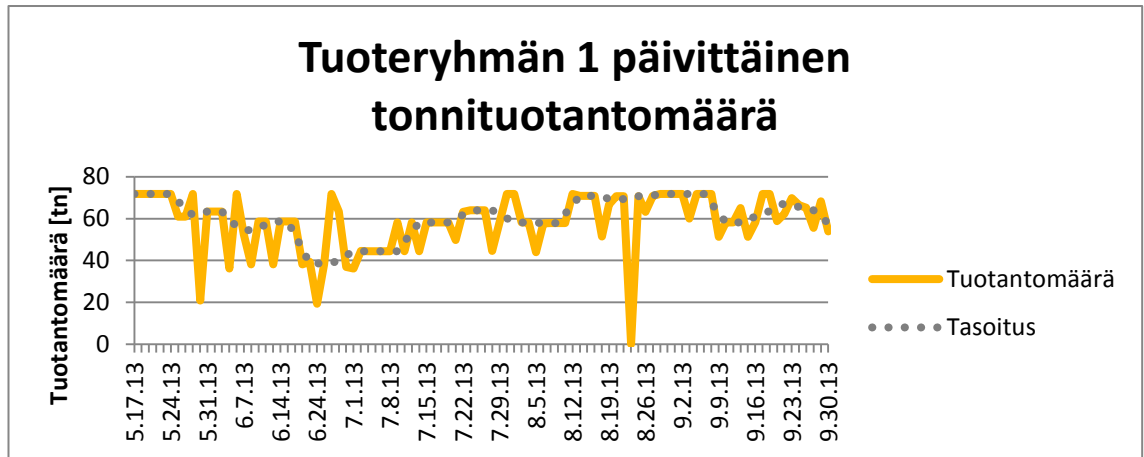


Kuva 17. Tuotteen 2 päivittäinen tuotantomäärä tonneissa.

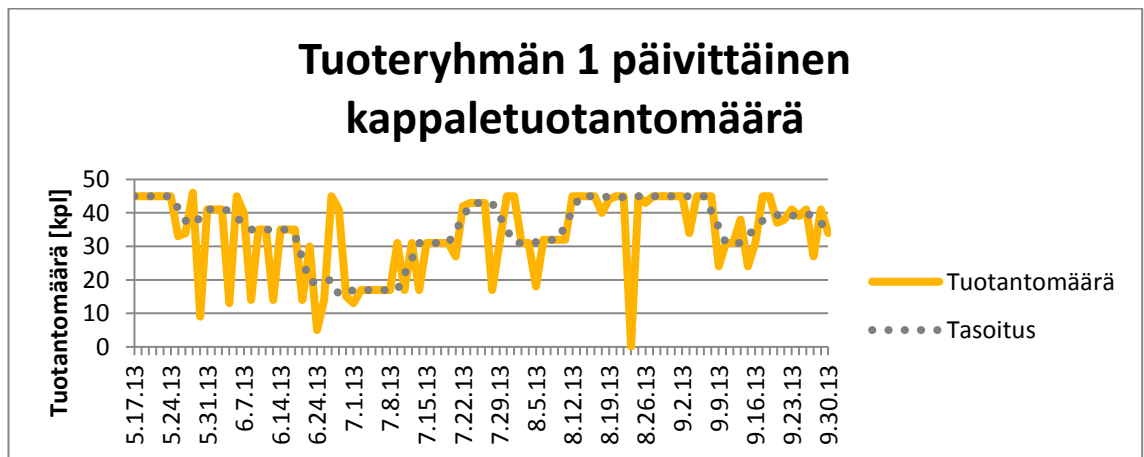


Kuva 18. Tuotteen 2 päivittäinen tuotantomäärä kappaleissa.

Tuotteet 1 ja 2 valmistetaan samaan projektiin, jonka takia niitä seurattiin tuoteryhmänä. Kyseinen projekti on työllistänyt tehdasta alkutalvesta 2011. Projektin ennustetaan päättyvän vuoden 2014 aikana. Tuoteryhmän 1 tuotantomäärät esitetään kuvissa Kuva 19 ja Kuva 20. Tuotantomäärien vaihtelu aiheutuu tuotteen 1 tuotannosta.



Kuva 19. Tuoteryhmän 1 päivittäinen tuotantomäärä tonneissa.

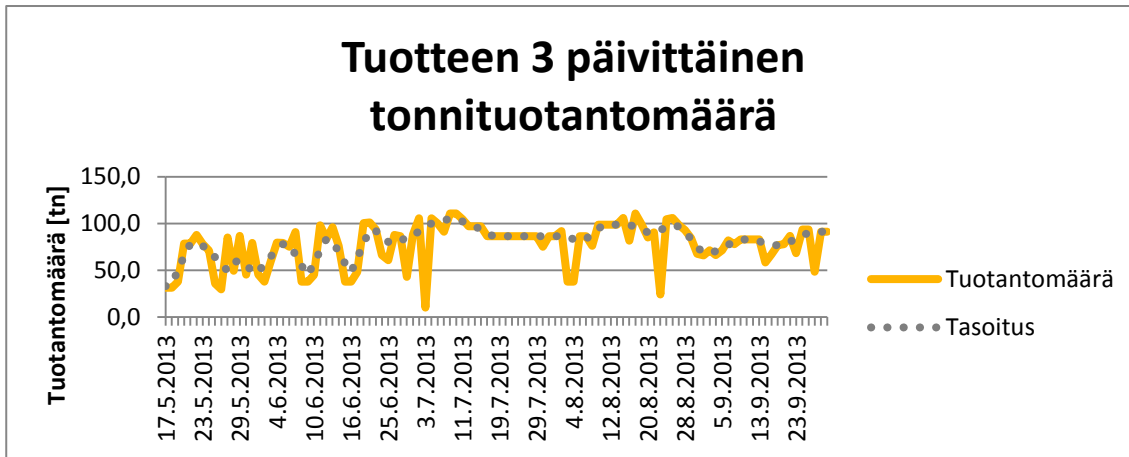


Kuva 20. Tuoteryhmän 1 päivittäinen tuotantomäärä kappaleissa.

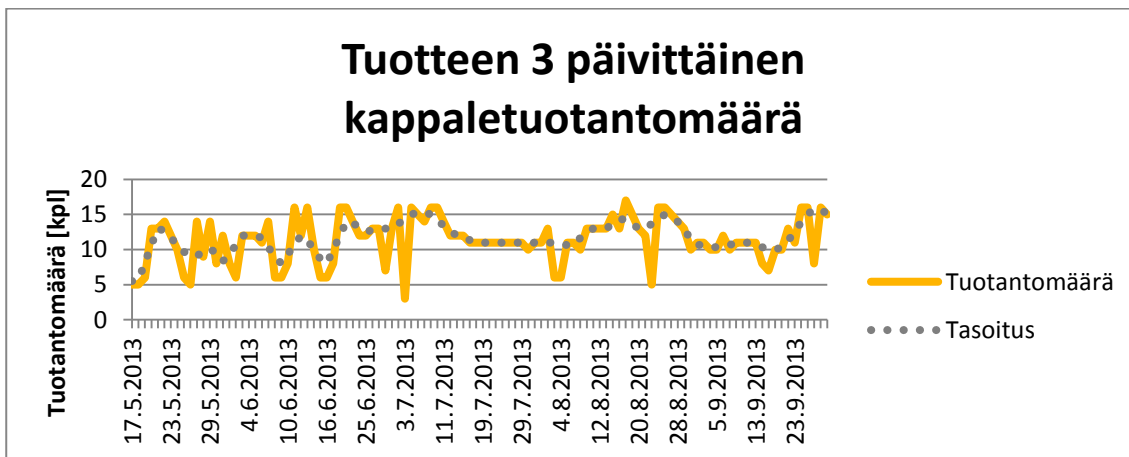
#### 4.3.3 Tuotteen 3 tuotanto

Tutkimusajankohdalla valmistetut tuote 3:n elementit olivat massiivisia. Tehdas investoi ennen aineiston keräämistä uuteen muottiin, jolla voidaan valmistaa korkeampia elementtejä. Muotin käyttöönotossa ilmeni ongelmia, jotka saatiin selvitettyä heinäkuun alkuun mennessä.

Uudella muotilla oli tuotantoa viikonloppuisin touko-kesäkuussa muotin käyttöönoton myöhästyttyä. Heinäkuussa tuotteen valmistussarjakoko oli suuri, jolloin valmisteluajat olivat lyhyempiä. Heinäkuun tasaiset tuotantomäärät aiheutuvat suuresta sarjakoosta. Erikoiselementtien pitkät valmisteluajat aiheuttavat tuotantomääriin vaihtelua. Päivittäiset tuotantomäärät esitetään kuvissa Kuva 21 ja Kuva 22.



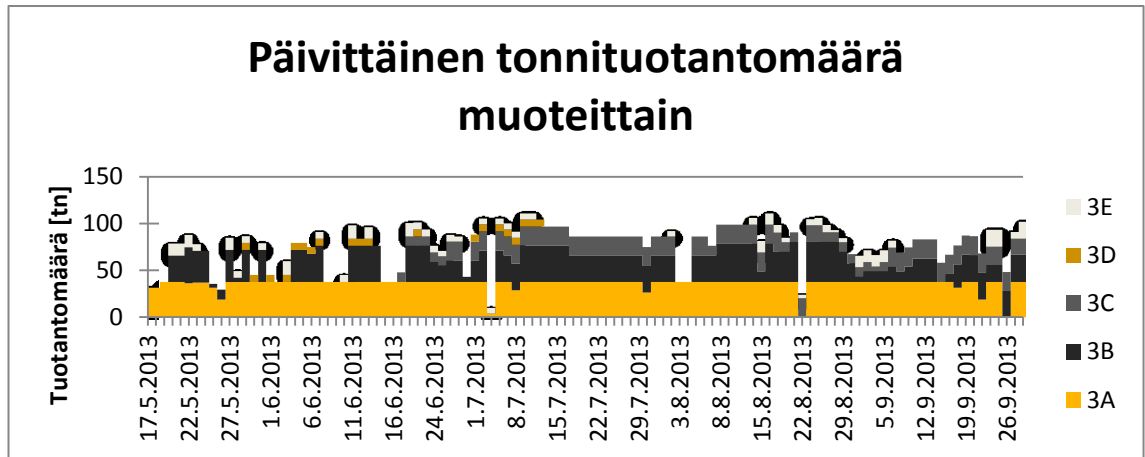
Kuva 21. Tuotteen 3 päivittäinen tuotantomäärä tonneissa.



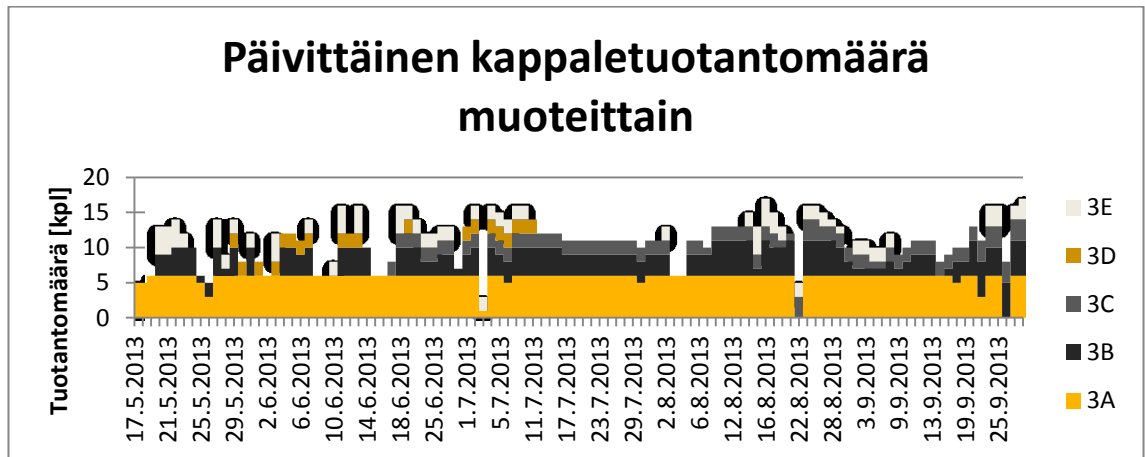
Kuva 22. Tuotteen 3 päivittäinen tuotantomäärä kappaleissa.

Tuotteen 3 tuotantoa seurattiin muottikohtaisesti. Muottikohtaisuus mahdollisti uuden muotin käyttöönoton seuraamisen. Muottikohtaiset päivittäiset tuotantomäärät esitetään kuvissa Kuva 23 ja Kuva 24. Muottikohtaista tuotantomäärää hallitsee uusi muotti noin 50 prosentin osuuksilla päivän tuotantomäärästä.





Kuva 23. Tuotteen 3 päivittäinen tonnituantomäärä muoteittain.



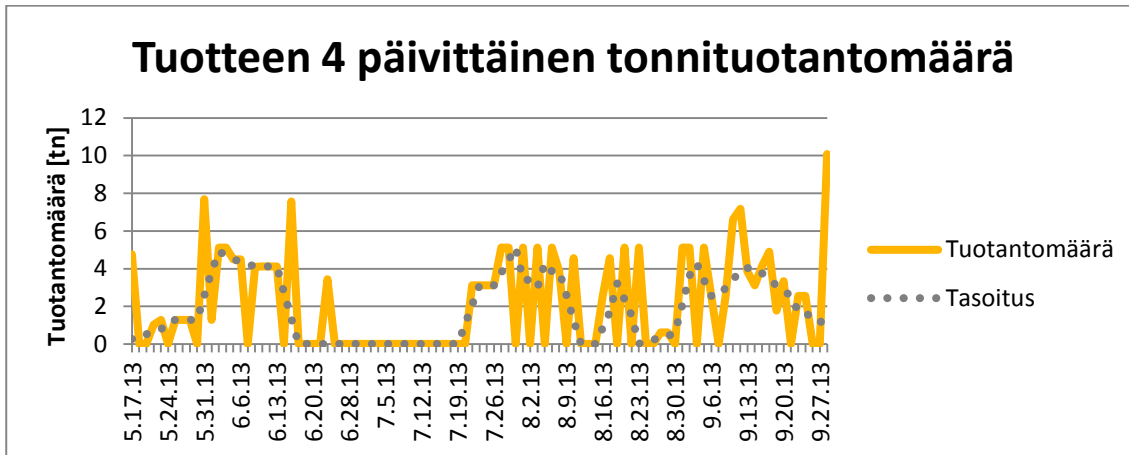
Kuva 24. Tuotteen 3 päivittäinen kappaletuantomäärä muoteittain.

#### 4.3.4 Tuotteiden 4 ja 5 tuotanto

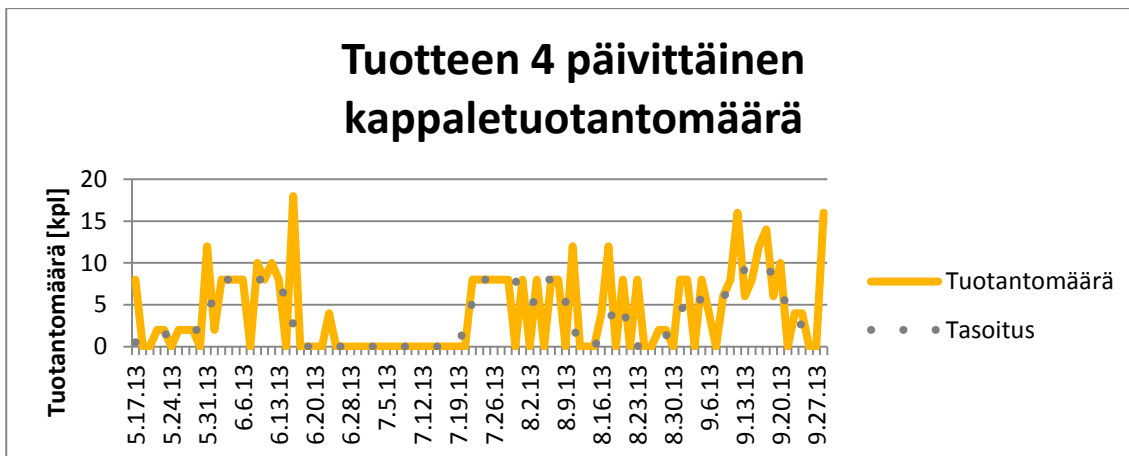
Tuotteiden 4 ja 5 tuotanto on pääasiallisesti varasto-ohjautuvaa. Tilausperusteiseen tuotantoon voidaan siirtyä joustavasti. Tuotteita 4 ja 5 voi tilata erikoismittaisina tai muilla erityisvaatimuksilla. Tuotteen 5 tuotannossa erikoiselementtien valmistus aloitetaan raudoittamosta. Tuotteen 4 raudoituksesta vastaa elementtejä valmistava betonityöntekijä.

Tuotteen 4 tuotanto ei ollut tutkimusajankohdalla tasaista. Päivittäinen tuotantomäärä heilahteli voimakkaasti, koska valu suoritettiin joka toinen päivä. Tuotteen 4 päivittäiset tuotantomäärät esitetään kuvissa Kuva 25 ja Kuva 26. Tuotteen valmistelu-aika valukuntoon kesti 1,5 työpäivää eli 12 tuntia. Valmisteluajassa betonityöntekijä purki edellisen valun, puhdisti muotin, valmisteli raudoitteen ja varusteli muotin valukuntoon. Kesäheinäkuussa tuotannossa on seisokki. Tonnituotantomäärän muutokset aiheutuvat tuot-

teen massan vaihtelusta. Kevyin tuote on massaltaan vain 110 kiloa ja painavin lähes 600 kiloa.

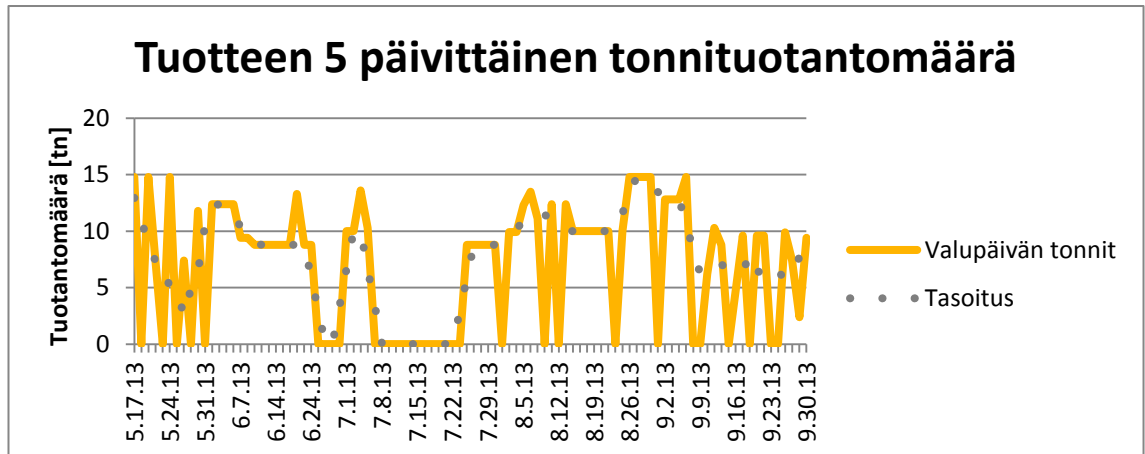


Kuva 25. Tuotteen 4 päivittäinen tuotantomäärä tonneissa.

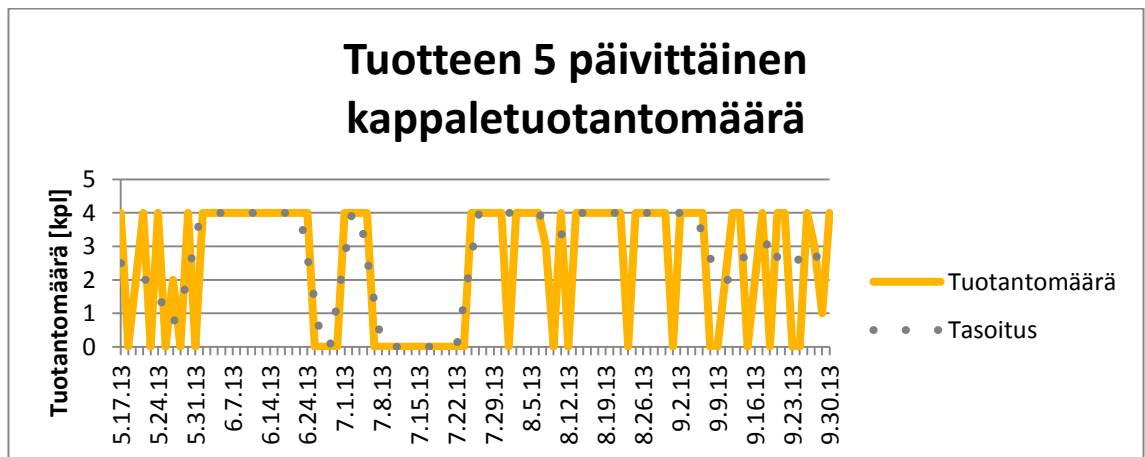


Kuva 26. Tuotteen 4 päivittäinen tuotantomäärä kappaleissa.

Tuotetta 5 valettiin joka toisena päivänä. Tuotetta valmistettiin muottikapasiteetin mukaisesti neljä elementtiä. Kevyin tuote on massaltaan 2,13 tonnia ja painavin lähes 4 tonnia. Tuotteen 5 päivittäiset tuotantomäärät esitetään kuvissa Kuva 27 ja Kuva 28.

