

Anna Lanamo

Merima Oy:n tuotesuunnitteluprosessin tarkastelu Lean-periaattein

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinöörityö

09.12.2014

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Anna Lanamo Merima Oy:n tuotesuunnitteluprosessin tarkastelu Lean -periaattein</p> <p>46 sivua + 7 liitettä 09.12.2014</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Insinööri (AMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>tuotantotalous</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>tilaus-toimitusketjun hallinta ja liiketoiminta</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>lehtori Harri Hiljanen kehityspäällikkö Janne Vesa</p>
<p>Insinööriyön tavoitteena oli kartoittaa Merima Oy:n tuotesuunnittelun kyvykkyyttä osana tuotannon prosessia ja etsiä toimintaa tehostavia käytäntöjä Lean-filosofian pohjalta. Taus-talla tutkimukselle oli yrityksen tuotannossa aloitettu Lean-kehitysprojekti ja kiinnostus suunnitteluyksikön nykytilasta.</p> <p>Tutkimusongelma esitettiin seuraavasti: Miten tuotesuunnittelua voidaan kehittää Lean-periaattein osana tuotantoprosessia? Tutkimusmenetelminä käytettiin sekä kvalitatiivista että kvantitatiivisia menetelmiä, joita olivat: havainnointi suunnittelun viikkopalaverissa, kyselytutkimus, toimihenkilöiden haastattelut ja laskennalliset mittaukset.</p> <p>Työn alussa perehdyttiin Lean-filosofiaan. Tutkimuksen osalta tuotiin esille ne Lean-periaatteet, joita voitiin soveltaa tutkimuskohteessa. Ne toivat näkemyksiä, kuinka prosessi voi parantaa suorituskykyään. Sovellettavia teoria-asioita olivat JIT -tuotanto, imuohjaus, Muda, PDCA-sykli ja Kaizen.</p> <p>Nykytilan tutkimisessa käytiin läpi tuotantoprosessin suunnittelun osuus. Prosessikuvauksen myötä tutkittiin myös yrityksen nykyistä tuotepolitiikkaa ja tuotteen kustannusrakennetta. Kustannusrakenteen ymmärtäminen oli edellytys suunnittelun kustannusten osuuden laskemiselle kontrollikartan määrittelyyn. Rakennetun prosessin kontrollikartan avulla päästiin kiinni sekä nykytilaan tuotepolitiikan kannalta, että suorituskyvyn mittaamisen edellytyksiin.</p> <p>Tehokkaan tuotesuunnittelun osiossa luotiin mittaristo tuotesuunnittelun suorituskyvyn mittaamiseksi. Suunnittelun sorituskyvyn osa-alueita tutkimuksessa olivat tuottavuus ja läpimenoaika. Yhdessä suunnittelun tuottavuutta ja läpimenoaikkaa (kalenteriaika) mittaamalla pystytään kontrolloimaan suunnitteluprosessia osana tuotantoprosessia. Johtopäätöksenä tässä työssä kehitetyn suorituskyvyn mittariston käyttöönotto on suositeltavaa osaksi tuotannon kontrollointia. Mittariston lisäksi tutkimuksen tuloksena saatiin kehitysehdotukseksi ottaa käytäntöön projektikohtainen standardidokumentaatio sekä materiaalien fyysinen mallintaminen suunnittelun avuksi.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>Lean, tuotesuunnittelu, prosessit, suorituskyky, tuottavuus</p>