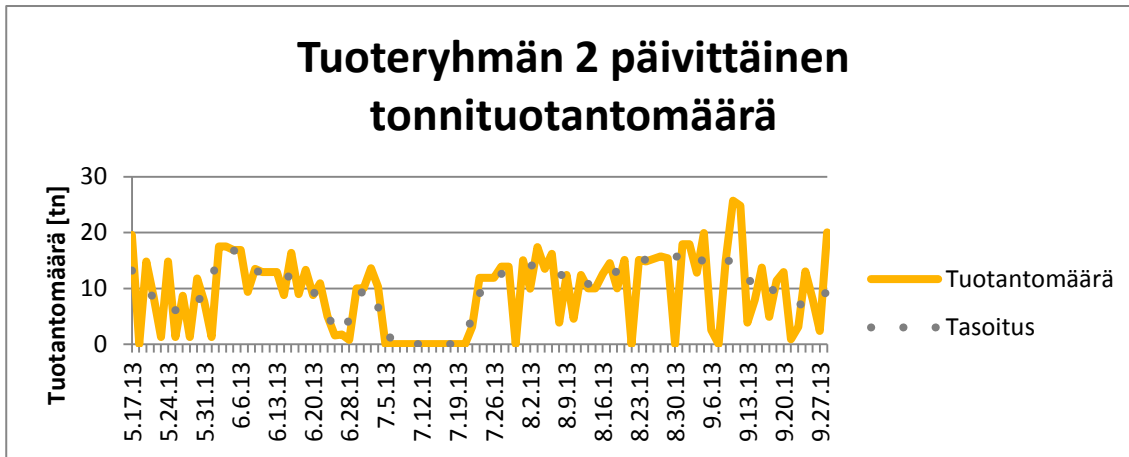


Kuva 27. Tuotteen 5 päivittäinen tuotantomäärä tonneissa.

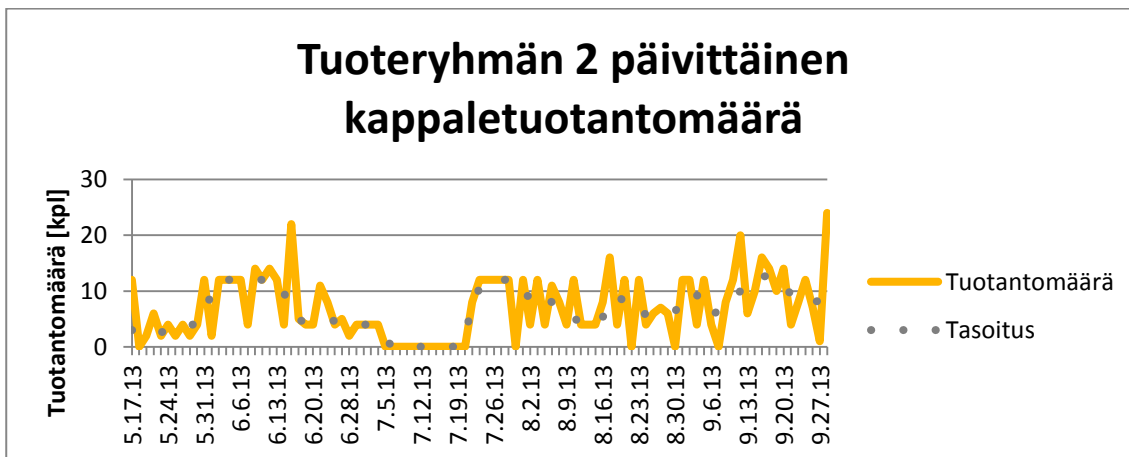


Kuva 28. Tuotteen 5 päivittäinen tuotantomäärä kappaleissa.

Tuotteiden 4 ja 5 tuotantoa seurattiin myös tuoteryhmänä, koska yksi työntekijä saattoi valmistaa päivän aikana molempia tuotteita. Tuoteryhmän 2 tuotantomäärät esitetään kuvissa Kuva 29 ja Kuva 30. Tuoteryhmän tuotantomäärissä esiintyy heilahteluja, mutta tuottamattomia päiviä ei esiinny yhtä usein kuin tarkastellessa tuoteryhmän tuotteita erikseen. Tuoteryhmän tuotteita ei valmistettu heinäkuussa ollenkaan työntekijöiden vuosilomien ja korkean varastosaldon johdosta.



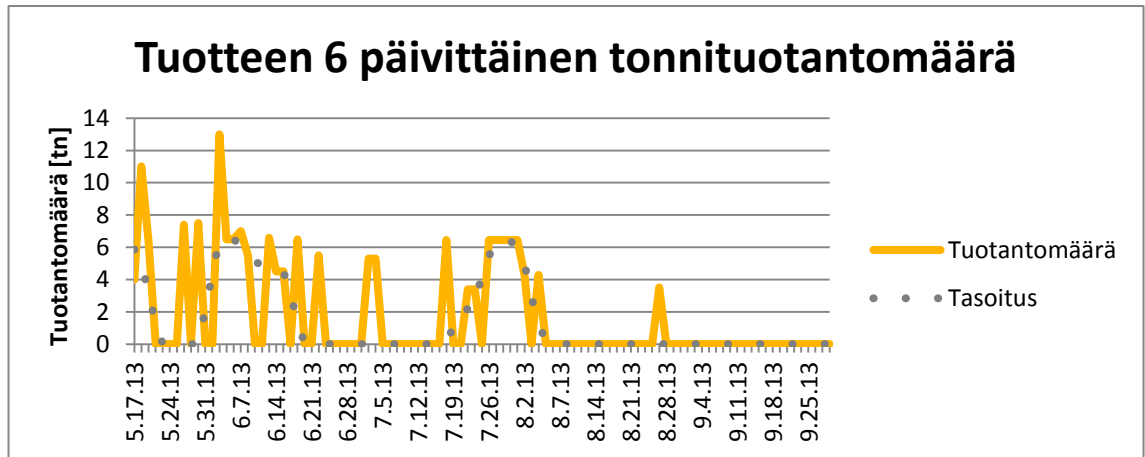
Kuva 29. Tuoteryhmän 2 päivittäinen tuotantomäärä tonneissa.



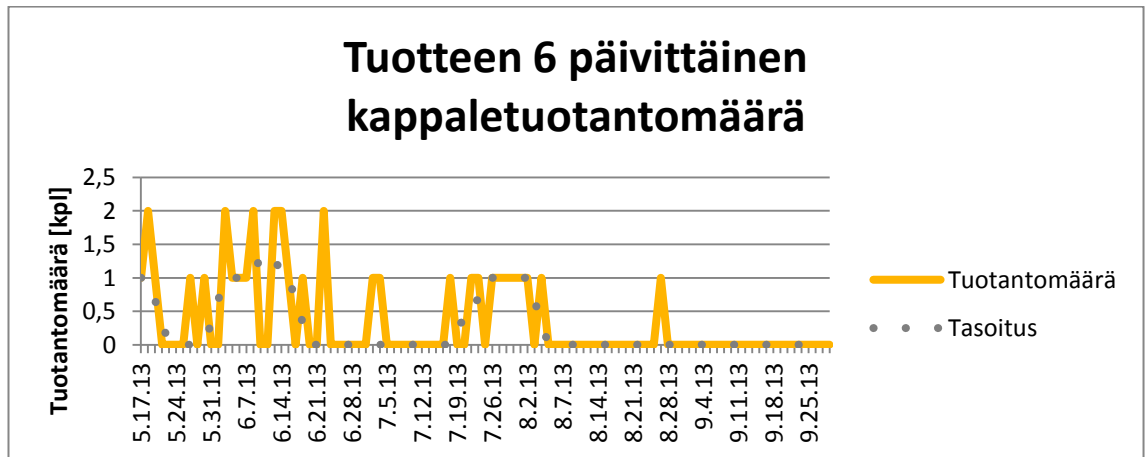
Kuva 30. Tuoteryhmä 2 päivittäinen tuotantomäärä kappaleissa.

#### 4.3.5 Tuotteen 6 tuotanto

Tuotetta 6 valmistetaan oheistuotantona. Tehtaan tuotanto keskittyi tutkimusajankohtana tuotteisiin 1, 2 ja 3 sekä tuoteryhmään 2. Tuotteen 6 tuotantomäärät esitetään kuvissa Kuva 31 ja Kuva 32.



Kuva 31. Tuotteen 6 päivittäinen tuotantomäärä tonneissa.



Kuva 32. Tuotteen 6 päivittäinen tuotantomäärä kappaleissa.



## 5 Tulokset

Edellä esitetystä aineistosta kehitettiin tehdaskohtainen sekä työpistekohtainen suorituskykymittaristo. Työpistekohtaisesta mittaristosta rajattiin raudoittamo sekä betoniasema pois. Raudoittamo rajattiin työpistekohtaisesta mittauksesta tuotosyksikön erilaisuuden takia. Raudoittamon sekä betoniaseman suorituskyky vaikuttavat tehdaskohtaiseen suorituskykyyn.

Työpistekohtaisten mittareiden panoksina käytettiin työpisteen työntekijöiden lukumäärää tai työpisteen teoreettista maksimikapasiteettia. Yritysjohdolle kehitettyyn tehdaskohtaiseen mittariin otettiin huomioon raudoittajat sekä betoniasemanhoitaja. Raudoittajat sekä betoniasemanhoitaja rajattiin työpistekohtaisista mittareista pois, koska aineiston kerääminen olisi monimutkaistunut.

### 5.1 Tehtaan suorituskyky

Tutkimusajankohtana tuotantomäärissä hallitsevana tuotteena oli tuote 3. Keskimäärin päivän tuotantomäärästä tuotetta 3 valmistettiin 59 %, tuotetta 1 24 %, tuotetta 2 11 %, tuoteryhmä 2 5 % ja tuotetta 6 1 %. Kuva 33 havainnollistaa tehtaan päivittäisen tuotannon jakautumista valmistettujen tuotteiden tonnimäärään perustuen. Jatkuvassa tuotannossa tuotteen 3 elementit ovat massiivisimpia. Taulukko 4 esittää tutkimusajankohdalla valmistettujen elementtien keskimääräisen painon.

*Taulukko 4. Tehtaalla valmistettujen elementtien keskimääräinen paino.*

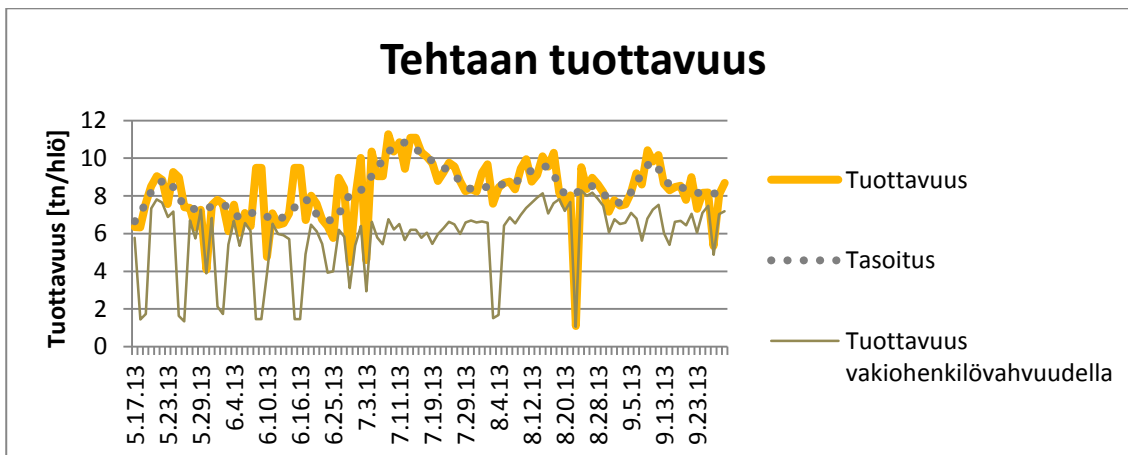
Tuote	Tuotettujen elementtien keskimääräinen paino [tn]
Tuote 3	6,8
Tuote 1	1,4
Tuote 2	3,9
Tuoteryhmä 2	1,3
Tuote 6	5,7

## Tehtaan päivän tuotannon jakautuminen tonneittain



Kuva 33. Tehtaan päivittäisen tuotannon profiili.

Tehtaan päivittäiset tuottavuudet sekä kapasiteetin käyttöaste esitetään kuvissa Kuva 34, Kuva 35 ja Kuva 36. Tuottavuutta kuvaaviin suorituskykymittareihin määritettiin myös vakiohenkilömääräinen tuottavuus. Heinä-elokuussa tuottavuus on jopa 5 tn/hlö ja 2 kpl/hlö korkeammalla. Tehtaan päivittäinen tuotantomäärä on kyseisellä ajanjaksolla hiukan keskimääräistä korkeampi. Tuottavuuden sekä kapasiteetin käytön vaihtelu aiheutuu henkilövahvuudesta, elementtien valmisteluajoista sekä tuotantoon suoraan vaikuttavista suunnitelluista tai äkillisistä seisahduksista.

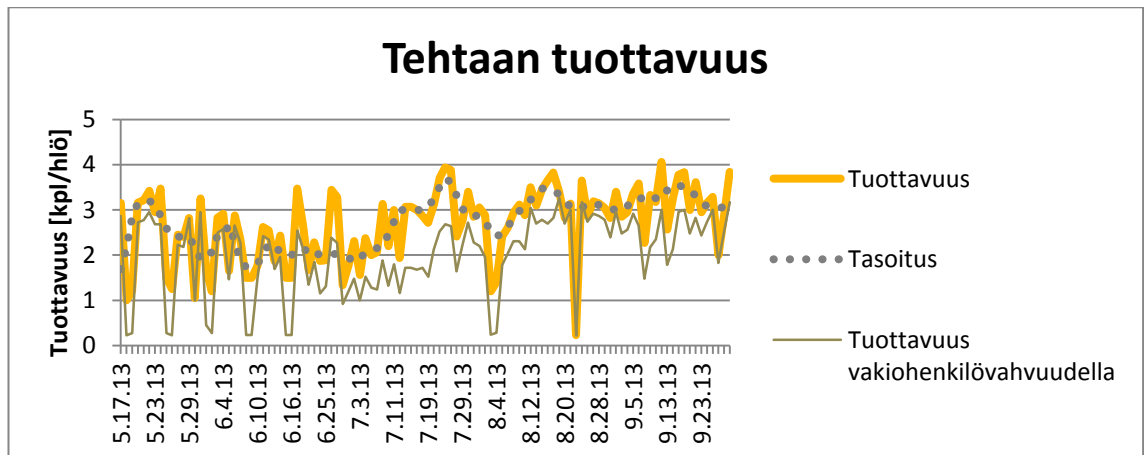


Kuva 34. Tehtaan tuottavuusmittari yksikössä tonnia per työntekijä.

Henkilövahvuuden vaihteluun vaikuttavat työntekijöiden lakisääteiset lomat, työajanlyhennysvapaat sekä sairauspoissaolot. Vaihtelua voi tasata lomittamalla työntekijöiden loma-aikoja ja suunnitteleamalla työajanlyhennysvapaiden käyttöä. Sairauspoissaolojen määrää työnantaja voi vähentää ennakoivalla terveydenhoidolla.



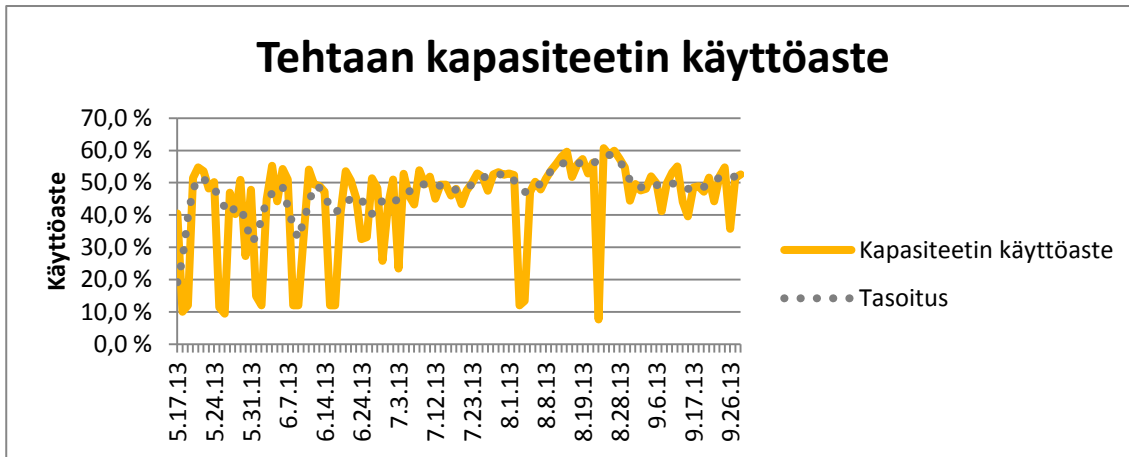
Valmisteluajoissa esiintyy vaihtelua, kun valmistetaan erityisvaatimuksen mukaisia elementtejä. Tuoteryhmän 2 erikoiselementtien valmistuksessa valmistelu-aika siirtää elementtien valmistamista päivillä pienentäen päivittäistä tuottavuutta. Valmistelu-aikoihin voidaan vaikuttaa suunnittelemalla tuotantoa ja lomittamalla muottimuutoksia tuotantoon.



Kuva 35. Tehtaan tuottavuusmittari yksikössä kappaletta per työntekijä.

Tuotantoon vaikuttavien suunniteltujen seisahdusten ajaksi työntekijöille useimmiten määrätään työajanlyhennysvapaita. Kaikille työntekijöille ei ole mahdollisesti kertynyt työajanlyhennysvapaita tai ne on jo käytetty, jolloin on työskenneltävä suunniteltujen seisahdusten aikana. Työskenteleminen esiintyy suorituskykymittarissa tuottamattomana päivänä, vaikka työpisteellä suoritettaisiin valmistelutöitä. Elokuun lopun infotilaisuus on luonteeltaan suunniteltu tuotannon seisahdus.

Tuotannon äkilliset seisahdukset ovat yleensä tuotantoon kohdistuvia häiriötilanteita. Tehtaalla tuotantoon äkillisesti vaikuttavia häiriötilanteita olivat muun muassa siltanosturien rikkoontuminen, paineilmakompressorin rikkoontuminen ja muottien korjaaminen. Äkillisesti vaikuttaneet häiriöt tuotannossa ovat vältettävissä muun muassa ennakkoivalla ja säännöllisellä kunnossapidolla. Ennakoivalla kunnossapidolla tuotantolaitteet, valumuotit ja oheislaitteet eivät äkkinäisesti rikkoonnu ja aiheuta tuotantoon häiriötä.



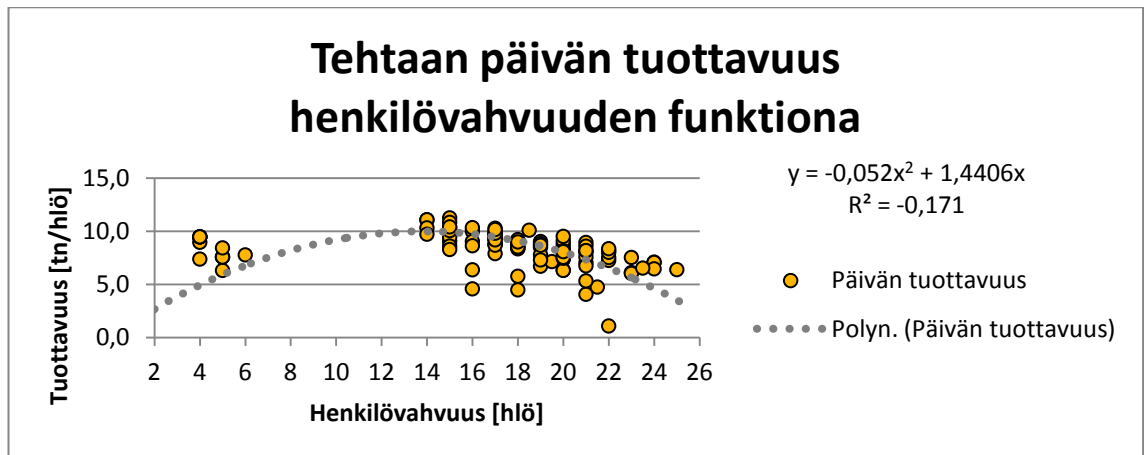
Kuva 36. Tehtaan kapasiteetin käyttöasteen mittari.

Tehtaan kapasiteetin käyttöasteen mittarissa tuotannon määrää verrataan teoreettiseen maksimikapasiteettiin. Kapasiteetin käyttöaste on matalampi tilausperusteisessa tuotannossa kuin varasto-ohjautuvassa. Kehitettyyn käyttöastemittariin vaikuttaa tehtaan tilauskanta ja tilattujen elementtien ominaisuudet. Muottien maksimitonnikapasiteettien mukaisia elementtejä valmistettaessa käyttöaste olisi korkeampi.

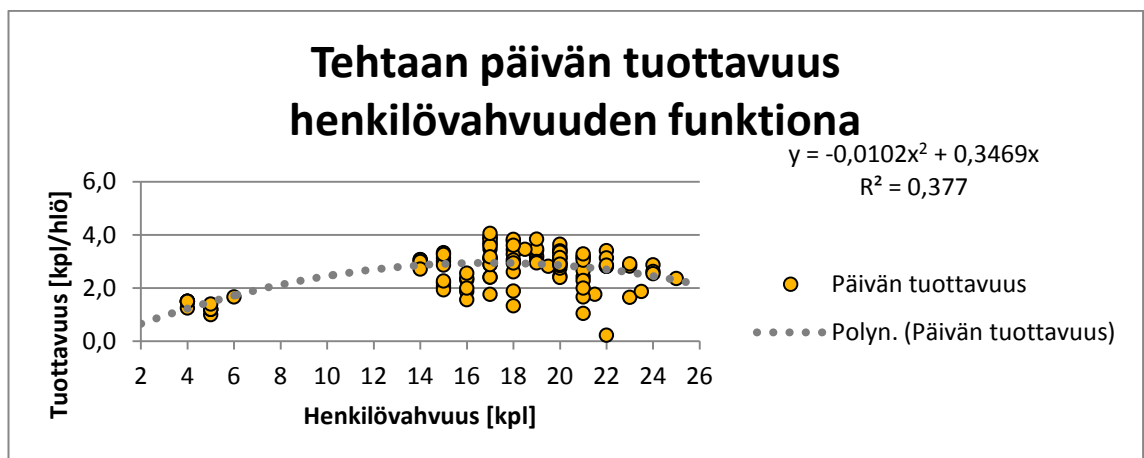
Tehtaan keskimääräiset tuottavuudet ja käyttöasteet laskettiin kerätyn aineiston avulla. Tutkimusajankohtana tehtaan henkilövahvuuden keskiarvo oli  $17,2 \pm 0,5$  henkilöä ja tuotantomäärien keskiarvot  $139,1 \pm 4,2$  tonnia sekä  $49,7 \pm 1,9$  kappaletta. Kerätyn aineiston keskiarvoista lasketaan tuottavuuksille sekä käyttöasteelle virheet virheen kausautumislain perusteella. Tehtaan päivittäiset tuottavuudet olivat  $8,1 \pm 0,3$  tonnia per työntekijä sekä  $2,8 \pm 0,1$  kappaletta per työntekijä. Vuositasolla tuottavuudet olisivat 1730 tonnia per työntekijä ja 598 kappaletta per työntekijä. Teoreettisen maksimikapasiteetin laskemisessa virheeksi oletetaan 0,5 tonnia. Tehtaan käyttöaste oli  $44,3 \% \pm 0,7 \%$ . Tutkimusajankohtana valmistetun elementin keskimääräinen massa oli  $2,8 \pm 0,1$  tonnia.