Author Title Number of Pages Date	Anna Lanamo LEAN principles research for the product design process of Merima Ltd 46 pages + 7 appendices 18 November 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Management and Engineering
Specialisation option	Supply Chain Management and Business
Instructors	Harri Hiljanen, Lecturer Janne Vesa, Development Manager
<p>The aim of this thesis has been to determine the capability of the product design of Merima Ltd as a part of the production process, and to search for LEAN philosophy -based productivity-enhancing practices. The background for this research has been a LEAN development project started at the production department and an interest in the current state of the production design department in the company.</p> <p>The research problem presented was: How to develop product designing as a part of the production process according to LEAN principles? The research used both qualitative and quantitative methods, which were: observation at weekly meetings, questionnaire surveys, interviews, and computational measurements.</p> <p>At the beginning, LEAN philosophy was introduced. The research brought up LEAN principles that could be applied for this purpose. They gave an understanding of process performance improvements. Applicable theories were JIT production, pull control, Muda, the PDCA cycle, and Kaizen.</p> <p>For the present state review, components of the production process design were investigated. The process overview evaluated the company's current product policy and the cost structure of the production. To understand the cost structure was a prerequisite for calculating what the portion of the design was of the total costs for designing a control chart. The constructed process control chart could be used for evaluating the current state of the product policy and the measuring performance requirements.</p> <p>In the section of effective product design evaluating, measuring system for product design performance was created. The aspects of the efficiency of the product design were productivity and lead time. By measuring the productivity and lead time (calendar time), it's possible to control the production design as a part of the production process. In conclusion, the measurement system created by this thesis is recommended for the company as a part of production process control. In addition (to the measuring tools), the study provided a suggestion for development that the company could start using standard documentation for different projects and to apply physical modeling of materials to support the planning.</p>	
Keywords	Lean manufacturing, product design, processes, performance, productivity

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kohdeyritys	2
2.1	Yritysesittely	2
2.2	Tuotantomuoto	3
3	Tutkimusmenetelmät	5
3.1	Kvalitatiivinen tutkimus	5
3.2	Kvantitatiivinen tutkimus	7
4	Lean-periaatteet	8
4.1	Leanin historiaa	8
4.2	Lean-periaatteiden soveltaminen	9
4.3	JIT ja imuohjaus	10
4.4	Muda	13
4.5	PDCA-sykli ja jatkuva kehitys	17
5	Nykytila-analyysi	19
5.1	Tuotesuunnittelu osana tuotantoprosessia	19
	Tuotesuunnittelun työnjako	20
	Positiokohtainen tekninen läpikäynti	20
	Tuotesuunnittelu	21
	Tuotesuunnittelun viimeistely	21
5.2	Tuotepolitiikka ja tuotteen kustannusrakenne	22
5.3	Prosessin kontrolli	26
6	Tehokas tuotesuunnittelu	29
6.1	Suorituskyvyn mittaaminen	29
	6.1.1 Tuottavuus	30
	6.1.2 Läpimenoaika	33
6.2	Projektikohtainen suunnittelu	36
6.3	Standardit	38

7	Johtopäätökset	40
8	Yhteenveto	45
	Lähteet	47

Liitteet

Liite 1. Kyselylomake tuotesuunnittelun kehittämistä varten

Liite 2. Tuotantoprosessi (suunnitteluosuus)

Liite 3. Seinäelementtien valmistuksen toteutuneet kustannukset

Liite 4. Seinäelementtien valmistuksen toteutuneet kustannukset 2014

Liite 5. Kustannusten kontrollikartta

Liite 6. Kontrollikartta ykköslaivoille

Liite 7. Kontrollikartta sarjalaivojen seuraaville laivoille

Lyhenteet

DFM	Design For Manufacturing. Tuotteen valmistettavuus keskittyy niihin asioihin, joilla pyritään yksinkertaistamaan tuotteen valmistusta.
JIT	Just-In-Time. Tuotannonohjausstrategia, jossa tuotanto vastaa oikea aikaisesti tarpeeseen.
LCL	Lower Control Limit. Prosessin kontrollikartan alaraja.
PDCA	Plan Do Check Act. Ongelmanratkaisumalli, joka on keskeinen jatkuvassa parantamisessa, laatujohtamisessa ja prosessinkehittämisessä.
PDM	Product Data Management. Ohjelmistoympäristö, joilla hallitaan keskitetysti yrityksen tuotteisiin liittyvää tietoa ja tiedostoja osana tuotteen elinkaaren hallintaa
SPC	Statistical process control. Prosessivalvonnan tilastollinen menetelmä, joka arvioi otoksen suhdetta koko prosessin otokseen määritellyissä kontrollirajoissa
TPS	Toyota Production System. Toyotan tuotantojärjestelmä.
UCL	Upper Control Limit. Prosessin kontrollikartan yläraja.

1 Johdanto

Risteilyalusten sisustuskokonaisuuksia toteuttavan Merima Oy:n tuotesuunnittelu on noussut yrityksen kehityskohteeksi tuotantoprosessin Lean-kehitysprojektin myötä. Viime aikoina projektien ja yrityksen johdon kesken on kiinnostuttu tarkastelemaan mihiin yrityksen omassa tuotannossa kuluu kustannuksia ja voitaisiinko niitä supistaa Lean-periaatteita mallintavilla työtavoilla. Tutkimuksella halutaan tarkastella suunnittelun nykytilaa, etsiä mahdollisia sudenkuoppia ja kehitysideoita sekä kehittää suorituskyvyn mittaristo. Tutkimusongelma on määritelty näiden tavoitteiden perusteella ja tutkimuksen edetessä ongelmiin haetaan näkökulmia toimivan ratkaisun löytämiseksi.

Tuotantotalouden insinöörintutkintoon pyrkivä koulutukseni on antanut kattavasti tietotaitoa tutkimuksen toteuttamiseksi. Pystyn soveltamaan hankkimaani tietotaitoa Lean-filosofiaan, tehokkaaseen tuotannonohjaukseen ja johtamiseen liittyvissä asioissa. Teoriaosuudet tuovat näkökulmia, kuinka tehokas tuotesuunnittelu on rakennettu, mikä on tuotesuunnittelun asema ja kuinka sitä tulisi johtaa. Lean-filosofiasta on nostettu esille ne periaatteet, joita voidaan tutkimuskohteessa soveltaa hyödyllisesti.

Tavoite

Meriman tuotanto aloitti Lean-kehitysprojektin alkuvuodesta 2013 ja ko. projekti on edelleen käynnissä oman valmistuksen tehostamiseksi. Tämä insinööryö tutkii tuotannon valmistusta palvelevan suunnitteluyksikön toimintatapoja ja pyrkii löytämään parannusehdotuksia, jotka tukevat tuotannon tavoitteita. Lean-periaatteita mallintavalla työyhteisöllä ja toimintatavoilla halutaan edistää tuotannon asiakkaiden, kunkin projektin, tarpeiden täyttymistä mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Tavoitteena on kartoittaa tuotesuunnittelun suorituskykyä osana tuotannon prosessia ja etsiä toimintaa tehostavia käytäntöjä Lean-filosofian pohjalta. Kohdeyritys voi käyttää toteutettua tutkimusta hyväkseen osana oman tuotantoyksikkönsä kehitystä.

Lähtökohtana tavoitteiden saavuttamiselle on kuvantaa tuotesuunnittelun nykytila, sen rooli yrityksessä ja siihen vaikuttavat tekijät. Nykytila-analysissä sekä tehokkaan tuotesuunnittelun tarkastelun osuuksissa tuodaan esille näitä asioita. Tarkastelun alle ase-

tetaan muun muassa suunnittelukustannusten vaikutus yrityksen tuotepolitiikassa, suunnitteluorganisaation rooli tuotannossa ja yhteistyö projektihenkilöstön välillä.

Työn rajaus

Työ keskittyy Merima Oy:n oman tuotannon tuotesuunnittelun organisaatioon. Yrityksen oma tuotanto yksikkö valmistaa ja kokoonpanee risteilyalusten sisustusratkaisuja omissa tiloissaan, jotka ovat yrityksen päätoimipisteen yhteydessä. Myös tuotannon suunnitteluosasto työskentelee keskitetysti tässä toimipisteessä.

Mahdolliset kehitysideat on rajattu suunnitteluorganisaation sisälle, mutta nykytilan kartoituksessa on tarkasteltu myös organisaation sidosryhmiä. Sidoryhmien toimintaan ei kuitenkaan pyritä ottamaan kantaa vaan niiden vaikutus tuodaan esille suunnitteluksiön näkökulmasta. Myös teoreettisiin osuuksiin on käytetty tuotesuunnittelua ja sen toimintaa tutkivia sekä soveltuvia aineistoja.

Tutkimusongelma

Tutkimusongelma voidaan esittää seuraavasti:

Miten tuotesuunnittelua voidaan kehittää Lean -periaattein osana tuotantoprosessia?

Tutkimusongelmaan sisältyy oleellisena osana tutkia:

- Mikä on tuotesuunnittelun nykytila?
- Mitkä tekijät vaikuttavat suunnittelun tehokkuuteen ja voidaanko niihin vaikuttaa tuotteen laadusta tinkimättä?
- Miten suunnittelun suorituskykyä voidaan mitata?