Kehitettyjen suorituskykymittareiden tuloksia analysoidaan mittarin tuotos- ja panostietojen avulla. Tuottavuudet henkilövahvuuden funktiona esitetään kuvissa Kuva 37 ja Kuva 38. Kuvista huomataan viikonloppuisin tapahtuneen valmistuksen tuottavuudet henkilövahvuuden ollessa alle kahdeksan henkilöä sekä karkea virhe. Kuvia Kuva 37 ja Kuva 38 verrattaessa huomataan tonnimääräisessä kuvassa Kuva 37 laskeva trendi henkilövahvuuden ollessa yli 14 henkilöä.

Kuvaajiin sovitettiin toisen asteen yhtälöt trendiviivoiksi. Yhtälöistä voidaan ratkaista maksimituottavuudet derivaatan nollakohdan avulla. Tonnimääräisen tuottavuuden maksimi sijoittuu henkilövahvuuden lukuarvoon 14 henkilöä, jolloin tuottavuus on 10,0 tonnia per henkilö. Kappalemääräisen tuottavuuden maksimi sijoittuu henkilövahvuuden lukuarvoon 17 henkilöä, jolloin tuottavuus on 2,9 kappaletta per henkilö.



Kuva 37. Tehtaan tuottavuus tonneissa henkilövahvuuden funktiona.

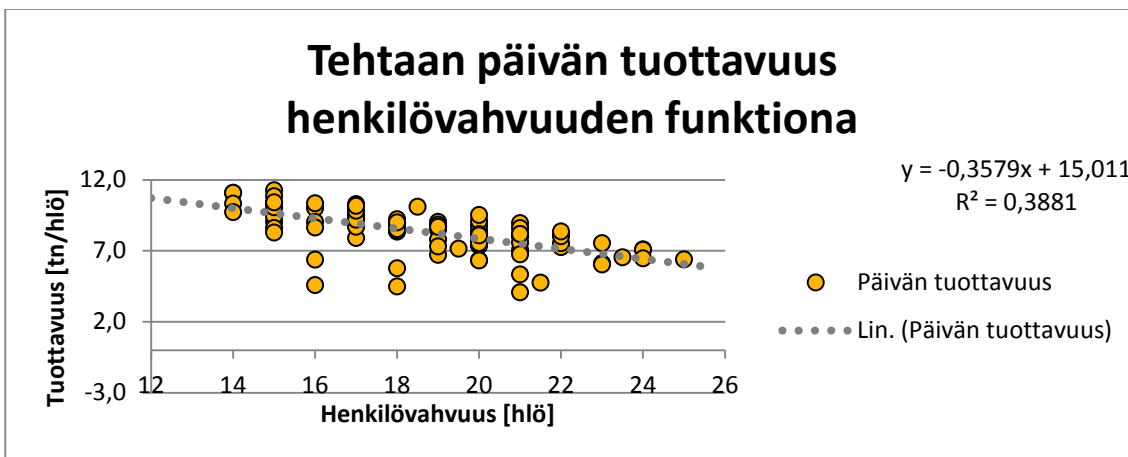


Kuva 38. Tehtaan tuottavuus kappalemäärissä henkilövahvuuden funktiona.

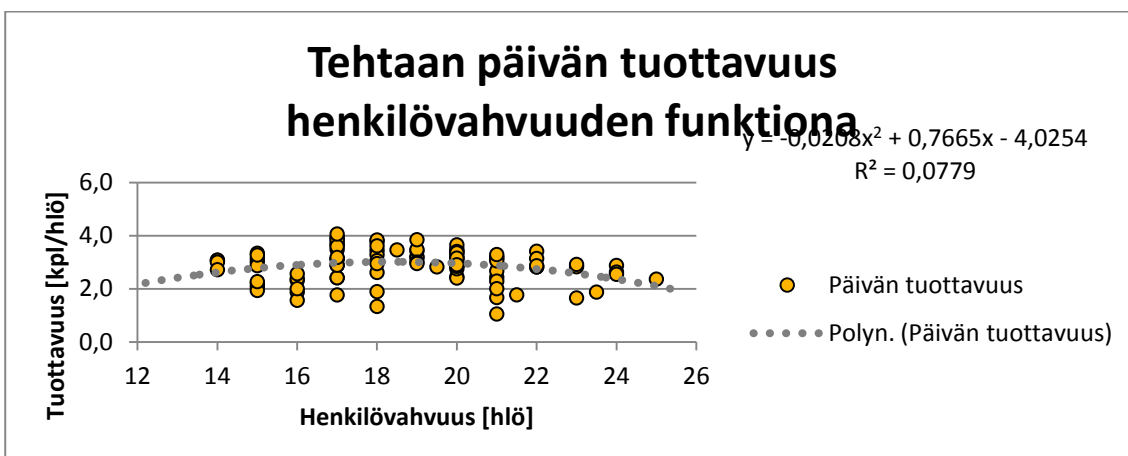
Tarkastelun helpottamiseksi jätetään viikonloppuisin tapahtunut tuotanto sekä karkea virhe huomioimatta. Kuvat Kuva 39 ja Kuva 40 esittävät tehtaan tuottavuudet henkilövahvuuden funktiona huomioimatta viikonlopputuotantoa sekä karkeaa virhettä. Trendeiksi sovitettiin tonnimääräiseen ensimmäisen asteen ja kappalemääräiseen toisen asteen yhtälö.

Tonnimääräinen tuottavuus on laskeva suora, jonka kulmakerroin on  $-0,4$  tonnia per henkilöneliö. Tonnimääräinen tuottavuus laskee henkilövahvuuden kasvaessa, jolloin tehtaan tuotannon rajoitteet pätevät. Tonnituohtantomäärää rajoittavat tehtaan muottimäärät sekä tilauskanta.

Kappalemääräisen tuottavuuden maksimi on  $3,0$  kappaletta per henkilö, jolloin henkilövahvuus on  $19$ . Tehtaan kappaletuotantomäärän rajoittavin tekijä on tilauskanta. Muottimäärä on rajoittavana tekijänä, kun tilauskannassa on paljon isoja tuotteita.



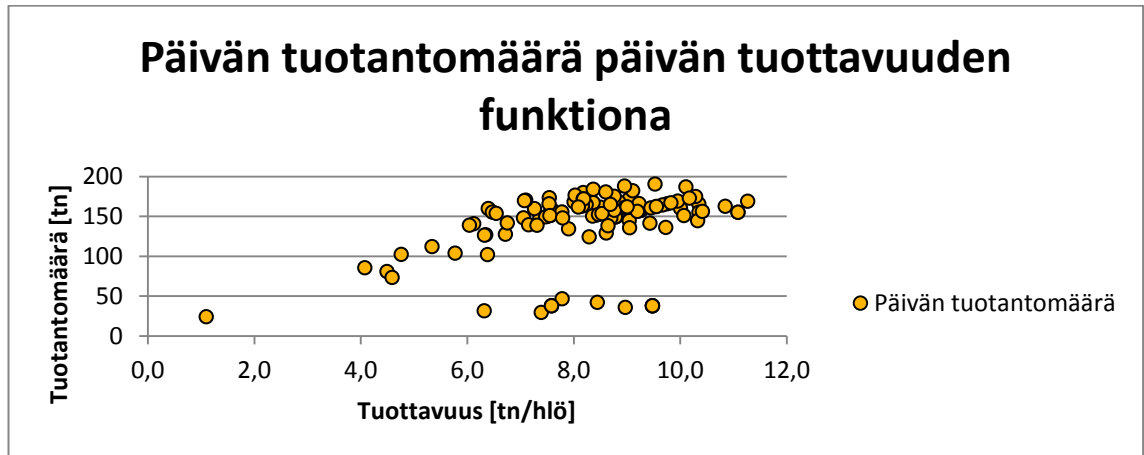
Kuva 39. Tehtaan normaali tuottavuus tonneissa henkilövahvuuden funktiona.



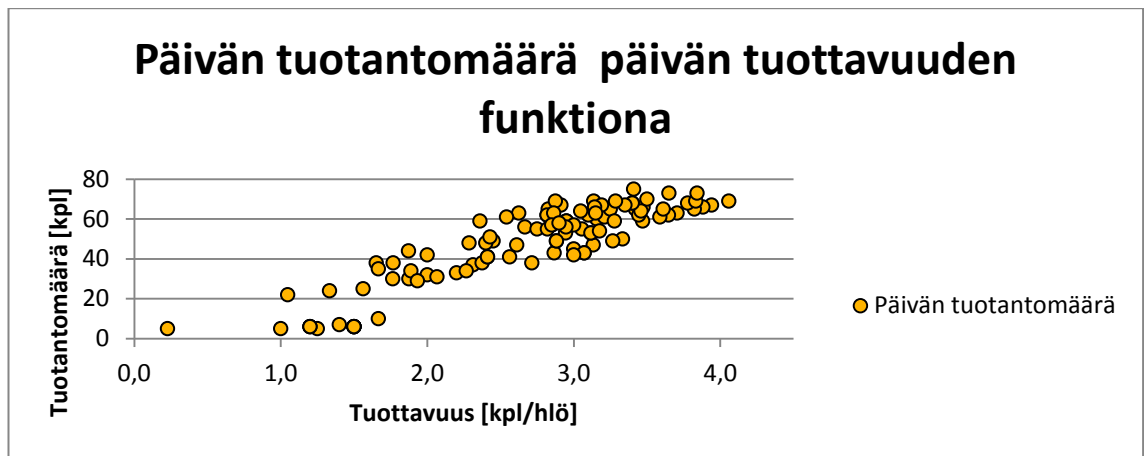
Kuva 40. Tehtaan normaali tuottavuus kappalemäärissä henkilövahvuuden funktiona.

Kuviin Kuva 41 ja Kuva 42 on sijoitettu tuotantomäärät tuottavuuksien funktiona. Tonnituohtantomääräinen kuvaaja kaartuu tuottavuuden ollessa  $6-10$  tonnia per henkilö. Kappaletuotantomääräinen kuvaaja on lineaarinen. Viikonloppujen tuotanto näkyy tuo-

tuotantomäärien ollessa alle 60 tonnia ja 10 kappaletta sekä tuottavuuksien ollessa yli 6 tonnia per henkilö ja 1 kappale per henkilö.



Kuva 41. Tehtaan tonnituoantomäärä tuottavuuden funktiona.

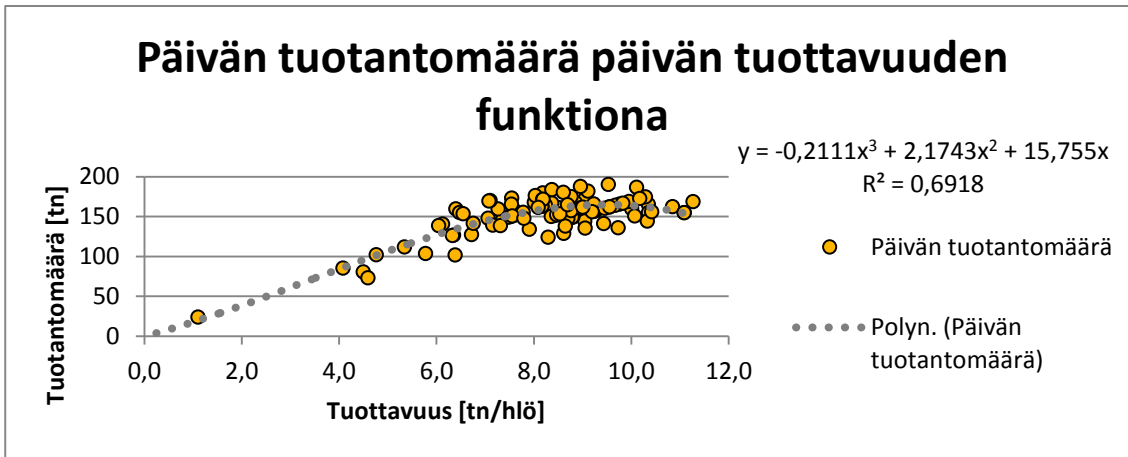


Kuva 42. Tehtaan kappaletuotantomäärä tuottavuuden funktiona.

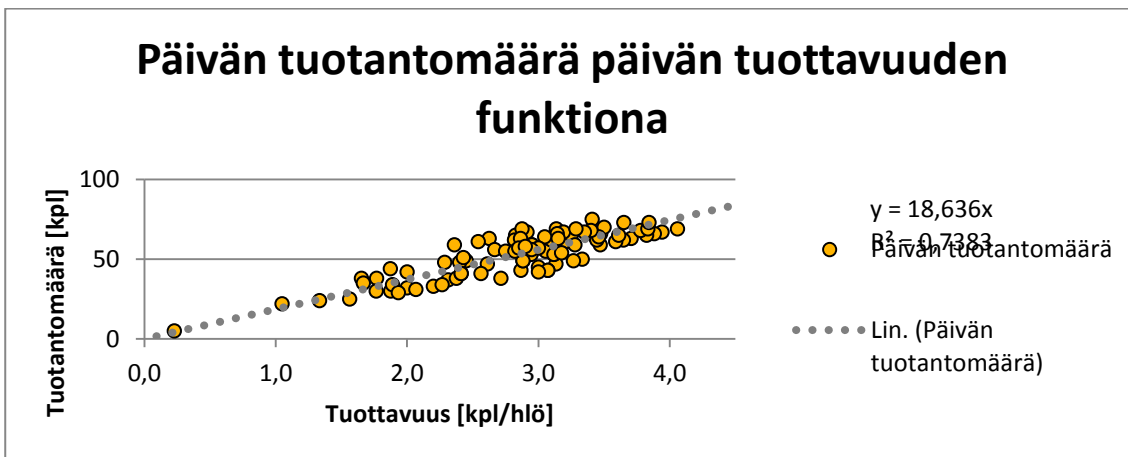
Tutkimusajankohdan normaalin tuotannon tuotantomäärät tuottavuuksien funktiona esitetään kuvissa Kuva 43 ja Kuva 44. Sovitetut yhtälöt kulkevat origon kautta, koska ilman tuotantoa ei ole tuottavuutta. Kun yhtälöt jaetaan tuottavuuden muuttujalla  $x$ , saadaan aikaan henkilömäärän yhtälöt. Henkilövahvuus tonnituoottavuuden mukaan on

$$\text{Henkilövahvuus} = \frac{y}{x} = -0,211x^2 + 2,1743x + 15,755, \quad (7)$$

missä  $y$  = tuotantomäärä tonneissa,  $x$  = tuottavuus tonnia / henkilö.

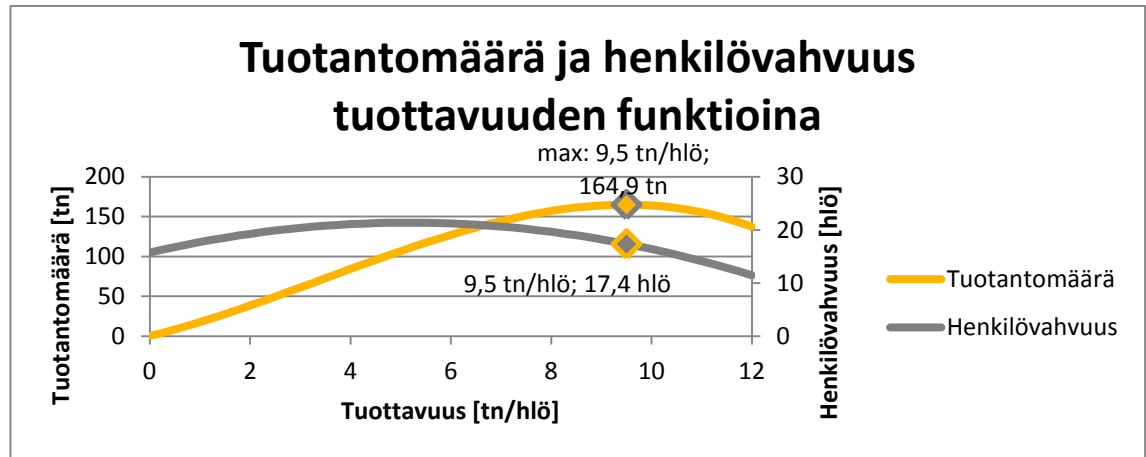


Kuva 43. Normaalin työpäivän tonnituoantomäärä tuottavuuden funktiona.



Kuva 44. Normaalin työpäivän kappaletuoantomäärä tuottavuuden funktiona.

Tonnituoantomääräisestä tuotantomäärän yhtälön maksimi on 164,9 tonnia, kun päivän tuottavuus on 9,5 tonnia per henkilö. Henkilövahvuus on 17,4 henkilöä. Tonnituoantomäärä ei vaikuta henkilövahvuuteen yksiselitteisesti, koska sovitetut yhtälöt eivät ole lineaarisia. Tonnituoantomäärän ja yhtälöstä johdetun henkilövahvuuden kuvaajat tuottavuuden funktiona esitetään kuvassa Kuva 45.



Kuva 45. Tonnituoantomäärä ja tonnituoantomäärän yhtälöstä johdettu henkilövahvuus tuottavuuden funktiona.

Kappaletuottavuus on suoraan verrannollinen tuotantomäärään, eli tuottavuus vaikuttaa yksiselitteisesti tuotantomäärään. Sovitettu yhtälö on lineaarinen, jonka kulmakerroin esittää tutkimusajankohdan tuotantorakenteella riittävän henkilömäärän. Tuotantorakenteeseen vaikuttavat elementtien fyysiset mitat, esimerkiksi kaksi metriä pitkiä tuote 4:a voidaan tehtaalla muottikapasiteetilla valmistaa 20 kappaletta. Jos pituus olisi vain metrin, kaksinkertaistuisi kappaletuotantomäärä 40 kappalettaeseen. Kaksinkertaistuvat sekä puolittuvat kappaletuotantomäärät muuttavat tuotantorakennetta. Tuotantorakenteen muutos ei välttämättä esiinny kappaletuottavuudessa.

Tuotantorakenteen muutos on tärkeää huomata suorituskykymittarista, joten kappaalemääräinen tuottavuusmittari ei sovellu tutkitulle tehtaalle. Tehtaan tuotantorakenne saattaa muuttua lyhyellä aikavälillä, mikä kasvattaa tuottavuusmittarin epävarmuutta. Kappaalemäärä olisi relevantti tuotostieto, jos tehtaalla tuotettaisiin yhtä ainoaa ja lähes saman kokoista tuotetta.

## 5.2 Työpisteiden suorituskyky

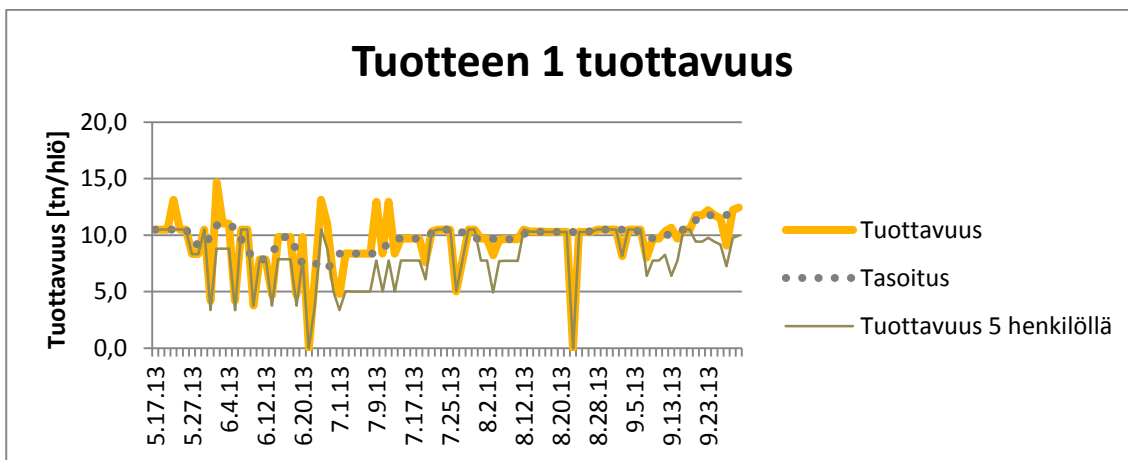
Aineistoon kerättiin eri työpisteiden tuotokset ja panokset työpisteiden suorituskyvyn määrittämiseksi. Työpistekohtainen suorituskykymittari on kehitetty työntekijöitä varten. Suorituskykymittarin avulla työntekijät voivat seurata omaa onnistumistaan. Työpistekohtaisia suorituskykymittareita ei analysoida niin kuin tehdaskohtaisia. Työpistekohtaisissa suorituskykyissä ei käsitellä kappaalemääräistä tuottavuutta.