2 Kohdeyritys

2.1 Yritysesittely

Merima Oy on kotimainen yritys, joka toteuttaa valtameriristeilijöiden sisustusratkaisuja globaaleilla markkinoilla. Yritys on perustettu vuonna 1987 Helsingissä, missä pääkonttori yhä sijaitsee. Samassa osoitteessa on myös yrityksen omat tuotantotilat. Tällä het-

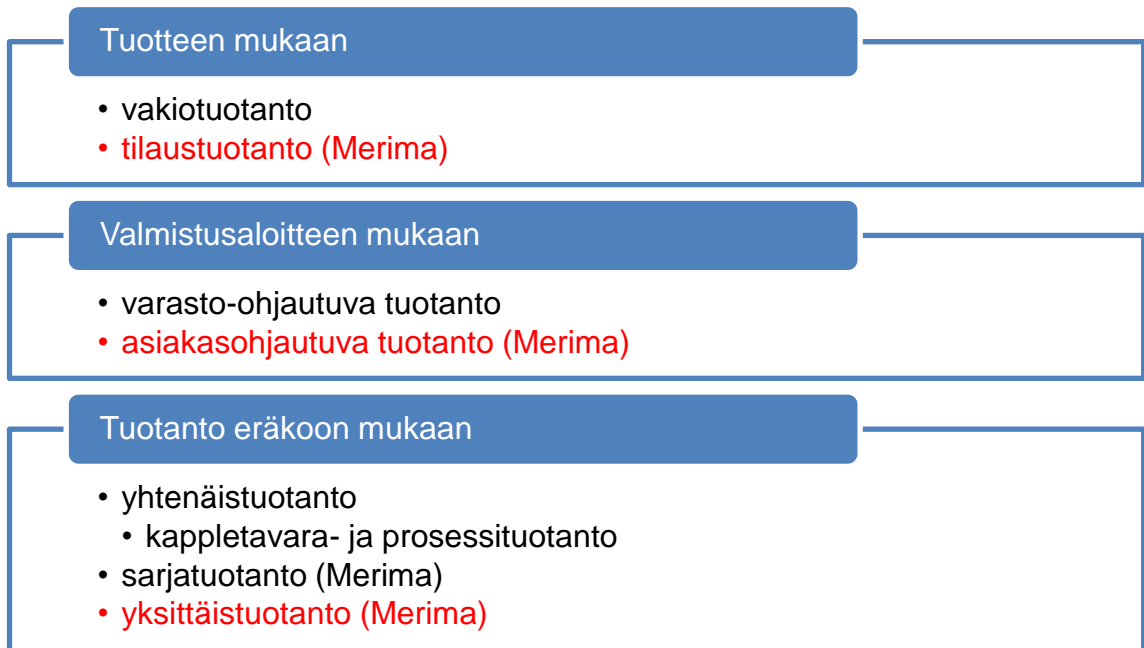
kellä toimipisteet on myös Turussa, USA:ssa (Florida) sekä Saksassa (Papenburg). Liikevaihto vuonna 2013 oli liki 27 miljoonaa ja yritys työllisti 59 omaa työntekijää.

Merima Oy on erikoistunut matkustaja- ja risteilyalusten julkisten tilojen kokonaistoimituksiin. Eri varustamoiden laivoihin on tehty lähes 400 kokonaistoimitusta. Yritys on ollut jo pitkään edelläkävijä alallaan. Sen toiminnanohjausjärjestelmä on sertifioitu ISO 9001 -laatustandardein. Yritys on vuosien aikana kerännyt arvostettuja yrityspalkintoja, joista esimerkkinä ”Uudenmaan vuoden tuotannollinen yritys” -palkinto vuonna 2009.

2.2 Tuotantomuoto

Yrityksen valitsema tuotantomuoto määrittelee suurelta osin tuotantojärjestelmän ominaisuudet sekä toiminnan johtamisen ja ohjauksen periaatteet. Yritys ei voi valita harjoittamaansa tuotantomuotoa vapaasti, vaan se määräytyy tuotteen valmistusmäärien, rakenteen, valmistustekniikan ja jakelutien perusteella. Tuotantomuoto määritellään tuotteen, valmistusaloitteen ja tuotantoerän koon perusteella.

Tuotteet jaotellaan vakio- ja tilaustuotteisiin. Vakiotuotteen konstruktio pysyy samanlaisena pitkiä aikoja. Valmistuksen perustiedot ovat olemassa, jolloin tuotteen valmistuksen aloittaminen ei edellytä tuotesuunnittelua. Asiakkaalla ei juurikaan ole mahdollisuutta vaikuttaa tällaisen tuotteen konstruktioon ja ominaisuuksiin. Tilaustuotteissa tuotteen spesifikaatio määräytyy jokaisen tilauksen mukaan yksilölliset; asiakkaalla on kokonaan tai osittain mahdollisuus vaikuttaa tuotteen ominaisuuksiin. Tällaisia ainutkertaisia tuotteita ovat esimerkiksi taideteokset, rakennukset ja laivat. (Haverila 2009: 353.) Kuviossa 1 on esitelty, miten tuotantomuotoja jaotellaan ja mihin näistä Meriman tuotanto kohdistuu.



Kuvio 1. Tuotantomuodot.

Valmistusaloitteen perusteella tuotanto jaetaan varasto- ja asiakasohjautuvaksi. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa valmistusaloite tuotevaraston täydennystarpeen perusteella. Asiakasohjautuvassa tuotannossa valmistuksen aloittaminen perustuu asiakkaan tilaukseen ja tuotteen konstruktio määritellään vasta tilausvaiheessa.

Tuotantoerän koon perusteella tuotanto jaetaan yksittäis-, sarja- ja yhtenäistuotantoon. Yhtenäistuotanto on massatuotanto, joka jatkuu samanlaisena pitkän ajan. Se voidaan edelleen jakaa suursarjatuotantoon ja prosessituotantoon. Sarjatuotannossa valmistetaan tuotetta tietty erä eli sarja kerrallaan, milloin pyritään nostamaan tuotannon tehokkuutta. Yksittäistuotannossa valmistuserän koko on yksi kappale. Tuotteet poikkeavat toisistaan ja valmistetaan usein kerralla. Ainutkertaiset tuotteet, kuten laivat, rakennukset ja taide-esineet, valmistetaankin usein asiakasohjautuvasti yksittäiskappaleina. (Haverila 2009, 355.) Meriman tuotanto on juuri tällainen asiakasohjautuvaa yksittäiskappaletuotantoa. Tuotannon ja sen näin ollen myös tuotesuunnittelun asiakas on projekti, joka tilaa spesifejä elementtejä laivan sisustuskokonaisuuksien toimituksiin. Tuotteen konstruktio määritellään usein vasta juuri ennen tuotteen suunnittelun aloitusta, vaikka projektin asiakas onkin tilannut sisustus kokonaisuudet jo ennen tätä. Jotkin tuotteet voidaan valmistaa pienissä sarjoissa, kun esimerkiksi elementti toistuu asennuskohteessa. Kuitenkin tämän tyyppinen sarjatuotanto on hyvin tapauskohtaista ja pienivolyymistä.

3 Tutkimusmenetelmät

Lähtökohtana menetelmien valinnalle oli selvittää, mitkä ovat ne aineistot, joiden avulla saan parhaiten tietoa tutkimuskohteestani, ja mitkä ovat ne tutkimustekniikat, joilla saan tiedon parhaiten "irti" aineistosta. Näitä aineistoja saatiin tutkimusta varten yrityksen sisäisistä tietokannoista ja toiminnanohjausjärjestelmästä. Näitä olivat muun muassa toiminnanohjausjärjestelmän operatiivisen laskennan projektikustannustiedot, prosessikuvaukset ja projektikohtaiset valmistuspiirustusluettelot.

Insinööriyössä käytetyillä tutkimusmenetelmillä pyritään selvittämään suunnitteluorganisaation nykytilaa ja suorituskykyä. Tutkimus edellyttää sekä kvalitatiivisia - että kvantitatiivista tutkimusotetta. Tutkimuksessa käyttämäni menetelmät ovat seuraavia:

- havainnointi: suunnittelun viikkopalaveriin osallistuminen
- kyselytutkimus
- toimihenkilöiden haastattelut
- laskennalliset mittaukset.