Tuotteiden 1 ja 2 suorituskyky yhdistettiin tuoteryhmän 1 mittariksi projektin suorituskyvyn seuraamiseksi. Tuotteeseen 3 kehitettiin muottikohtaiset mittarit. Tuotteiden 4 ja 5 suorituskykyä mitattiin sekä tuoteryhmänä että erikseen.

### 5.2.1 Tuote 1

Tuotteen 1 työpistekohtaiseen tuottavuuteen vaikuttavat päivän tuotantomäärä, henkilövahvuus sekä mahdolliset tuotantoon vaikuttavat ongelmat. Työpisteelle on kohdistettu viisi työntekijää täyden tuotantomäärän saavuttamiseksi. Tuotteen 1 tuottavuus esitetään kuvassa Kuva 46.

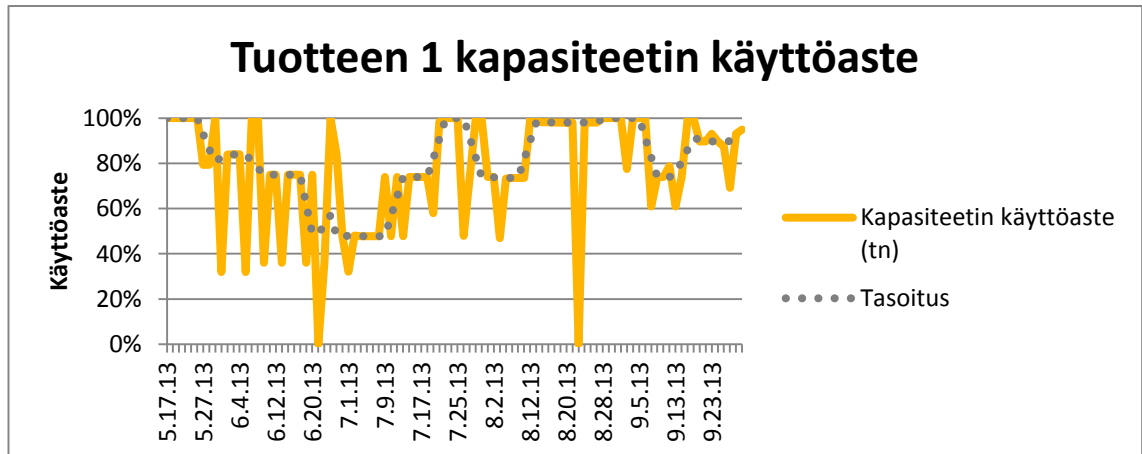
Tutkimusajankohtana henkilövahvuus vaihteli, joka aiheutti korkeamman tuottavuuden verrattuna vakiohenkilömääräiseen tuottavuuteen. Tuotteen 1 päivittäisen henkilövahvuuden keskiarvo oli  $4,3 \pm 0,1$  henkilöä. Päivittäisten tonni- ja kappaletuotantomäärien keskiarvot olivat  $40,8 \pm 1,3$  tonnia ja  $29,3 \pm 1,2$  kappaletta. Keskimääräinen tuottavuus oli  $9,5 \pm 0,3$  tonnia per henkilö.



Kuva 46. Tuotteen 1 päivittäinen tuottavuus tonnia per työntekijä

Käyttöasteessa on vaihtelua tuotannon ongelmien sekä erikoiselementtien valmistamisen takia. Tuotteen 1 kapasiteetin käyttöaste esitetään kuvassa Kuva 47. Tutkimusajankohtana kapasiteetin käyttöaste oli  $77,7 \pm 2,5$  %.

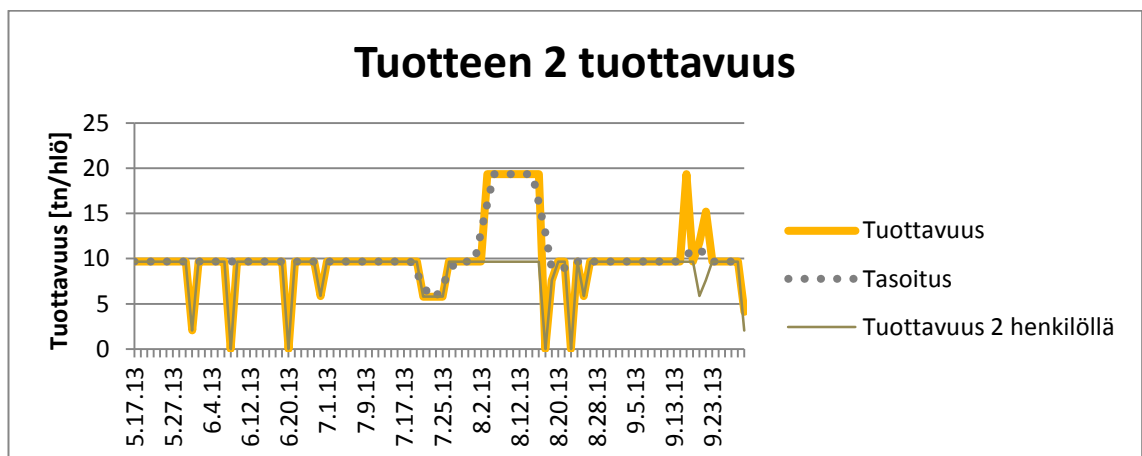




Kuva 47. Tuotteen 1 muotiston kapasiteetin käyttöaste.

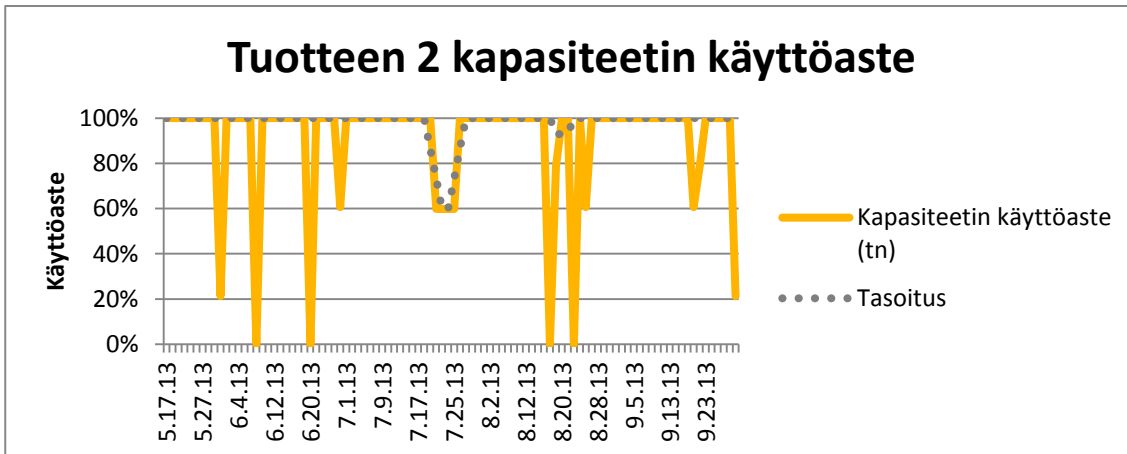
## 5.2.2 Tuote 2

Tuotteen 2 työntekijöiden lukumäärä oli tutkimusaikana lähes vakio. Elo- ja syyskuussa tuottavuus on poikkeuksellisesti hetkittäin kaksinkertainen. Poikkeuksellinen tuottavuus on mahdollinen, kun työntekijöitä on vain yksi. Tuotteen 2 päivittäinen tuottavuus esitetään kuvassa Kuva 48. Tuotteen päivittäinen henkilövahvuus oli  $1,8 \pm 0,1$  henkilöä. Tuotantomäärien keskiarvot olivat  $17,6 \pm 0,5$  tonnia sekä  $4,5 \pm 0,1$  kappaletta. Päivittäinen tuottavuus oli  $9,8 \pm 0,6$  tonnia per henkilö.



Kuva 48. Tuotteen 2 päivittäinen tuottavuus tonnia per henkilö.

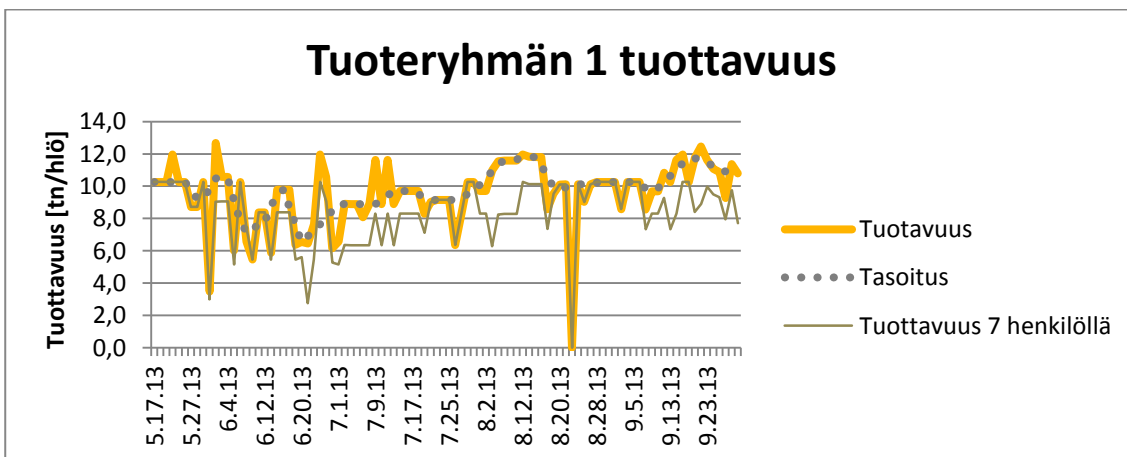
Tuotetta 2 valmistettiin joko täysi määrä tai ei yhtään, jolloin kapasiteetin käyttöaste käyttäytyy samalla tavalla. Tuotteen kapasiteetin käyttöaste esitetään kuvassa Kuva 49. Käyttöasteen keskiarvo tutkimusajankohtana oli  $91,2 \pm 3,5$  %.



Kuva 49. Tuotteen 2 muotiston kapasiteetin käyttöaste.

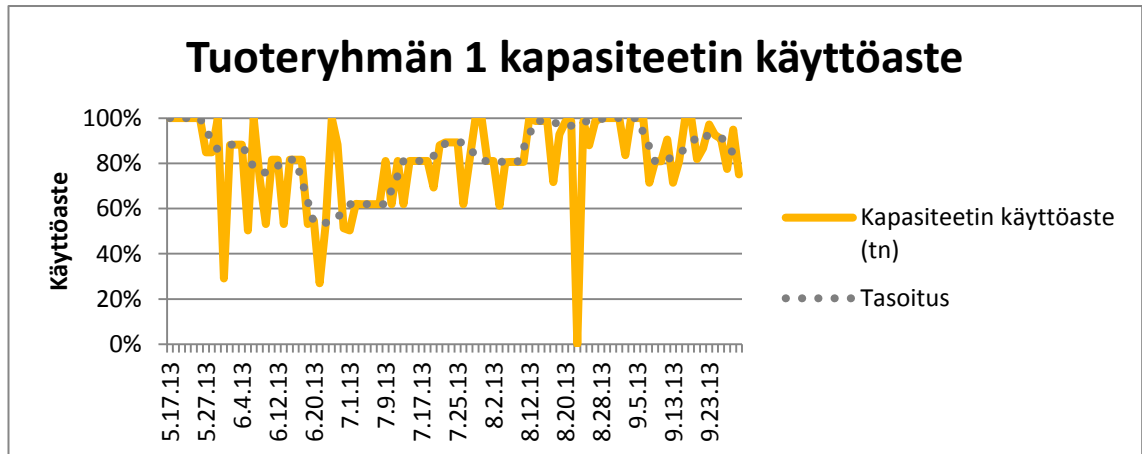
### 5.2.3 Tuoteryhmä 1

Tuotteiden 1 ja 2 muodostaman tuoteryhmän 1 päivittäinen tuottavuus esitetään kuvassa Kuva 50. Tuoteryhmän tuottavuudessa ilmenee sekä tuotteen 1 aiheuttamat suuret vaihtelut että tuotteen 2 hetkittäinen korkea tuottavuus. Tuoteryhmän henkilövahvuus oli  $6,1 \pm 0,1$  henkilöä ja tuotantomäärien keskiarvot olivat  $58,4 \pm 1,4$  tonnia sekä  $33,8 \pm 1,2$  kappaletta. Päivän tuottavuus oli  $9,6 \pm 0,3$  tonnia henkilöä kohden.



Kuva 50. Tuoteryhmän 1 päivittäinen tuottavuus tonnia per henkilö.

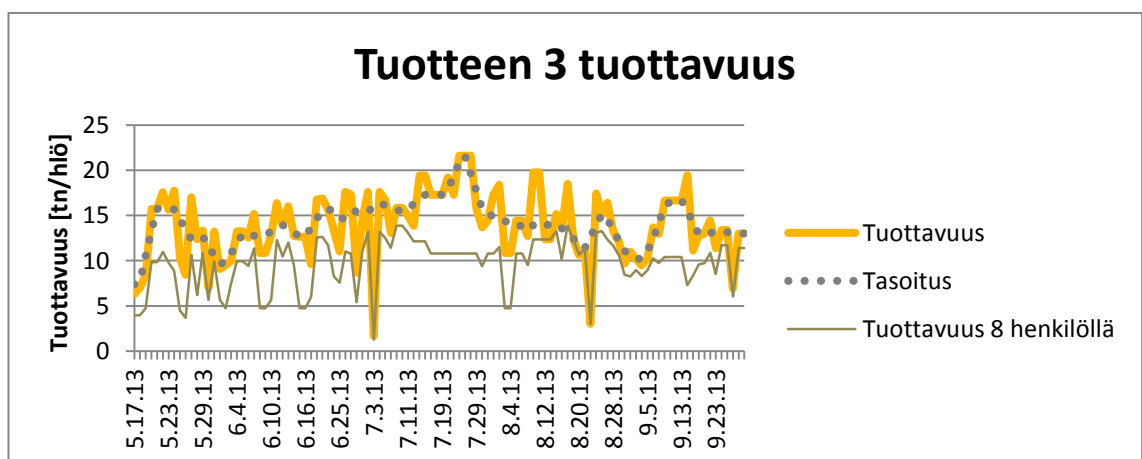
Tuoteryhmän 1 käyttöaste käyttäytyy kuten tuotteen 1, koska tuotteen 2 käyttöaste oli enimmäkseen 100 prosenttia. Tuoteryhmän käyttöaste esitetään kuvassa Kuva 51. Tuoteryhmän keskimääräinen käyttöaste oli  $81,3 \pm 2,0$  %.



Kuva 51. Tuoteryhmän 1 muotistojen päivittäinen kapasiteetin käyttöaste.

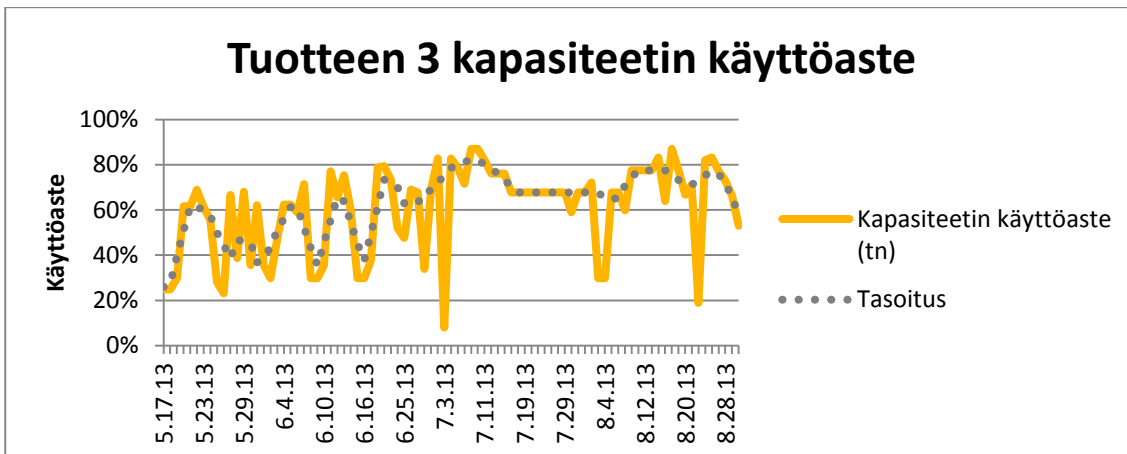
### 5.2.4 Tuote 3

Tutkimusajankohtana valmistetun tuotteen 3 elementit olivat tehtaan massiivisimpia. Tuotteen 3 tuottavuus on tehtaan korkein. Tuotteen tuottavuus esitetään kuvassa Kuva 52. Vakiohenkilömääräinen tuottavuus on alhaisimmillaan heinäkuussa, johon työntekijöiden vuosilomat ajoittuvat. Heinäkuussa tuotannon sarjakoko oli suuri, jonka takia vakiohenkilömääräinen tuottavuus on tasainen. Tuotteen 3 henkilövahvuus oli  $5,6 \pm 0,1$  henkilöä ja tuotantomäärät  $77,3 \pm 2,2$  tonnia ja  $11,4 \pm 0,3$  kappaletta päivässä. Tuotteen tuottavuus oli  $13,8 \pm 0,5$  tonnia per henkilö.



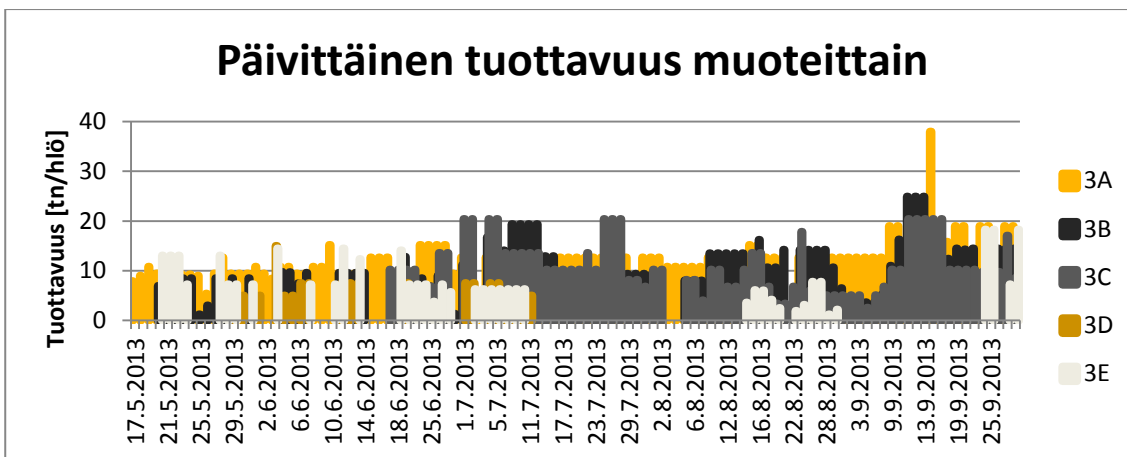
Kuva 52. Tuotteen 3 päivittäinen tuottavuus tonnia per henkilö.

Tuotteen 3 muottien kapasiteetin käyttöasteen mittarissa esiintyy kesäkuun puoleen väliin asti paljon vaihtelua. Vaihtelu johtuu viikonloppuisin tapahtuneesta valmistuksesta. Käyttöaste tasaantuu heinäkuussa suuren sarjakoon takia. Kapasiteetin käyttöaste esitetään kuvassa Kuva 53. Käyttöasteen keskiarvo oli  $60,6 \pm 1,7$  %.



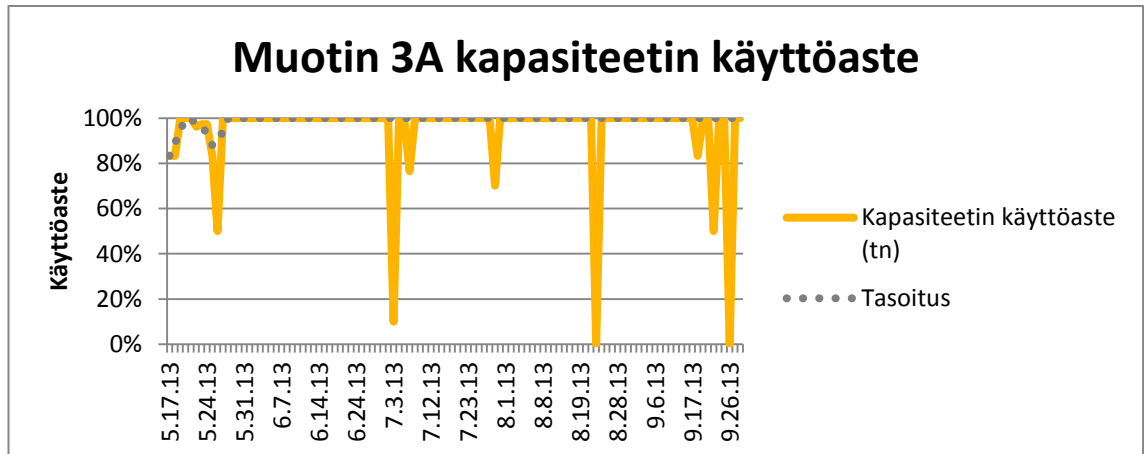
Kuva 53. Tuotteen 3 muottien päivittäinen kapasiteetin käyttöaste.

Muottikohtaisessa tuottavuudessa esiintyy korkea epävarmuus muotilla työskennelleiden henkilöiden lukumäärän aiheuttaman mittausepävarmuuden johdosta. Tuottavuus muoteittain esitetään kuvassa Kuva 54. Muottikohtainen tuottavuusmittaus epäonnistui, koska resurssit eivät riittäneet kirjaamaan riittävän tarkasti muottikohtaista henkilökumäärää.



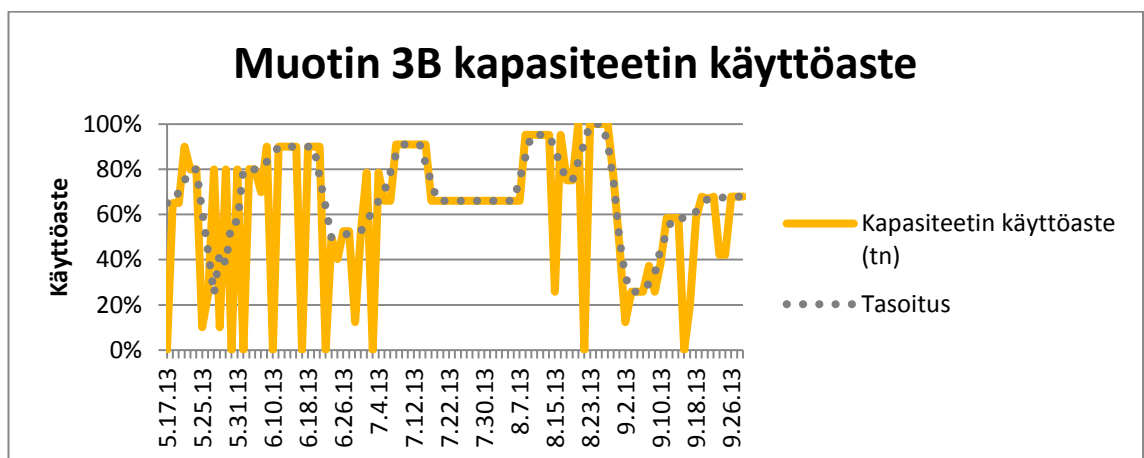
Kuva 54. Tuotteen 3 muottikohtainen tuottavuus tonneissa per henkilö.

Muottikohtaiset käyttöasteet vaihtelivat paljon. Vaihtelun syy on tilauskannan korkeudeltaan erilaiset elementit. Tutkimusajankohtana uudella muotilla valmistettiin korkeimpia tuote 3:a. Viistettyjen ja erikoisvaatimusten mukaisten elementtien valupäivät näkyvät muotin käyttöasteen kuvassa Kuva 55.

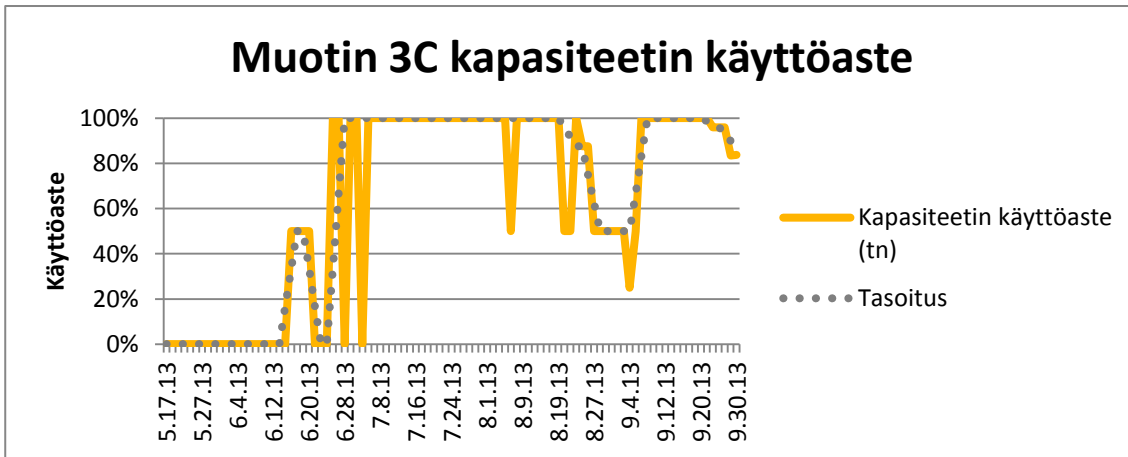


Kuva 55. Tuotteen 3 uuden 3A-muotin kapasiteetin käyttöaste.

Muottien 3B ja 3C käyttöasteet olivat tasaiset. Syyskuun lopulla 3B muotille suoritettiin muutostyö matalampien elementtien valmistamiseksi. 3C muotille suoritettiin touko-kesäkuussa muotin muutostöitä, jonka jälkeen käyttöaste tasaantui. Muottien käyttöasteet esitetään kuvissa Kuva 56 ja Kuva 57.

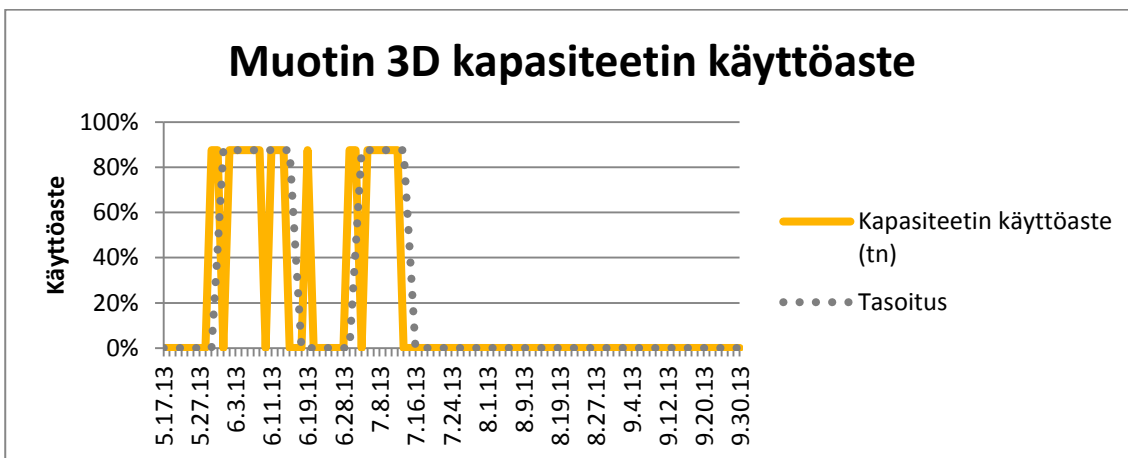


Kuva 56. Käyttöaste tuotteen 3 muotille 3B.



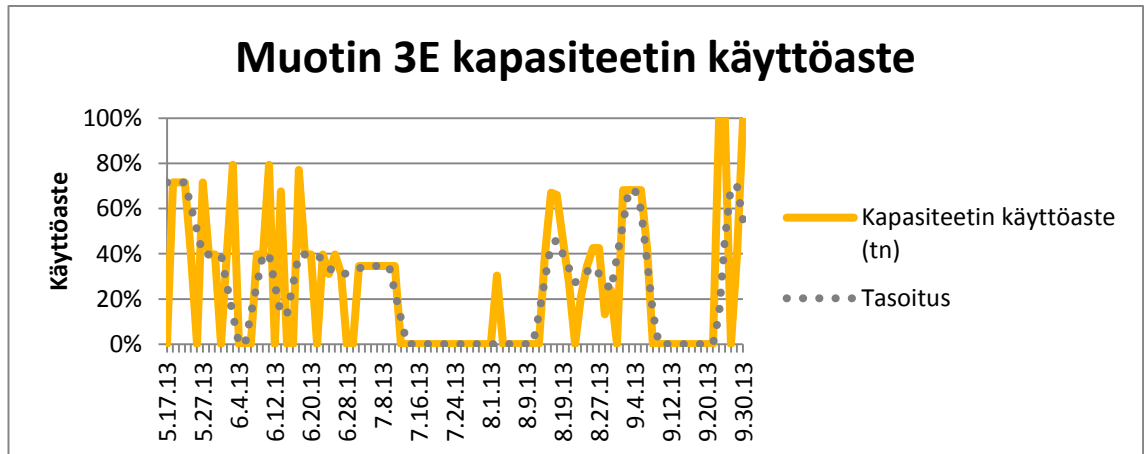
Kuva 57. Käyttöaste tuotteen 3 muotille 3C.

Matalille tuotteen 3 elementeille ei ollut tutkimusajankohtana tilauksia, mutta niitä valmistettiin varastoon. Varastoon valmistettuja elementtejä myydään työmaille väliaikaiseen käyttöön. Matalien tuotteen 3 elementtien muotin 3D käyttöaste on kuvassa Kuva 58.



Kuva 58. Tuotteen 3 valmistamiseen käytetyn muotin 3D käyttöaste.

Tehtaalla valmistetaan tuotteeseen 3 soveltuvia erityiselementtejä muotilla 3E. Tutkimusajankohtana muotin 3E elementtejä valmistettiin melko suuri määrä normaaliin määrään nähden. Muotin 3E elementtien tilausmäärät vaihtelevat nollan ja kymmenen prosentin välillä tilauksen kokonaislukumäärästä. Muotin 3E käyttöaste esitetään kuvassa Kuva 59.

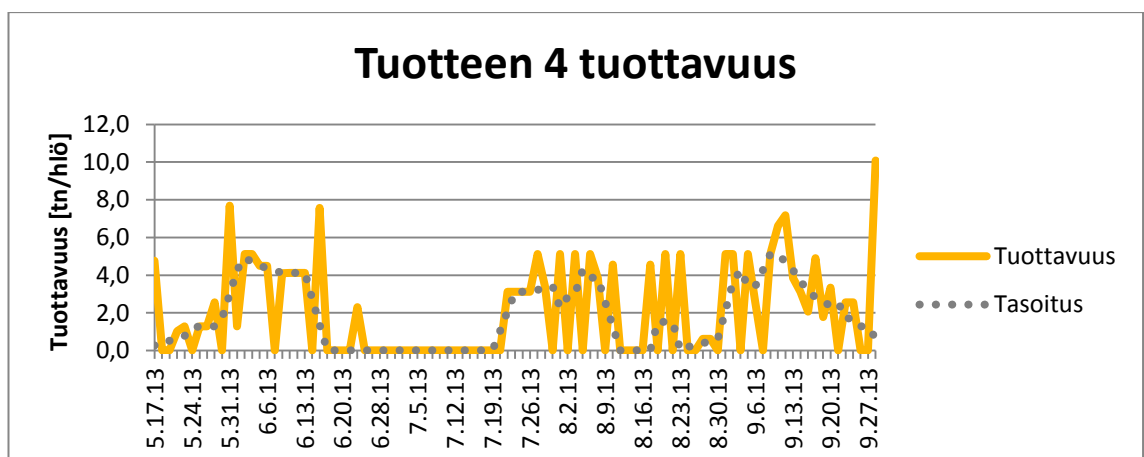


Kuva 59. Muotin 3E kapasiteetin käyttöaste.

### 5.2.5 Tuote 4

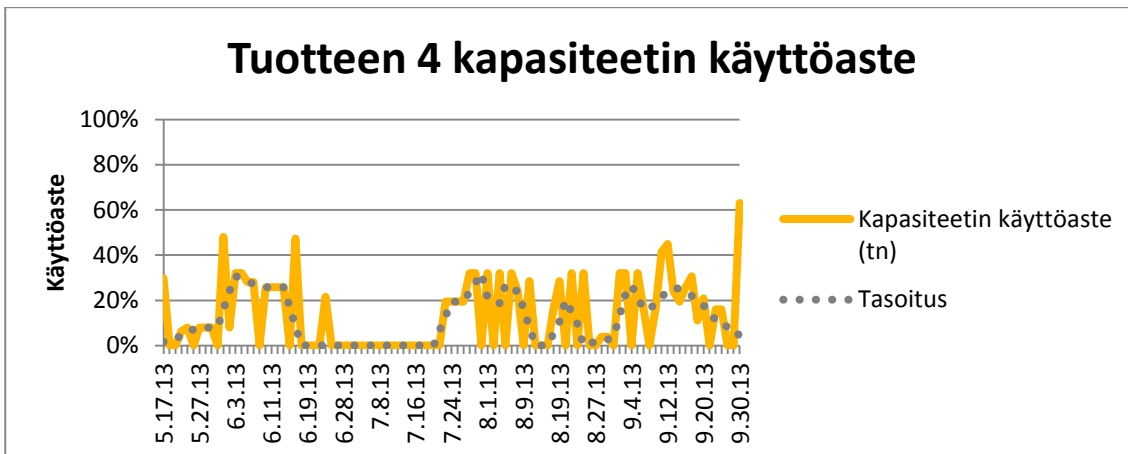
Tuotteen 4 päivittäinen tuottavuus vaihtelee joka toisena päivänä suoritettujen valmistusten takia. Tuotantotapa poikkeaa muista tuotteista raudoitteen osalta. Betonityöntekijä raudoittaa muotit itse. Tuotteen 4 tuottavuus esitetään kuvassa Kuva 60.

Tutkimusajankohtana tuotetta 4 valmisti  $0,8 \pm 0,1$  henkilöä. Alle yhden henkilömäärä on mahdollinen, jos yksi työntekijä valmistaa tuotteen toisen tuotteen ohella. Tuotantomäärät olivat  $2,1 \pm 0,2$  tonnia ja  $4,0 \pm 0,5$  kappaletta. Tuottavuus oli  $2,6 \pm 0,4$  tonnia per henkilö.



Kuva 60. Tuotteen 4 päivittäinen tuottavuus tonnia per henkilö.

Käyttöaste oli matalalla tuotteen pienen massan ja korkean kappalemäärän takia. Päivittäinen tonnituumantomäärä jäi lähes kuudennekseen teoreettisesta maksimikapasiteetista. Käyttöaste esitetään kuvassa Kuva 61. Käyttöaste oli  $13,1 \pm 1,3$  %.

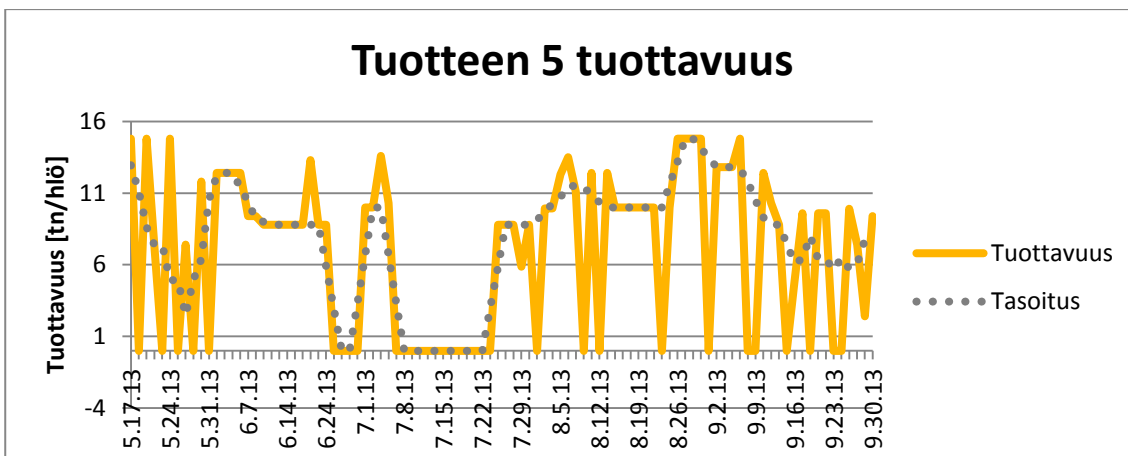


Kuva 61. Tuotteen 4 kapasiteetin käyttöaste.

### 5.2.6 Tuote 5

Tuotteen 5 tuottavuudessa on samankaltaista heilahtelua kuin tuotteen 4. Kappaletuotantomäärä on joko neljä tai ei yhtään kappaletta, mikä johtuu tuotteen 5 valmistuksen pienestä eräkoosta sekä raudoitteen valmistamisesta ulkoraudoittamossa. Tuotteen 5 tuottavuus esitetään kuvassa Kuva 62.

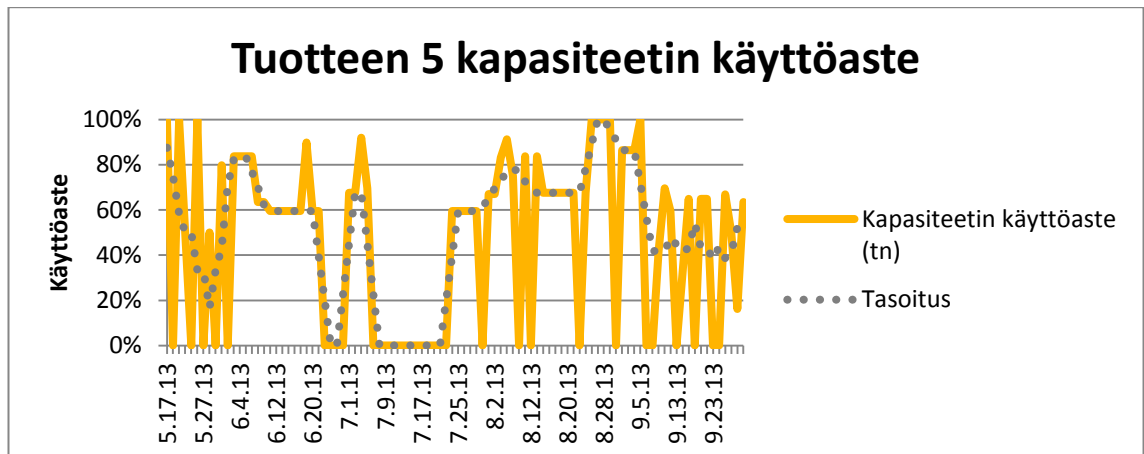
Tuotetta valmistettiin keskimäärin  $0,8 \pm 0,1$  henkilöä. Päivittäisten tuotantomäärien keskiarvot olivat  $6,9 \pm 0,6$  tonnia ja  $2,5 \pm 0,2$  kappaletta. Tutkimusajankohdan tuottavuus oli  $8,6 \pm 1,3$  tonnia per henkilö.



Kuva 62. Tuotteen 5 päivittäinen tuottavuus tonneissa per henkilö.

Käyttöaste on hetkittäin 100 prosentissa, jolloin suurimpia tuotteita valmistettiin. Tuotteen muotin käyttöaste esitetään kuvassa Kuva 63. Tutkimusajanjaksolla muottien käyttöaste oli  $46,6 \pm 4,3$  %.



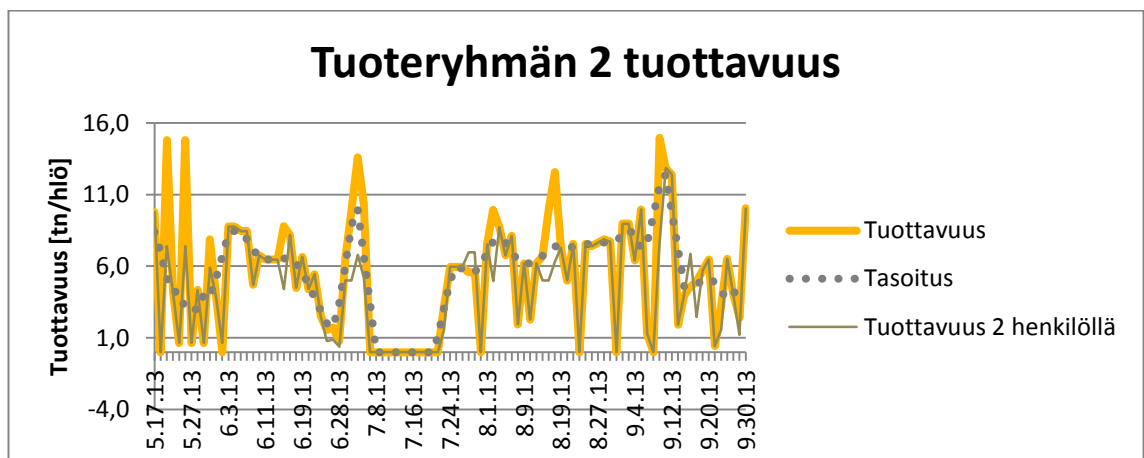


Kuva 63. Tuotteen 5 päivittäinen kapasiteetin käyttöaste.

### 5.2.7 Tuoteryhmä 2

Tuoteryhmän 2 vakiohenkilömäärällinen tuottavuus on lähes aina matalampi kuin toteutunut tuottavuus. Muutamia poikkeuksiakin löytyy, jolloin työntekijöitä on ollut enemmän kuin kaksi. Tuottamattomia päiviä on vähemmän kuin tuotteiden 4 ja 5 erillisissä tuottavuusmittauksissa. Tuoteryhmän 2 päivittäinen tuottavuus esitetään kuvassa Kuva 64.

Tuoteryhmän 2 työryhmän koko oli  $1,6 \pm 0,1$  henkilöä. Tutkimusajankohdalla keskimääräiset tuotantomäärät olivat  $9,3 \pm 0,7$  tonnia ja  $6,9 \pm 0,6$  kappaletta. Tuoteryhmän tuottavuus oli  $5,8 \pm 0,6$  tonnia per henkilö.

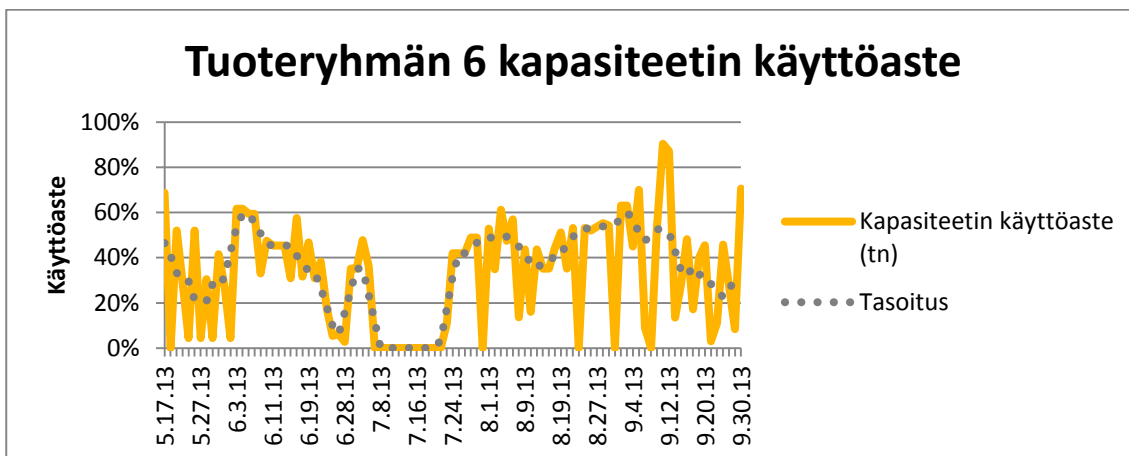


Kuva 64. Tuoteryhmän 2 päivittäinen tuottavuus tonnia per henkilö.