3.1 Kvalitatiivinen tutkimus

Tutkimuksessa käyttämäni menetelmistä kolme ensimmäistä ovat kvalitatiivisia menetelmiä. Kvalitatiivinen tutkimus tarkoittaa laadullista tutkimusta. Se auttaa ymmärtämään tutkimuskohdetta ja sen käyttäytymisestä ja päätösten syitä. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa vastataan yleensä kysymyksiin miksi ja miten. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa otoskoko on yleensä pieni. Oikeiden kriteerien avulla tutkimuksessa voidaan saada pienelläkin otoksella paljastettua olennainen ongelmakohta. Tutkimusmenetelminä käytetään esimerkiksi haastatteluja ja havainnointitutkimuksia (Rope 2005: 423.)

Laadullisessa tutkimuksessa ei pyritä tilastollisiin yleistyksiin. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään kuvaamaan jotain tapahtumaa, ymmärtämään tiettyä toimintaa tai antamaan teoreettisesti hyvä tulkinta jollekin ilmiölle. Laadullisessa tutkimuksessa on tärkeää, että henkilöt, joilta tietoa kerätään, tietävät tutkittavasta ilmiöstä mahdollisimman paljon tai, että heillä on kokemusta kyseistä asiasta. Henkilöiden, joilta tietoja kerätään, valinta tulee olla harkittua ja tarkoitukseen sopivaa. Eräs harkinnanvaraisen aineistonkeruun nimike on eliittiotanta. Tutkimuksen perusjoukko voi olla suuri tai pieni, mutta

tutkimuksen tiedonantajiksi valitaan vain ne henkilöt, joilta oletetaan saatavan kaikista eniten hyödyllistä tietoa tutkittavasta ilmiöstä. (Tuomi & Sarajärvi 2002: 87–88.)

Havainnoinnin muotoja ovat piilohavainnointi, havainnointi ilman osallistumista ja osallistuva havainnointi. Piilohavainnoinnissa tutkija osallistuu tutkittavien otokseen yhtenä heistä, mutta tutkittavat eivät tiedä osallistumisen tutkimuksellista tarkoitusta. Tutkittavat kohtelevat tutkijaa ryhmän luonnollisena jäsenenä. Tällä tavalla saadaan autenttista tietoa, koska tutkijan vaikutusta tuloksiin pidetään olemattomana. Havainnoinnissa ilman osallistumista tutkittavat tietävät osallistuvansa tutkimukseen ja heiltä on saatu lupa havainnointiin. Tutkija on ulkopuolinen ja osallistumaton tarkkailija. Osallistuvassa havainnoinnissa tutkija toimii aktiivisesti tutkittavien kanssa. Sosiaaliset vuorovaikutustilanteet ovat tärkeä osa tiedonhankintaa. Osallistuva havainnointi tai laajemmin osallistuva tutkimusote perustuu toimintatutkimukselliseen muutokseen tähtäävään ajatteluun ja yksinkertaiseen psykologiseen totuuteen: ihmistä ei voi opettaa pakolla, mutta vuorovaikutuksessa molemmat osapuolet voivat laajentaa ajatteluaan. Osallistuvan havainnoinnin tavoitteena on osallistuttaa tutkimusprojektiin kuuluvat henkilöt siten, että toiminta jatkuu myös ilman tutkijan tukea. Asioiden eri puolet tulee parhaiten esille, kun asioista keskustellaan ryhmässä. Tutkija kokoaa ja koordinoi ihmisiltä tulevia ideoita, mutta ei itse toteuta niitä. (Tuomi & Sarajärvi 2002: 84–85.)

Kyselytutkimus toteutetaan yleensä kyselylomakkeella. Malhotra (2007) määrittelee kyselylomakkeelle kolme erityistä tavoitetta: 1) kysymyslomakkeen tulee muuntaa tarvittava tieto kysymyksiksi, joihin vastaajat osaavat ja haluavat vastata, 2) lomakkeen tulee saada vastaanottaja kiinnostumaan ja motivoitumaan vastaamaan kyselyyn sekä 3) lomakkeen tulee vähentää vastausvirhettä.

Heikkilän (2002) mukaan hyvällä kyselylomakkeella on muun muassa seuraavia tunnusmerkkejä:

- Lomake on selkeä, siisti ja houkuttelevan näköinen.
- Kysymysten vastausohjeet ovat selkeät ja yksiselitteiset.
- Kysymykset etenevät loogisesti.