Tuoteryhmän muottien päivittäinen kapasiteetin käyttöaste heilahtelee paljon. Heilahtelun syynä on vuoroittainen valmistaminen. Tasoitettua käyttöastetta voidaan tulkita paremmin. Tuoteryhmän 2 muottien käyttöaste esitetään kuvassa Kuva 65.

Katsottaessa käyttöasteessa esiintyvien heilahtelujen läpi, huomataan tuoteryhmän tuotantoon vaikuttavan tilauskanta ja varastosaldot. Toukokuun lopussa varastosaldot olivat riittävät, eikä tilauskanta ollut juuri ollenkaan. Kesäkuun alusta alkaen joko varastotaso oli laskenut tai kysyntä kasvanut, jolloin tuotanto käynnistettiin. Heinäkuun alkuun mennessä varastosaldot olivat kohdillaan sekä tilaukset saatiin valmistettua, jolloin tuotanto voitiin pysäyttää.

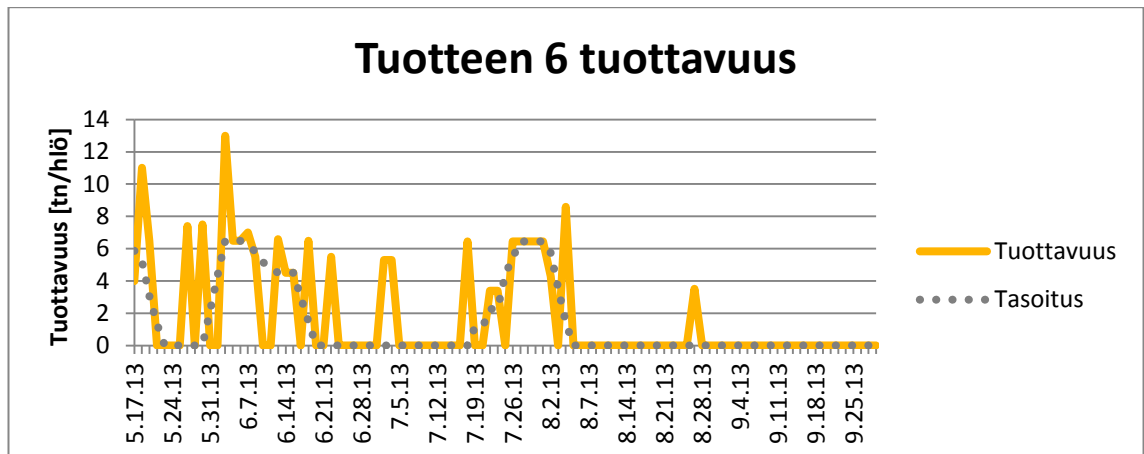
Työntekijöiden palatessa lomilta, varastosaldot olivat laskeneet ja kysyntä noussut. Elokuusta syyskuun puoleen väliin asti tuoteryhmän elementtejä valmistettiin kysyntää vastaavasti ja varastotasot kasvatettiin normaaleiksi. Syyskuun puolen välin jälkeen tuotantoa jarrutellaan, koska varastotasot alkavat olla kohdillaan ja kysyntä on laskenut. Keskimääräinen tuoteryhmän 2 muottien kapasiteetin käyttöaste oli  $32,7 \pm 2,5 \%$ .



Kuva 65. Tuoteryhmän 2 päivittäinen kapasiteetin käyttöaste.

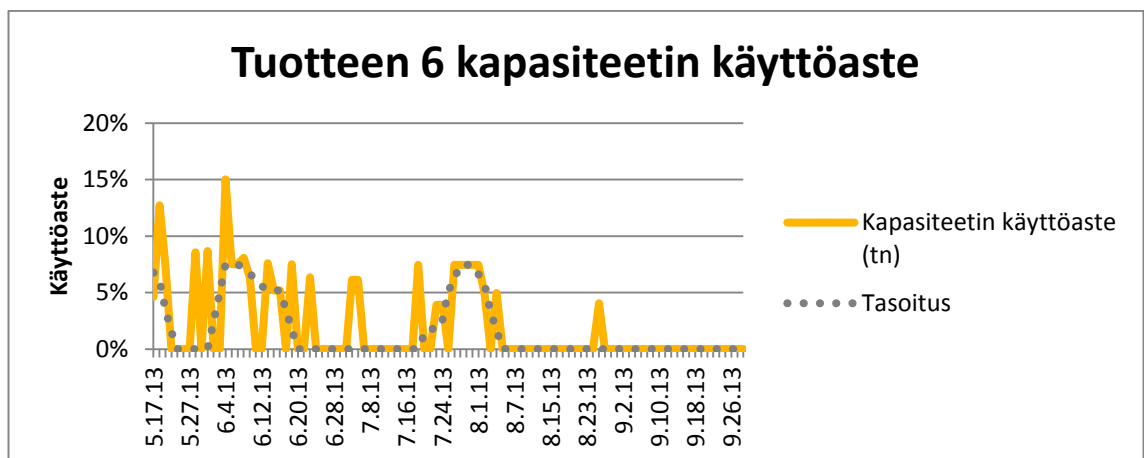
### 5.2.8 Tuote 6

Tutkimusajanjaksolla oheistuotantona valmistetun tuotteen 6 valupäivien tuottavuus oli hyvällä tasolla. Oheistuotantona ja pienenä sarjakokona valmistettujen tuotteiden tuottavuus esitetään kuvassa Kuva 66. Tuotteen 6 osuus päivittäisistä tuotantomääristä oli marginaalinen. Tutkimusajankohdalla tuotetta valmisti  $0,5 \pm 0,1$  henkilöä. Keskimääräiset päivittäiset tuotantomäärät olivat  $1,7 \pm 0,3$  tonnia ja  $0,3 \pm 0,1$  kappaletta. Tuottavuus oli  $3,4 \pm 0,9$  tonnia per henkilö.



Kuva 66. Tuotteen 6 päivittäinen tuottavuus tonnia per henkilö.

Muottien käyttöaste oli hyvin matala, koska osaelementti 1 valmistetaan neljällä vaakamuotilla. Vaakamuottien teoreettinen maksimikapasiteetti on 80 tonnia. Muottien käyttöaste esitetään kuvassa Kuva 67. Kuvaajan käyttöasteakseli on asetettu 20 prosenttiin luettavuuden parantamiseksi. Muottien käyttöaste oli  $2,0 \pm 0,3$  %.



Kuva 67. Tuotteen 6 muotistojen päivittäinen kapasiteetin käyttöaste.

### 5.3 Suorituskyvyn vertailu

Suorituskyvyn suora vertailu (engl. benchmark) on mahdollista, kun tehtaot valmistavat samanlaisia tuotteita. Tutkitun tehtaon useiden tuotteiden tuotanto on erityislaatuista verrattuna muihin yrityksen tehtaisiin. Tuoteryhmien suorituskykyä voidaan verrata muiden tehtaoiden saman tuoteryhmän suorituskykyyn. Vertailussa tulee huomioida tehtaoiden erilaiset tuotantotavat, kuten tuotetaanko raudotteet alihankintana. Tutkitun tehtaon suorituskyvyn tulokset on kerätty taulukkoon Taulukko 5.

Verrattaessa tehtaan keskimääräistä tuottavuutta eri tuoteryhmiin, huomataan tuotteiden 4 ja 5 tuottavuuksien jäävän alle tehtaan keskimääräisen tason. Tuotteen 4 matalan tuottavuuden takia tuoteryhmän 2 tuottavuus alittaa tehtaan keskimääräisen tason. Tuotteen 4 tuottavuus on lähes kuudesosa tuotteen 3 tuottavuudesta.

Tuotteen 4 matala tuottavuuden taso selittyy tuotantotavan erilaisuudella, jota suorituskykyymittaus ei huomioi. Muissa työpisteissä raudoitteet valmistettiin joko alihankintana tai ulkoraudoittamossa, jonka myötä muiden työpisteiden tuottavuus on korkeammalla tasolla. Tuotteen 6 matala tuottavuus aiheutuu elementtien marginaalisesta tuotantomäärästä.

*Taulukko 5. Tehtaan suorituskyvyn tulokset.*

Tuotanto	Tuottavuus [tn/hlö]	Käyttöaste
Tehdas	8,1	44,3 %
Tuote 1	9,5	77,7 %
Tuote 2	9,8	91,2 %
Tuoteryhmä 1	9,6	81,3 %
Tuote 3	13,8	60,6 %
Tuote 4	2,6	13,1 %
Tuote 5	8,6	46,6 %
Tuoteryhmä 2	5,8	32,7 %
Tuote 6	3,4	2,0 %

Tuotteen 2 tuottavuutta olisi mahdollistaa kehittää työvuorojärjestelmällä. Vuorojärjestelmässä työntekijät vuoroviikoin valmistaisivat elementit. Tutkimusajankohtana yksi työntekijä pystyi valmistamaan täyden tuotantomäärän, jolloin kahden työntekijän vuorottelu kaksinkertaistaisi tuottavuuden.

Elementtien valmistamisen vaikeus määrittelee työntekijämäärää. Elementtien valmistamisen vaikeusasteiden korjauskertoimet voi määritellä keskimääräisten elementtien massojen avulla. Vaikeusastekertoimien määrittämisessä tarvitaan lisäksi käytännön kokemusta ja näkemystä. Elementin massan kautta määritellyt korjauskertoimet on laskettu taulukkoon Taulukko 6.

*Taulukko 6. Elementin painon avulla määritellyt vaikeusasteen korjauskertoimet.*

Tuote	Korjauskerroin elementin painon avulla
Tuote 1	2,0
Tuote 2	0,7
Tuoteryhmä 1	1,6
Tuote 3	0,4
Tuote 4	5,6
Tuote 5	1,0
Tuoteryhmä 2	2,2
Tuote 6	0,5

Tuotteen 4 tuotannon tiedetään sisältävän raudoitteen valmistamisen, tuottavuutta pitäisi korjata suuremmaksi. Lisäksi tiedetään tuotteen 3 elementtien olevan massiivisia, jolloin niiden tuottavuutta tulisi korjata pienemmäksi. Korjauskertoimella kerrotut tuottavuudet esitetään taulukossa Taulukko 7. Korjauskertoimella korjatusta tuottavuudesta huomataan tehtaan keskimääräisen tuottavuuden alle jäävän tuotteet 2, 3 ja 6. Tuotteet 2 ja 3 ovat kokemuspäisän tiedon mukaan tehtaan helpoimpia tuotteita valmistaa.

*Taulukko 7. Korjauskertoimella korjattu tuottavuus.*

Tuote	Korjattu tuottavuus [tn/hlö]
Tuote 1	19,0
Tuote 2	7,0
Tuoteryhmä 1	15,8
Tuote 3	5,7
Tuote 4	14,6
Tuote 5	8,6
Tuoteryhmä 2	12,5
Tuote 6	1,7

#### **5.4 Suorituskykymittarit**

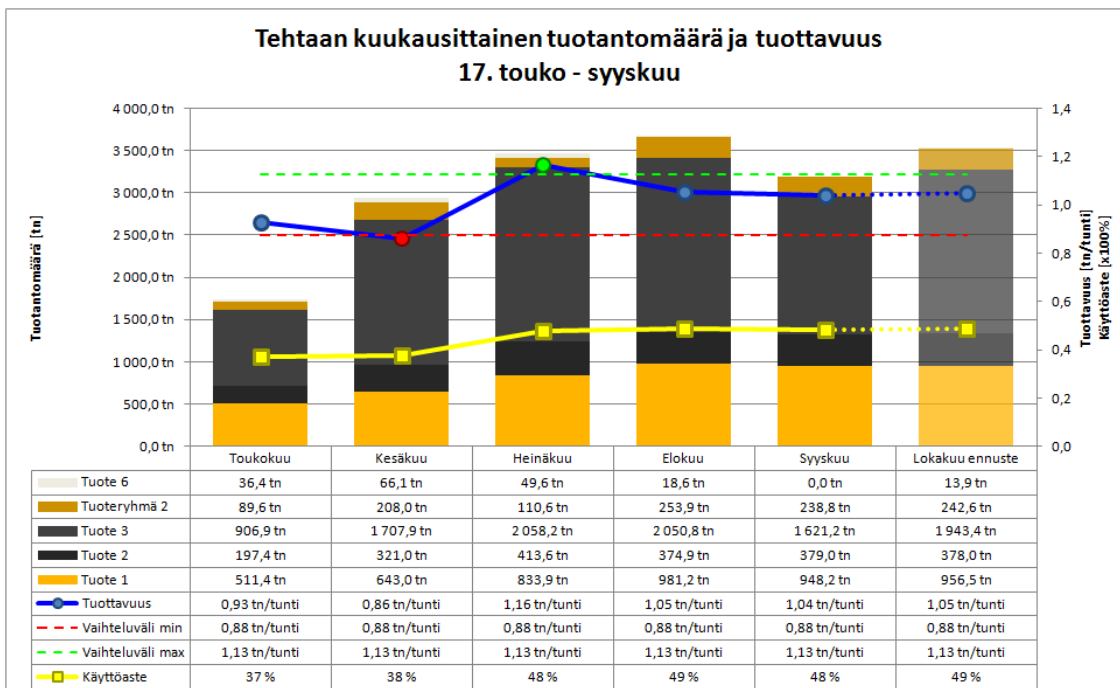
Tehtaan suorituskykymittareiksi kehitettiin tuottavuus, käyttöaste ja tuotantomäärä tonneissa. Suorituskykymittareiden tietoihin voi syventyä vuositasosta päivätasoon sekä tehdastasolta työpistetasolle. Tuotostietona käytetään tuotantomäärää ja panostietoina

henkilövahvuudesta laskettuja työtunteja tai teoreettista maksimikapasiteettia. Henkilömäärä muutetaan työtunneiksi kertomalla henkilömäärä 8 työtunnilla. Panostiedon muuttuessa kahdeksankertaiseksi tuottavuuslukuarvoa täytyy tarkentaa.

Tehtaanjohto asetti tehtaalle tutkimusajankohtana tuottavuuden tavoitteeksi 8 tonnia per työntekijä. Tutkimusajankohtana tehtaan keskimääräinen tuottavuus on lähes sama, jolloin tuloksen keskivirhettä käytetään vaihteluvälin määrittämiseen. Päivittäinen tuottavuus on 99,95 % todennäköisyydellä välillä  $8,0 \pm (0,3 * 3,29)$  tonnia per työntekijä. Tuottavuuden tavoitetaso on 8 tonnia per työntekijä ja vaihteluväli 7-9 tonnia per työntekijä, eli tavoite 1,00 ja vaihteluväli 0,88-1,13 tonnia per työtunti.

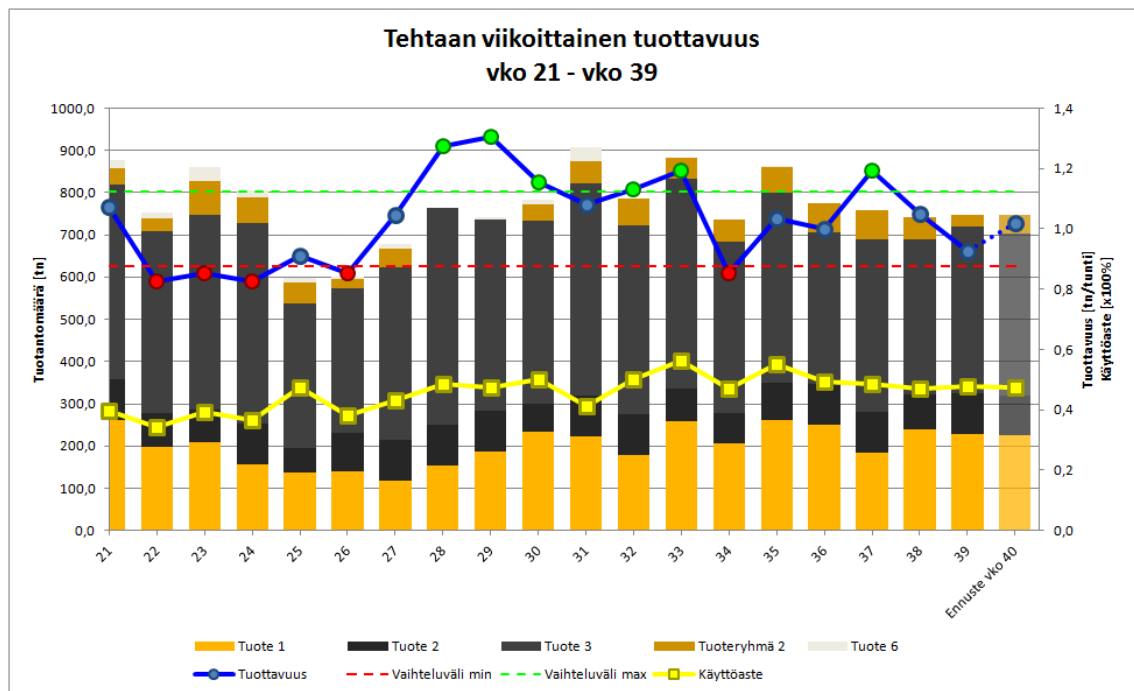
### 5.4.1 Yritysjohdon suorituskykymittaristo

Yritysjohdolle tarkoitetussa suorituskykymittarissa tehtaan tuotantomäärä esitetään pinottuna pylväskaaviona. Pinottu pylväskaavio esittää tehtaan tuotantorakenteen. Tutkimusajankohdan tuloksilla kuukausittaisessa tuotantorakenteessa on pientä muutosta. Kuukausittainen yritysjohtajan mittaristo esitetään kuvassa Kuva 68. Mittaristosta on mahdollista laskea työtuntimäärät kuukausittain jakamalla tuotantomäärä tuottavuudella.



Kuva 68. Yritysjohdon kuukausittainen suorituskykymittaristo.

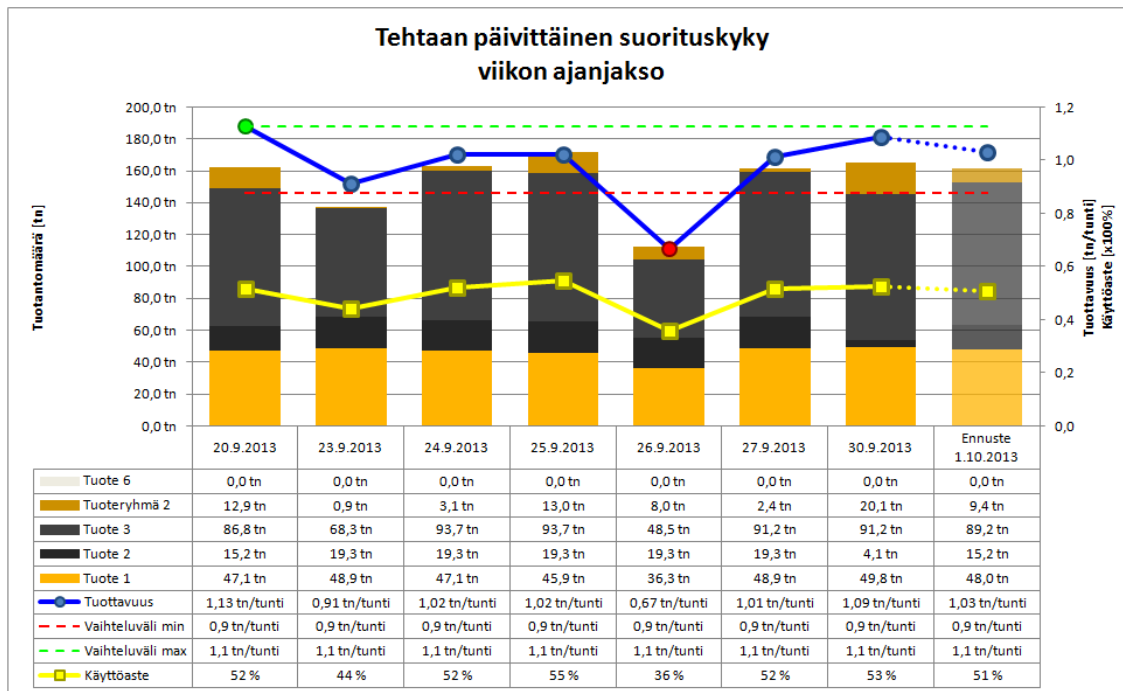
Pylväskaavion päälle on asetettu viivakaavioina tuottavuus vaihteluvälineen sekä käyttöaste. Yritysjohdolle suunnatussa viikoittaisessa suorituskykymittaristossa tuottavuudessa on nähtävissä suurta vaihtelua. Vaihtelu alittaa ja ylittää määritellyn vaihteluvälin. Viikoittainen suorituskykymittaristo esitetään kuvassa Kuva 69. Edellisten vuosien suorituskyvyt voidaan asettaa mittaristoon, jolloin yritysjohto pystyy vertailemaan suorituskykyä edellisiin vuosiin. Historiatietojen esittämisellä vaihteluväliä ei tarvitse määrittää mittaristoon.



Kuva 69. Yritysjohdon viikoittainen pitkän aikavälin suorituskykymittaristo.

Suorituskykymittari esittää tarkasteluajanjakson mukaisesti ennusteen seuraavalle ajanjaksolle. Tarkastellessa päivittäistä suorituskykymittaristoa yritysjohto huomaa tuotannossa esiintyvät ongelmat heti. Kuvan Kuva 70 mukaisessa tilanteessa yritysjohto olisi pyytänyt pikaisesti selvityksen 26. syyskuun tuotannon ongelmista.

Suorituskykymittarin näyttämän tulisi olla muutettavissa. Kuukausitasoisen mittariston tulisi esittää 12 kuukauden suorituskykyarvot, viikkotasolla 12 viikon ja päivittäistasolla mittariston näyttämän tulisi olla 7 päivästä kahden viikon tilijaksoon. Yritysjohdolle on tärkeää syventyä tehtaiden suorituskykyyn vuositasolta päivittäistasolle.



Kuva 70. Yritysjohdon päivittäinen viikon suorituskykymittaristo.

Yritysjohdolla on myös kiinnostunut tuotteiden laadusta ja reklamaatioista. Yritysjohdon suorituskykymittaristoon tulisi saada tehdaskohtainen laatu-tieto. Tehdaskohtaiset reklamaatioiden lukumäärä ja reklamaatiokustannukset voidaan lisätä mittaristoon. Yritysjohdon tehdaskohtaisessa suorituskykymittaristossa voi olla taulukon Taulukko 8 mukaiset mittarit.

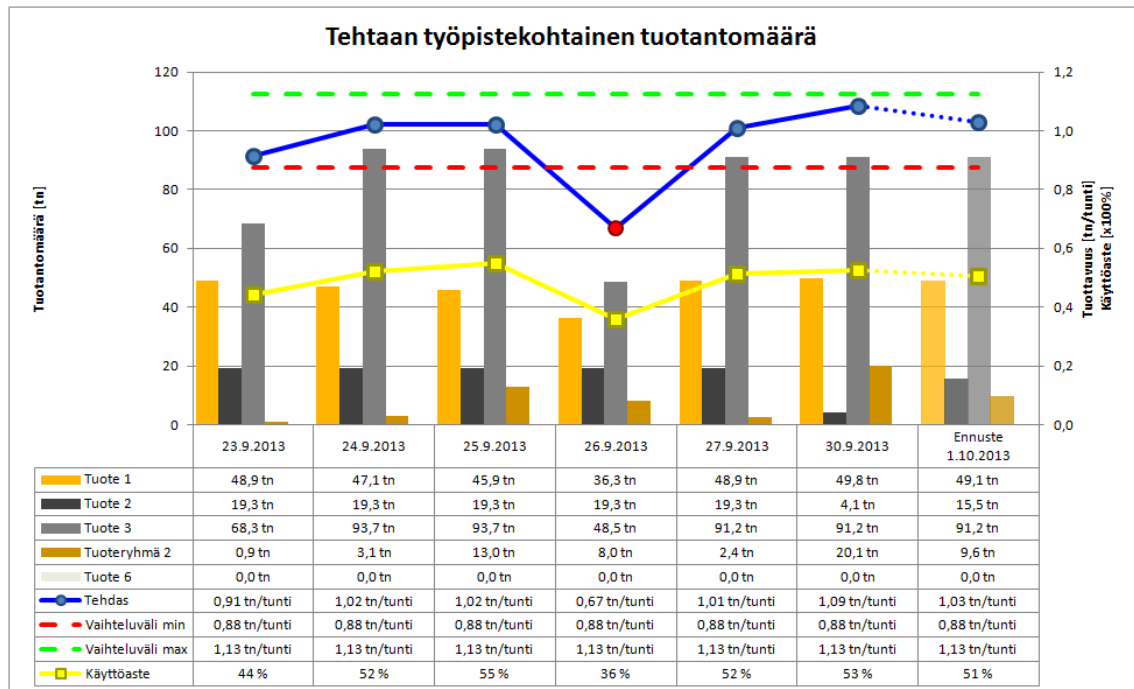
Taulukko 8. Yritysjohdon suorituskykymittaristo ja esitettävät yksiköt.

Mittari	Yritysjohdon yleisyksikkö
Tuotantomäärä	tonni [tn]
Tuottavuus	tonnia/työtunti [tn/tt]
Käyttöaste	tonni/kapasiteetti [%]
Laatu	vaatimusten mukaiset tonnit/tonnituotantomäärä [%]
Reklamaatiot	kappalemäärä [kpl] kustannus [€]

## 5.4.2 Tehdasjohdon ja työntekijöiden suorituskykymittaristo

Tehdasjohdolle sekä työntekijöille suunnatuissa suorituskykymittareissa pylväskaaviona esitetään työpistekohtaiset tuotantomäärät tai tuottavuudet. Esittämällä tuotantomäärät työpistekohtaisesti tuotantorakennetta voidaan seurata. Kuvassa Kuva 71 esitetään suorituskykymittaristo työpisteiden tuotantomäärillä.

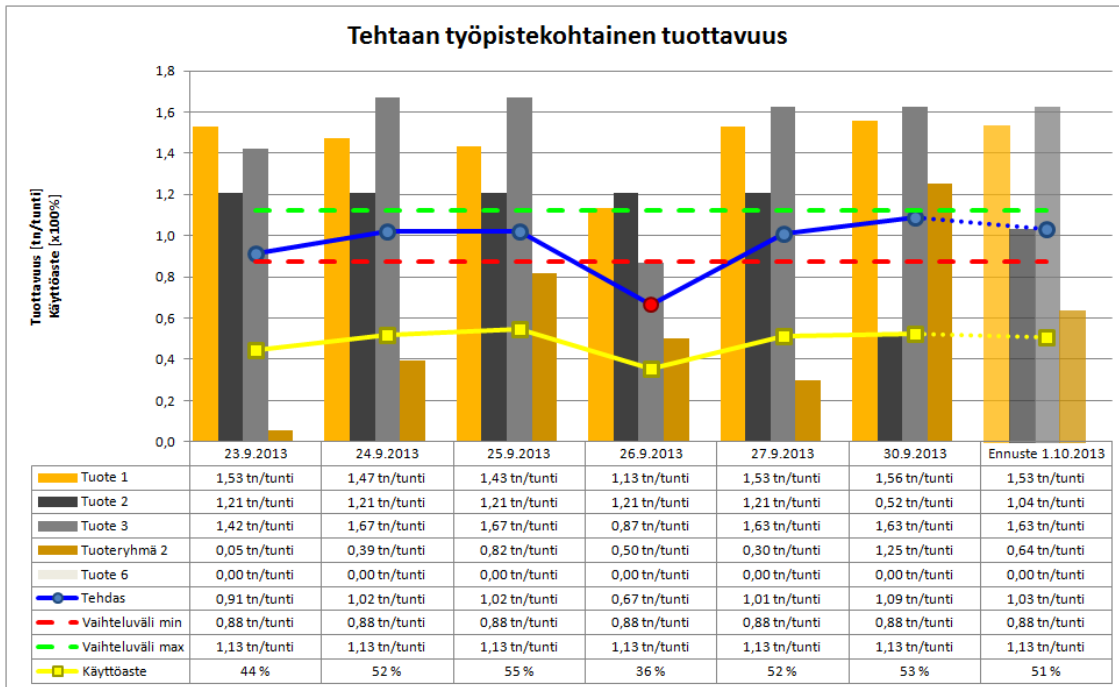




Kuva 71. Työpistekohtainen tuotantomääräinen suorituskyymittaristo.

Työpistekohtaisen mittarin tuottavuuspylväskaavioista sekä työntekijät että tehdasjohto voivat verrata työpistetuottavuutta tehdaskohtaiseen tuottavuuteen. Vertailun avulla työntekijöitä voidaan motivoida parantamaan tuottavuutta. Työntekijöillä on mahdollisuus vaikuttaa työpisteensä tuottavuuteen tuotantomäärän lisäyksellä, joka tarkoittaa esimerkiksi tuoteryhmän 2 päivittäistä valmistamista tai tuotteen 2 vuoroviikoittaista valmistusta. Suorituskyymittaristo työpistekohtaisella tuottavuudella esitetään kuvassa Kuva 72.

Suorituskyymittaristossa käyttöaste mukaillee tuottavuutta. Käyttöasteen tulisi pohjautua eri yksikköön kuin tuottavuuden, jotta käyttöaste ei mukailisi tuottavuutta. Päivittäinen tuotettujen elementtimetriä suhteessa tehtaan muottimetrimäärään tuottaisi erilaisen käyttöasteen. Käyttöastemittauksesta voidaan jättää marginaalinen tuotteen 6 tuotanto pois.



Kuva 72. Työpistekohtainen tuottavuus suorituskykymittari.

Reklamaatiot ja laatu ovat tärkeitä myös tehdasjohdolle sekä työntekijöille. Tehtaiden yleisyksikkö on tonni, mutta tuotekohtaisesti voidaan valita sopiva yksikkö. Tehdasjohdon ja työntekijöiden työpistekohtaisissa mittaristoissa tulisi olla taulukon Taulukko 9 mukaiset mittarit.

Taulukko 9. Tehtaan työpistekohtainen suorituskykymittaristo.

Työpisteen mittari	Yksikkö
Tuotantomäärä	tonni [tn] juoksumetri [jm]
Tuottavuus	tonnia/työtunti [tn/tt] juoksumetriä/työtunti [jm/tt]
Käyttöaste	tonni/kapasiteetti [%] juoksumetri/kapasiteetti [%]
Laatu	vaatimusten mukaiset tonnit/tonnituotantomäärä [%] vaatimusten mukaiset juoksumetrit/juoksumetrituotantomäärä [%]
Reklamaatiot	kappalemäärä [kpl] kustannus [€]

### 5.4.3 Mittaristojen ominaisuuksia ja vaatimuksia

Suorituskykymittareiden tuoteryhmiä ja työpisteitä voi muuttaa. Muuttamisesta on hyötyä, jos tehtaan tuotantoa kehitetään tai valmistetaan uusia tuotteita. Muutoksien avulla yrityksen myyntiyksikölle kerääntyy tietoa tuotteiden valmistamisen työkustannuksista,

kun seurantayksiköt ovat tuotetyypeittäin kerätty. Tulevaisuudessa myyntiyksikkö voi tarjota tuotteita todenmukaisemmilla hinnoilla.

Suorituskykymittaristoissa on mahdollista syventyä tehdaskohtaisesta tiedosta tuotekohtaiseen tietoon. Mittaristossa on myös mahdollisuus syventyä vuositasosta päivittäistason. Kahdella eri syventymismahdollisuudella mittariston seuraaja voi halutessaan analysoida mittaristoja eri tarkkuuksilla. Suorituskykymittarit voidaan esittää yhdistetynä mittaristona kuten tässä diplomityössä tai erillisinä mittareina. Erillisten mittareiden etuna on eri tehtaiden tai tuotteiden välinen vertailtavuus.

Suorituskykymittareiden ollessa erillisiä, jokaisessa mittarissa näytetään historiatietoja. Uusia tuotteita valmistettaessa historiatietoja ei ole, jolloin yritys- ja tehdasjohton tulisi ensisijaisesti seurata uuden tuotteen käyttöastemittaria. Käyttöastemittarin jälkeen seurataan tuottavuus- ja laatumittaria. Tuottavuuden ja laadun avulla optimoidaan tuotteen valmistukseen käytettävät työtunnit. Reklamaatiomittareiden ohelle tarvitaan tuotteiden jäljitettävyys, jotta yrityksellä on mahdollista kehittää laadukkaampia tuotteita.

Kehitettyjen suorituskykymittareiden tuloksia tulisi raportoida päivittäin sähköpostitse sekä tehtaiden infotauluille. Raportointi tapahtuu automaattisesti, jolloin yrityksen henkilöstön työmäärää ei kasvateta. Raportoinnissa kootaan tulokset päivä-, viikko-, kuukausi- ja vuositasolla. Yritysjohdolle suunnattuun raporttiin tulokset kootaan tehdaskohtaisesti, tehdasjohdolle suunnattuun raporttiin työpiste- tai tuotekohtaisesti. Myynnille suunnatussa raportissa tulokset kootaan viikko- ja kuukausikohtaisesti sekä tuotekohtaisesti.

Kehitystyön aikana suorituskykymittariston ulkonäköön ei keskitytty. Mittaristojen ulkonäöllä on suuri vaikutus luottavuuteen ja informaation välittymiseen. Tässä diplomityössä suorituskykymittariston ulkonäkö luotiin taulukkolaskentaohjelmalla. Taulukkolaskentaohjelmassa on omat rajoituksensa mittariston ulkonäölle. Tulevaisuudessa suorituskykymittariston visuaalista ilmettä voisi kehittää.

#### **5.4.4 Virhetarkastelu**

Suorituskykymittareiden kehittämisen tuloksissa on merkittävä epävarmuus. Epävarmuus aiheutuu aineiston käsin keräämisestä sekä laskennallisista suureista. Aineiston

keräämisen automatisoinnilla sekä todenmukaisten suureiden käyttämisellä epävarmuutta voidaan pienentää.

Puutteelliset tai vähäiset tiedot työllistävät ja pakottavat suorituskykymittareiden kehittäjän käsin kerättävään aineistoon. Käsin kerättävän aineiston epävarmuutta ja virhettä lisää inhimillinen tekijä. Inhimillisen tekijän poissulkemisella ja aineiston automaattisella keräämisellä tietojärjestelmästä, aineistoon ei kohdistu suurta epävarmuutta ja aineiston virheellisyys pienenee.

Työnjohto kirjasi aineiston käsin laskentataulukkaan. Aineiston keräämistapa aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin. Epävarmuus kohdistuu henkilövahvuuden kirjaamiseen työpiste- sekä muottikohtaisesti. Työnjohto saattoi täyttää laskentataulukkoa vasta seuraavana päivänä, jolloin työpiste- ja muottikohtaiset henkilömäärät ovat arvioita.

Elementtejä ei punnittu, vaan tuotteiden massat ovat laskennallisia. Laskennallisuus kasvattaa tuotostiedon epävarmuutta. Laskennallisissa massoissa on arviolta +5 % virhe. Pituuden tuotantomäärän epävarmuus on matala, koska elementtien pituuden toleranssit on määritelty millimetreissä. Aineiston kappaletuotantomäärällä on pienin epävarmuus.

Saatuja tuloksia ei voida verrata suoraan muihin yrityksen tehtaisiin. Suorituskykyyn vaikuttaa sekä tilauskanta että valmistettavat tuotteet. Tilauskanta määrittelee valmistettavien elementtien kappalemäärän sekä massan. Valmistettavat tuotteet ovat vaikeusasteiltaan erilaisia. Vaikeusasteiden määrittäminen eri tuotteille on hankalaa, mutta ei mahdotonta. Seuraamalla erilaisten elementtien valmistamista tarkemmin ja keräämällä tietoa valmistamisesta, vaikeusastekertoimet voidaan määrittää helpommin. Määrittämisessä tarvitaan silti käytännönkokemusta.

## 6 Johtopäätökset ja suositukset

Tämän diplomityön johtopäätökset ja suositukset jakautuvat kolmeen pääkohtaan. Ensimmäisenä käsitellään tiedon keräämiseen, toisena tietojärjestelmän tietojen hyödyntämiseen ja kolmantena tietojen sovelluksiin liittyvät johtopäätökset ja suositukset. Taulukkoon Taulukko 10 on kerätty tämän diplomityön johtopäätökset ja suositukset yhteenvedona.

*Taulukko 10. Johtopäätökset ja suositukset.*

Johtopäätös	Suositus
Tiedon käsin kerääminen hankalaa, kehitetyt mittarit eivät ole reaaliaikaisia, tietoa tarvitaan useissa yksiköissä.	Tiedon automaattinen kerääminen. Suorituskyvyn laskemisen kehittäminen. Työtuntien automaattinen kerääminen. Tietojärjestelmään mahdollisimman paljon tietoa tuotteista. Tiedon keräämisen siirtäminen tuotantotyöntekijöille (viivakoodi/RFID) Uuden tiedonkeräämisjärjestelmän tutkiminen (viivakoodi/RFID)
Työtuntien keräämisellä tarkempaa tietoa	Työtuntien keräämisjärjestelmän kehittäminen Työtuntien kohdistaminen sekä työvaiheittain että tuotteittain. Työtuntien jakaminen suoriin ja yleistunteihin. Tuottamattomuuden tuottavaksi tekeminen.
Excel-laskentataulukko käyttäjäsidonainen ja muutosaltis	Tiedot kerätään keskitettyyn tietojärjestelmään. Keskitettyyn tietojärjestelmään määritetään tuotemikkeistä paljon tietoa.
Suorituskykytietojen vertailu hankalaa	Tehtaiden väliseen vertailuun finanssisuorituskyky-mittarit, esimerkiksi myyntikate per työtunti. Työtuntitiedolla ja käytännön kokemuksella tuotteille vaikeusasteet vertailun mahdollistamiseksi.
Suorituskykytavoitteiden asettaminen hankalaa	Suorituskyvyn historiatiedot näkyviin. Tavoitteiden asettamista merkittävästi vaihtelevilla markkinoilla tulisi tutkia.
Suorituskyky-mittaristoista on hyötyä muillekin yrityksen yksiköille.	Myyntiyksikkö voi hinnoitella tuotteet todenmukaisemmin. Tuotteiden hintojen jälkilaskenta helpottuu. Todenmukainen toimitusaika tuotteille.
Suorituskyky-mittaristojen tietoja voidaan hyödyntää usealla tavalla.	Tuotteiden valmistuksen jäljitettävyyys. Työryhmän tehoprofiili.

## **6.1 Tiedon kerääminen**

Tiedon kerääminen käsin vaatii resursseja. Mitä enemmän tietoja kerätään, sitä enemmän resursseja vaaditaan. Tiedon automaattinen kerääminen vaatii vähemmän resursseja ja helpottaa tiedon käsittelyä. Diplomityössä ensisijaisesti työtunnit tulisi kerätä automaattisesti tietojärjestelmään. Tietojärjestelmään olisi tärkeää kerätä mahdollisimman paljon tietoja valmistettavista tuotteista. Tuotteen massan lisäksi tuotteista olisi tärkeää kerätä fyysiset mitat sekä pinta-ala.

Tiedon automaattinen kerääminen tulisi toteuttaa kaikissa yrityksen tuotantolaitoksissa. Automaattinen tiedon kerääminen mahdollistaa sekä suorituskykymittaristojen kehittämisen tehdaskohtaisesti että tuotteiden valmistuksen jäljitettävyyden. Automaattisen tiedon keräämisen mahdollistamat sovellutukset tulisi tutkia.

Diplomityössä kehitetyt suorituskykymittarit olisivat reaaliaikaisia automaattisella tietojen keräämisellä. Suorituskykymittareiden tiedonkeruuta ja suorituskyvyn laskemista kehittämällä on mahdollista luoda reaaliaikainen suorituskykymittaristo. Reaaliaikaisuuteen siirtyminen vaatii kehitystyötä ja investointeja tiedon keräämisjärjestelmiin.

### **6.1.1 Tiedon yksiköt**

Tiedon kerääminen aloitetaan mahdollisimman alhaalta yrityksestä, eli resurssi- ja tuotetasolta. Kerättävien tietojen tulisi olla mitattavissa, jotta tieto aiheuttaisi tuloksiin mahdollisimman pienen virheen. Yrityksessä kerätään tuotteen laskennallinen massa järjestelmään. Tuotteen massa on tarpeellinen käsitellessä ja toimitettaessa betonisia tuotteita. Työvoimaa vaativista työvaiheista tiedon kerääminen on hankalaa.

Yrityksen tuotoksen yleisyksiköksi valittiin tonni, koska se on yleinen betoniteollisuuden yksikkö. Työpiste- ja tuotekohtaisiksi yksiköiksi tutkitulle tehtaalle valittiin juoksumetri. Tehtaiden työpiste- tai tuotekohtaiset yksiköt valitaan valmistettavan tuotteen mukaan, esimerkiksi seinämäisille elementeille neliometri ja jononmaisille elementeille juoksumetri ovat toimivia yksiköitä. Tuotekohtaiset tuotosyksiköt tulisi määritellä kehitettäessä tehdaskohtaisia mittaristoja.

Valmistettujen elementtien pituus olisi helpottanut tutkitun tehtaan tuotannon analysointia. Useammilla tiedon yksiköillä tilauskannan muutoksia on helpompi tarkastella. Ele-

menttien korkeus määrittelee elementin massan. Massalla ja tuotekohtaisella yksiköllä varustetut suorituskykymittarit tukevat toisiaan tuotantorakenteen muuttuessa.

### **6.1.2 Tiedon keräämisen mahdollisuudet**

Tiedon käsin keräämisen takia useat suureet jätettiin kirjaamatta. Raudoittamon tuotantotoiminta jäi kokonaan tarkastelun ulkopuolelle käsin suoritettuna tiedon keräämisen takia. Tiedon kerääminen tuotteista tulisi automatisoida ja siirtää tuotantotyöntekijöille.

Tuotteiden laatumittarin kehittämistä varten tarvitaan tieto ensimmäisellä kerralla vaatimukset täyttävistä elementeistä. Elementtien laadusta saadaan tieto betonin kovettuttua. Betonin kovettuttua elementit puretaan muoteistaan ja viimeistellään. Viimeistelyvaihetta voi edeltää elementin korjaaminen vastaamaan vaatimuksia. Tässä diplomityössä valmistustiedon tarkennettu kerääminen olisi lisännyt työmäärää ja monimutkaistanut tiedon keräämistä. Korjausta vaatineiden elementtien kirjauksessa inhimillinen virhe voi vääristää tuloksia. Nykyisin valutapahtuman kirjaamisen lisäksi pitäisi jatkossa kirjata erikseen varastoon siirtyminen, jolloin elementit ovat todetusti laatuvaatimukset täyttäviä.

Erilaiset tiedon keräämismahdollisuudet tulisi tutkia. Nykyaikana viivakoodin lisäksi on olemassa RFID-tagit (engl. Radio Frequency IDentification, radiotaajuinen etätunnistus), joihin voidaan sisällyttää paljon informaatiota tuotteesta. RFID:n ja tuotantotyöntekijöiden tietojen kirjaamisella, työnjohdon työtehtäväksi jää tarkistaa ja mahdollisesti korjata päivän tuotannon tiedot.