- Samaa aihetta koskevat kysymykset kannattaa ryhmitellä kokonaisuuksiksi, joilla voi olla otsikot.
- Lomake ei ole liian pitkä – jokaisen kysymyksen tarpeellisuus harkitaan.
- Lomake saa vastaajan tuntemaan vastaamisen tärkeäksi – motivointi.

Tutkimuskohteessa kyselylomake (liite 1) lähetettiin sähköisesti jokaiselle suunnittelijalle. Kyselylomake koostuu kysymyksistä, joihin odotetaan vastausta avoimiin tekstikenttiin. Kysymykset pohjautuvat viikkopalaverissa esiin nousseisiin asioihin ja siksi se kysely toteutetaan vasta tutkimuksen loppupuolella. Tilastollista aineistoa ei kerätä, koska otos on liian pieni yleistettävien teorioiden löytämiseksi.

Suunnitteluosaston nykytilan havainnointi toteutettiin koko tutkimuksen ajan yrityksen suunnitteluosaston viikkopalaverissa toteutettuna kenttätutkimuksena. Tarkoituksena oli havainnoida palaverissa käytäviä asioita Lean-periaatteiden näkökulmasta osallistumatta merkittävästi palaverin kulkuun, jotta tutkimuskohde olisi luonnollisessa toimintaympäristössään. Suunnitteluosaston viikkopalaverissa käytiin läpi töiden etenemistä, uusia tilauksia sekä yleisiä kehitysasioita. Palaverihin osallistuu suunnitteluorganisaation jäsenet. Palaverissa nousee tutkimuksen kannalta esille syy-seuraussuhteita suunnittelijoiden töiden etenemisestä ja suunnittelun osuudesta tuotantoprosessissa.

Eri osastojen toimihenkilöiden haastatteluilla selvitettiin suunnittelun laadun syy-seuraus suhteita koko yrityksen toiminnan kannalta. Haastatteluja toteutettiin projekti-, verstaas-, suunnittelutoimihenkilöille sekä johtoryhmän jäsenille.

3.2 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivinen tutkimus tarkoittaa määrällistä tutkimusta, joka pohjautuu numeeristen arvojen avulla asioiden kuvaamiseen. Kvantitatiivinen tutkimus edellyttää tarpeeksi suurta ja edustavaa otosta, jotta vastausten perusteella saataisiin luotettava tulos kuvaamaan kohdetta. Menetelmällä saadaan yleensä kartoitettua tilanne, mutta asioiden syitä ei pystytä niinkään selittämään. (Rope 2005: 423.)

Tutkimuksen kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä oli laskennallinen mittaaminen. Aineistona käytettiin toiminnanohjausjärjestelmästä saatavia operatiivisen laskennan kustannus tietoja sekä suorituskyvyn mittariston luomiseksi.

Suorituskyvyn osa-alueita ovat läpimenoaika ja tuottavuus. Näitä sisäisen laskennan tunnuslukuja voidaan parhaiten soveltaa tutkimuskohteessa. Suorituskyvyn mittaamisen ja analysoinnin tavoitteita tutkimuksessa olivat:

- nykytilan analysointi
- toiminnan tehostaminen
- kustannusten karsiminen
- henkilöstön motivointi
- yleinen mielenkiinto (Toivonen, 2012).

4 Lean-periaatteet

4.1 Leanin historiaa

Lean-filosofian alkujuuret ovat Japanissa, missä toisen maailmansodan vaiheilla perustetun Toyota Motor Corporationin päätuotantoinsinööri Taiichi Ohno (1912–1990) sai tehtäväkseen kasvattaa yrityksen tuottavuutta.

Menetelmä tunnetaan myös nimellä Toyota Production System (TPS) (Ries 2011: 86). Koska Toyotalla ei ollut mahdollisuutta kilpailla suurilla koneistoilla, jotka tuottaisivat suuria määriä erikoisosia, yritys päätyi tekemään koneita, jotka tuottivat monia erilaisia yleisempään käyttöön kelpaavia osia, mutta pienempiä määriä. Tämä vaati, että koneistojen konfigurointia voitiin muuttaa hyvin nopeasti tarpeen mukaan. Optimoimalla vaihtoajan mahdollisimman pieneksi, Toyota pystyi valmistamaan osia juuri silloin kun niitä oikeasti tarvittiin, eikä ollut tarvetta pitää isoa varastoa osista ihan vain varmuuden vuoksi. (Ries 2011: 186.)