### **6.1.3 Työtuntitieto**

Kehitettyihin suorituskykymittareihin kerättiin panostietona henkilömäärä. Henkilömäärä voidaan muuntaa tarvittaessa työtunneiksi. Työtuntimuunnos ei ole ongelmaton, koska henkilö saattaa tehdä ylitöitä. Ylityötuntien vaikutus tuottavuuteen ei ole yksiselitteistä. Jos tuotannosta kerätään työtunnit työvaiheittain sekä tuotteittain, voidaan seuraavan päivän valmistelutöihin käytetyt ylityötunnit kohdistaa oikealle tuotantopäivälle. Tällöin ylitöihin jäänyt työntekijä ei huononna päivän tuottavuutta.

Työtunnit kohdistetaan suoraan valmistettaviin tuotteisiin. Työtunnit jakautuvat suoriin ja yleistunteihin. Suorat työtunnit ovat tuotteen valmistamista. Yleistunteja ovat muun

muassa tuotantolaitoksen kunnossapitoon, siivoukseen ja huoltoon liittyvät työtunnit. Yleistunteja ei ole aina mahdollista kohdistaa suoraan tuotteisiin. Kohdistamisongelman myötä yleistunnit voidaan jakaa, esimerkiksi valmistettavien tuotteiden massojen suhteessa. Betoniasemanhoitajan työtunnit ovat yleistunteja, jotka jakautuvat valmistettujen tuotteiden massojen perusteella työpisteille.

Työtuntien kerääminen sekä kohdistuminen tulisi olla automaattista. Työtunteja kertyy henkilömäärään verrattuna kahdeksankertaisesti, jolloin työtunnit voi kohdistaa eri työvaiheille. Eri työvaiheiden lisäksi, työtunnit voi kohdistaa tuotteille. Mahdollisia hyötyjä työtuntien automaattisesta keräämisestä on valmistuksen eri vaiheiden kestoajan määrittelyssä sekä lähes näkymättömän tuotannon näkyväksi tekemisessä. Valmistuksen vaiheiden kestojen avulla on mahdollista määritellä elementtien vaikeusastekerroin paremmin kuin keskimääräisen elementin painon mukaan. Vaikeammassa elementeissä useimmiten valmistelu-aika on pisin, purku-aika hiukan pidempi ja valuaika useimmiten yhtä pitkä kuin muillakin elementeillä.

Lähes näkymättömän tuotannon näkyväksi tekemisellä tarkoitetaan varustelu- ja muutostöiden näyttäytymistä tuottavana työnä. Tuotelinjalla saattaa ajoittain esiintyä tuottamattomia päiviä, jolloin yhtään valmista tuotetta ei valmistu. Vaikka valmiita tuotteita ei valmistu, tuotantolinjan tuotanto voi olla käynnissä ja suorittaa varustelu- tai muutostöitä. Tämän kaltaisen lähes näkymättömän tuotannon näkyväksi tekemisellä saadaan yrityksen myynnille tärkeää informaatiota suorituskyvystä. Kohdistuksella olisi mahdollista tutkia tämän diplomityön suorituskykymittauksen tuottamattomia työpäiviä

#### **6.1.4 Tietojen keräysjärjestelmä**

Suorituskykymittariston tiedot tulisi kerätä yhteen keskitettyyn tietojärjestelmään, esimerkiksi ERP-järjestelmään. Tehdaskohtaiset Excel-laskentataulukot ovat käyttäjäsidonnia, eli jokainen käyttää laskentataulukko-ohjelmaa eri tavalla ja saattaa tehdä taulukkoon muutoksia. Keskitetyn tietojärjestelmän etuina ovat muun muassa samanlainen tietojen käsittely sekä rajoitetut oikeudet tietojen muutoksiin.

Tietojärjestelmään kirjataan jokainen valmistettu tuote. Tuotenimikkeisiin tulisi olla määriteltynä paljon tietoa tuotteesta, jotta tietoja olisi mahdollista jälkikäteen analysoida. Tuotenimiketietoihin täytyisi merkitä tuotteen valmistuspäivän lisäksi muita tietoja



tuotteiden jäljittämiseksi. Jäljittämistietoja voisivat olla muun muassa betonimassan eränumero, raudoitteen valmistuseränumero, valmistuksen aikana tehdyt tuotekohtaiset laatumittaukset ja valmistukseen osallistuneen työryhmän tiedot.

## **6.2 Tietojärjestelmän tietojen hyödyntäminen**

Suorituskykymittaristoja varten kerättyjä tietoja tulisi joustavasti hyödyntää yrityksen toiminnassa. Tietojärjestelmän suuri tiedon määrä yrityksen toiminnasta helpottaa muun muassa erilaisten mittayksiköiden kokeilemista suorituskykymittareissa. Tietojärjestelmän tiedoista on myös mahdollista luoda yrityksen jokaiselle toimialueelle merkittävää lisätietoa tehtaiden toiminnasta.

### **6.2.1 Tuotannon tehokkuuden seuranta**

Yritysjohdolle tuotannon tehokkuus on usein synonyymi tuotannon kustannusminimille. Jotta yritys olisi kannattava, yritysjohdon tulee maksimoida tuotot ja minimoida kustannukset. Tehdaskohtaiset tuottavuusmittarit esittävät tehtaiden kustannustehokkuuden. Tuotannon kustannukset ovat matalalla, kun tuottavuus on korkealla. Yritysjohdon täytyy seurata tehtaiden kustannustehokkuutta lyhyemmilläkin aikaväleillä kuin tilikausi tai kuukausi.

Tehtaiden suorituskykyä voi vertailla finanssimittareiden tuotostiedon ja suorituskykymittarin panostiedon avulla. Finanssi- ja suorituskykytiedon tuottavuusmittarissa tuotostietona voisi olla elementtien myyntikate tai liikevoitto. Mittarin panostietona voidaan käyttää esimerkiksi työtunteja, tuotettujen elementtien fyysistä mittaa tai massaa.

Myyntikatteen ongelmana on, että se on ennuste. Toteutunut myyntikate saadaan vasta jälkilaskennassa tai tilinpäätöksessä. Liikevoitto lasketaan tilinpäätöksessä. Yrityksessä tehtaiden taloutta seurataan kuukausitasolla. Kuukausittaisissa tilinpäätöksissä esiintyy epävarmuutta ja virhettä, mutta niiden avulla voidaan tuottaa myyntikatteeseen tai liikevoittoon perustuva finanssisuorituskykymittari.

Tehdasjohdon tehtävänä on varmistaa tehokas tuotanto. Tehdasjohto ei voi tietää tuotannon tehokkuutta, jos tehokkuutta ei mitata. Tuottavuusmittarin avulla tuotantoresursseja ja -menetelmiä on mahdollista kehittää tehokkaammiksi. Tehdasjohdon tuotta-

vuusmittarilla tehostamistoimenpiteitä voi perustella ja työntekijöitä motivoida kohti tehokkaampaa valmistusta.

Tutkitun tehtaan vuositason tuottavuus vastaa Ison-Britannian vuoden 2011 tasoa. Tehtaan vuositasoisessa tuottavuudessa oletetaan tilauskannan pysyvän muuttumattomana. Tuloksen vertailussa täytyy huomioida Ison-Britannian tuottavuuden koskevan koko betonielementtiteollisuutta. Nurmijärven tehtaalla valmistetaan murto-osa betonielementtiteollisuuden tuotteista. Tehtaan tuotteiden valmistus on työvoimapainoista, mutta betonielementtiteollisuudessa on myös koneellista valmistamista. Koneellisella valmistamisella tuottavuus saattaa olla korkeampi, jos tuotantomäärät ovat korkeita ja työntekijämäärät matalia.

Tehtaan suorituskyvyn analysoinnissa tonnit tuotantomäärä ja tuottavuus määrittelevät tehtaan maksimisuorituskyvyn. Maksimisuorituskykyyn vaikuttavat tehtaan tilauskanta ja tuotantorakenne. Tuotantorakenteen muuttuessa, maksimisuorituskyky muuttuu. Analysoinnin mukaan tehtaalla työskenteli liian paljon työntekijöitä. Käytännössä tehtaan täytyy varautua merkittäviin tilauskannan muutoksiin. Tilauskanta muuttuu nopeammin kuin uusia työntekijöitä ehditään rekrytoimaan ja kouluttamaan. Yrityksen on varmempaa kohdistaa sopeuttamistoimenpiteitä tehtaiden määrä- ja osa-aikaisiin työntekijöihin.

### **6.2.2 Suorituskykytavoitteiden asettaminen**

Yritysjohto asettaa tehdasjohdolle suorituskykytavoitteet, jotta tehtaan toiminta olisi mahdollisimman kannattavaa. Tehdasjohto määrittelee työntekijöille suorituskykytavoitteet, jotta tehtaan toiminta olisi kannattavaa ja tyydyttäisi yritysjohton. Työntekijät pyrkivät tavoitteisiin tehdasjohton tuella.

Suorituskykytavoitteiden asettaminen on kilpajuoksua muiden toimialan yritysten kanssa. Betoniteollisuudessa tuotteiden laadulle on yleensä standardoidut vaatimukset, jolloin tuotantokustannukset ovat määräävä tekijä tilausten hintakilpailussa. Yritykset, joiden tuotantohenkilöstö on ammattitaitoista ja tehokasta, voittavat hintakilpailut.

Suorituskykytavoitteiden asettamiseksi mittaristoissa esitetään historiatietoja. Historiatietojen avulla on mahdollista asettaa kasvutavoitteita suorituskyvyille. Markkinatilän-

teen vaihtelu voidaan historiatietojen avulla huomioida suorituskyvyssä. Tavoitteiden asettamista tulisi tutkia toimialoilla, joissa markkinatilanne vaihtelee merkittävästi.

### **6.2.3 Tuotannon suunnittelu ja tuotantokustannusten määrittäminen**

Tehdasjohto voi aikatauluttaa tilaukset tuotantoon, kun tuotannon tehokkuudesta on olemassa mitattua tietoa. Aikataulutuksella voidaan vaikuttaa suorituskykyyn, muun muassa tuotannon läpimenoaikaa voidaan lyhentää ja tehokkuutta kasvattaa.

Yrityksen myyntiyksikölle tehtaiden suorituskyvyt ovat tärkeää tietoa. Suorituskykytietojen avulla myynti voi hinnoitella asiakkaille tuotteet todenmukaisemmin ja luvata todenmukaisen toimitusajan. Suorituskykytietojen avulla myynti ei voi ylikuormittaa tehtaan tuotantoa. Tarvittaessa myynti voi myös järjestellä tilauksia ja toimitusaikoja.

Suorituskykymittarit auttavat myyntiyksikköä jälkilaskennassa. Suorituskykymittareiden tuloksien avulla myynti voi määritellä tuotteiden hinnat todenmukaisemmiksi. Tuotteiden työ kustannukset ovat tällä hetkellä arvioita, eivätkä perustu jo toteutuneisiin kustannuksiin.

## **6.3 Suorituskykymittaristojen tietojen sovellukset**

Suorituskykymittaristoja varten kerättyjä tietoja voidaan käyttää useisiin erilaisiin sovelluksiin. Keskitettyyn tietojärjestelmään kerätään paljon tietoja, joita voi hyödyntää yrityksen useissa toiminnoissa. Tuotannosta automaattisesti kerättyjen ja kohdistettujen tietojen avulla on mahdollista kehittää yrityksen toiminnalle tärkeitä sovelluksia. Tiedoista on myös mahdollista luoda työntekijöille viihdesovelluksia.

### **6.3.1 Tietojen analysointi**

Suorituskykymittaristojen tietoja voidaan analysoida. Analysoitaessa tietoja, voidaan muun muassa jäljittää tuotteissa ilmeneviä ongelmia, luoda työryhmän tehoprofiili ja määritellä tehtaiden suorituskykyä. Jäljitettävyyden on mahdollista, kun tuotteista ja valmistuksesta kerätään paljon tietoa. Työryhmän tehoprofiilia varten tiedoista analysoidaan työryhmän työtunnit ja tuotokset tuoteryhmittäin.

### **6.3.2 Jäljitettävyyden**

Valmiiden tuotteiden jäljitettävyyden on mahdollista, kun suorituskykymittaristojen työtunnit kohdistetaan työvaiheittain ja muoteittain. Tuotteeseen voidaan liittää muun mu-

assa valmistukseen osallistuneen työryhmän tiedot, työvaiheisiin kuluneen ajan, valmistuksen aikaiset laatutiedot ja betonimassan eränumerot. Jäljitettävyyden avulla yrityksellä on mahdollista selvittää tuotteisiin liittyvät reklamaatiot vaivattomasti.

## 7 Yhteenveto

Tuotantoa mitataan lukuarvoina, joista tuotetaan suorituskykyä kuvaavat mittarit. Suorituskykyä ei kutsuta tunnusluvuksi, koska suorituskyky esitetään graafisena mittarina. Tuotannon mittarit voidaan jakaa kahteen osioon, finanssi- ja suorituskykymittareihin. Finanssimittarit perustuvat rahaliikenteeseen ja suorituskykymittarit tuotannosta saataisiin todellisiin lukuarvoihin.

Erinomainen suorituskykymittari on reaaliaikainen, kuten auton moottorinlämpömittari. Reaaliaikaisuuden avulla mittarin seuraaja huomaa ongelmat välittömästi ja pystyy välttämään suuremmat vahingot. Aina ei ole mahdollista toteuttaa reaaliaikaisia mittareita, jolloin ongelmiin voidaan puuttua vasta jälkikäteen. Betoniteollisuudessa hyvä mittari on työvuorokohtainen.

Suorituskykymittareiden kehittäjän tulee ymmärtää yrityksen ydinosaaaminen, jotta osaisi valita mitattavat suureet. Mitattaviin suureisiin vaikuttaa myös valmistettavien tuotteiden fyysiset ominaisuudet. Kehitettyjen suorituskykymittareiden pohjana käytetään Eckersonin Seuraa, Analysoi ja Syvenny yksityiskohtiin -rungen syvenny yksityiskohtiin osuutta. Suorituskykymittarit tarvitsevat tiedot resurssi-, tuotantolaitte- ja tuotetasolta.

Suorituskykymittareiden tietoja tulisi kerätä automaattisesti ja mahdollisimman läheltä valmistustoimintaa. Automatisoiduista tuotantolaitteista tietojen automaattinen kerääminen on mahdollista. Käsikäyttöisistä tuotantolaitteista sekä työvoimaa käyttävistä työvaiheista on mahdollista kerätä puoliautomaattisesti tietoja.

Suorituskykymittareita käytetään päätöksentekovälineenä. Riittävällä raportoinnilla yritysjohto on tietoinen yrityksen suorituskyvystä. Raportoinnilla yritysjohdolla on mahdollista keskittyä kokouksissaan tulevaisuudessa mahdollisesti esiintyviin ongelmiin.

Tässä diplomityössä kehitettiin betonituoteteollisuuden yrityksen tehtaalle suorituskykymittarit. Tehtaalla tuotetaan pääasiallisesti jonoon asennettavia elementtejä. Betoniteollisuudessa yleisesti käytössä on tuotettujen elementtien massa työntekijää kohden. Yrityksellä oli ennen kehitystyötä käytössä finanssimittarit tuotannon seuraamiseksi.

Kehitystyössä luotiin kaksi tuottavuusmittaria ja kapasiteetin käyttöastemittari. Tuloksissa huomattiin kappaletuotantomääräisen mittarin soveltuvan huonosti useita tuoteryhmiä valmistavalle tehtaalle. Yritykselle käyttöön otettaviksi suorituskykymittareiksi valikoituvat tuotantomäärä, tuottavuus, käyttöaste, laatu ja reklamaatiot. Tuottavuuden mittaamista varten yrityksen tulee kerätä ja kohdistaa automaattisesti työtunnit työpisteittäin ja –vaiheittain. Massaperusteiset mittaristot ovat yleiskäytössä. Mittaristojen tuotekohtaiset yksiköt täytyy erikseen määritellä.

## Lähdeluettelo

Ahmad, M.M. ja Dharf, N. 2002. Establishing and improving manufacturing performance measures. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Vol. 18:3–4. S. 171-176 ISSN 0736-5845.

Beatham, S., Anumba, C., Thorpe, T. and Hedges, I. 2004. KPIs: a critical appraisal of their use in construction. *Benchmarking*. vol. 11:1. S. 93-117. ISSN 1463-5771.

Betoniteollisuus ry. 2013. Betoni.com. [Verkkosivusto]. [Viitattu 21.8.2013].

Saatavissaa: <http://www.betoni.com>.

British Precast Concrete Federation, Ltd. 2013. Sustainability Matters 2013. British Precast Concrete Federation Ltd. 3/2013. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 20.8.2013].

Saatavissa: <http://www.britishprecast.org/documents/BPSUSTAIN2013-cp-email.pdf>.

Cement Association of Canada. 2010. Sustainability Report. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 20.8.2013]. Saatavissa:

<http://www.cement.ca/images/stories/ENGLISH%20FINAL%202010%20SD%20Report%20Mar17.pdf>.

Collins, J. ja Tillman, M. 2001. Hyvästä paras: miksi jotkut yritykset menestyvät ja toiset eivät?. *Kauppakaari*. 363 s. ISBN 9521405384.

Crawford, M., 2012. Methods to Improve Concrete Precast Plant Operations. ASME.org. [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 20.8.2013]. Saatavissa:

<https://www.asme.org/engineering-topics/articles/construction-and-building/methods-improve-concrete-precast-plant-operations>.

Desai, T.N. ja Erubothu, A.T. 2010. A Study of the Interrelationship between Total Quality Management and Productivity. *Productivity*. Vol. 50:4. S. 268-278.

Eckerson, W.W. 2010. *Performance Dashboards : Measuring, Monitoring, and Managing Your Business (2nd Edition)*. Hoboken, NJ, USA: Wiley. ISBN 9780470920404.

Fisher, J. 1992,. Use of Nonfinancial Performance Measures. Journal of Cost Management. S. 33-38.

Haapasalo, H., Piirainen A., Korander, O., Aho, O. ja Teriö, O. 2013. Tuottavuusseminaari 23.4.2013. Seminaari yhteenveto. Betoniteollisuus ry.

Hastings, N. 2010. Key Performance Indicators. Physical Asset Management. Springer London: 01/01. S. 319-322. ISBN 978-1-84882-750-9. DOI 10.1007/978-1-84882-751-6\_23.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. and Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6 s. Tampere: Infacs johtamistekniikka. ISBN 978-951-96765-6-2.

Info-Entrepreneurs. GUIDE: Measure performance and set targets. [Verkkosivusto]. [Viitattu 25.8.2013]. Saatavissa: <http://www.infoentrepreneurs.org/en/guides/measure-performance-and-set-targets/>.

Kangasniemi, M. 2012. Tuottavuuden mittaaminen palvelualoilla. Libris Oy: Palvelualojen ammattiliitto PAM ry. ISBN 2242-5462/978-951-9509-88-7.

Kaseva, V. 2011. Toiminnanohjausjärjestelmä eli ERP. Kalvosarja. 30.1.2011.

Kauppalehti. 2011. Tunnuslukuopas. [Verkkosivusto]. [Viitattu 19.8.2013]. Saatavissa: <http://www.kauppalehti.fi/etusivu/tunnuslukuoppaan+paasivu/20110262447>.

Lera Blog. 2013. How ERP System Improve Employee Productivity. [Online]. [Viitattu 10.9.2013]. Saatavissa <http://lerablog.org/business/management/how-erp-systems-improve-employee-productivity/>.

Malmi, T., Peltola, J. ja Toivanen, J. 2006. Balanced scorecard. Helsinki: Talentum. ISBN 952-14-1091-4.

Mikusova, M. ja Janeckova, V. 2010. Developing and implementing successful key performance indicators. World Academy of Science, Engineering and Technology. Vol. 42. S. 969-981. SCOPUS. ISSN 2010376X.

Muchiri, P. ja Pintelon, L., 2008. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. International



Journal of Production Research. vol. 46:13. S. 3517-3535. ISSN 00207543. DOI 10.1080/00207540601142645.

Nakajima, S. 1988. Introduction to TPM: total productive maintenance.

Nucos Oy. Modernisointi kannattaa. [Verkkosivusto]. [Viitattu 20.6.2013]. Saatavissa: <http://www.nucos.fi/index2.html>.

Parmenter, D. 2010. Key Performance Indicators (KPI) : Developing, Implementing, and Using Winning KPIs (2nd Edition). Hoboken, NJ, USA: Wiley. ISBN 9780470593196.

Peltonen, M. 1984. Yrityksen tuottavuusopas. Helsinki: Kauppalehti. ISBN 951-9434-07-0.

Su, Y. 2010. Construction crew productivity monitoring supported by location awareness technologies. L.Y. LIU ed. Ph.D. ed. United States, Illinois: University of Illinois. Urbana-Champaign ProQuest Dissertations & Theses Full Text. ISBN 9781124312484.

Suorsa, O. 1990. Teollisuusyrityksen tuottavuuden mittaus ja siihen liittyvä kannattavuuden seuranta. Otaniemi: TKK. ISBN 951-22-0399-5.

Times, T. 2013. Finance theory: Capital investment and productivity. The Times 100. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 20.9.2013]. Saatavissa: <http://businesscasestudies.co.uk/business-theory/finance/capital-investment-and-productivity.html#axzz2gYnSIR1r>.

Vavra, B. 2007. Collect useful information. Control Engineering. Vol. 54:7. S. 24. ProQuest Central. ISSN 00108049.

Wang, C., Liu, M., Hsiang, S.M. ja Leming, M.L. 2012. Causes and Penalties of Variation: Case Study of a Precast Concrete Slab Production Facility. Journal of Construction Engineering & Management. Vol. 138:6. S. 775-785. ISSN 07339364. DOI 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000475.

Wicks, A.M. ja Roethlein, C.J. 2009. A Satisfaction-Based Definition of Quality. The Journal of Business and Economic Studies. Vol. 15:1. S. 82-97. ProQuest Central. ISSN 1063343X.