Ohno ja hänen seuraajansa yhdistivät monia konsepteja, jotka oli keksitty jo paljon ennen heitä. Esimerkiksi 1900-luvun kehityskulku mittausteknologiassa ja kovametallin työstämisessä mahdollistivat katkeamattoman virtauksen Fordin tehtailla ja jo 1930-luvulla saksalainen lentokoneiteollisuus käytti tahtiaikaa tahdistamaan lentokoneaihioiden yhtäaikaista liikuttamista tuotantolinjalla. Mitsubishi teki tuolloin yhteistyötä saksalaisten kanssa, ja tätä kautta periaatteet siirtyivät Japaniin ja myös Toyotalle. Sotien jälkeen Ohno alkoi yhdistellä näitä oppimiaan konsepteja kehittäen samalla monia omia.

Amerikkalaisen laatuopettaja W.E. Deming (1900–1993) opetti japanin johtajille ja insinööreille sekä systeemiteorian periaatteet että tarkoituksen optimoinnin. Hänen oppeihinsa kuului muun muassa vaihtelun ymmärtäminen ja systeemien kehityksellä vaihtelun pienentäminen. Vaihtelun ymmärrettiin aiheuttavan vikoja, jotka toivat työhukkaa sekä turhia kustannuksia. Deming opetti myös tuotantoprosessin ymmärtämisen systeeminä niin sanotun PDCA-ympyrän avulla. Saamiaan oppeja hyväksikäyttäen japanilaiset kehittivät laatujohtamisen toimintamallin. (Six Sigma 2014.)

4.2 Lean-periaatteiden soveltaminen

Toyotan näkemyksen mukaan jokaisessa organisaatiossa tulee tunnistaa ja ratkaista omat haasteensa prosessissa. Koska Toyotan mielestä sen omien tehtaiden ei kannata kopioida tarkasti prosessejaan toisiltaan, ei myöskään toisten yritysten kannata jäljitellä sen prosesseja täsmällisesti. Muissa ympäristöissä toimivien käytäntöjen näkemisestä voi olla hyötyä ideoiden tarjoajana, mutta ne eivät tuota tasavertaisia tuloksia, jos työntekijät eivät omaksu ja sovita niitä omaan toimintaympäristöönsä. (Convis ym. 2010: 12.)

Leanissa asiakkaan ja asiakkaan tarpeiden ymmärtäminen on ensiarvoisen tärkeää. Leanin mukaisesti asiakkaan kanssa tulee olla niin läheisessä kontaktissa, kuin mahdollista ja välikäsiä tulee välttää, jotta väärinkäsityksiltä vältytään. Lean kannustaakin kehityksestä vastuussa olevia henkilöitä menemään itse asiakkaan luokse seuraamaan miten asiakkaat toimivat. Asiakkaan tarpeita ja toiveita ymmärretään parhaiten siinä ympäristössä, jossa asiakkaat toimivat. (Ries 2011: 86-88.) Asiakkaisiin ja asiakastarpeiden tyydyttämiseksi vaaditaan koko organisaation johdolta selkeää ”asiakas ensin” - asennoitumista.

TPS:ssä on huomioitava se, että asiakas ei ole vain se, joka on tuotteen tai palvelun loppukäyttäjä. Asiakkaat voivat olla myös organisaation sisäisiä, eli asiakas voi olla toinen prosessi, joka saa syötteen toisen prosessin tuotoksen. Tämän vuoksi pelkäämään loppuasiakkaisiin keskittyminen on vain osa kokonaisuutta TPS:ssä. Asiakkaaseen keskittymisen lisäksi tulee huomiota kiinnittää prosessien välisiin rajapintoihin ja eliminoimaan kitka niiden välissä mahdollisimman sujuvan toimintoketjun saavuttamiseksi. (Poppendieck 2010: 162.)

Tutkimuskohdeyrityksessä sisäisellä asiakkaalla suunnittelun kannalta tarkoitetaan ensisijaisesti tuotannon valmistusta, joka hyödyntää suunnittelupiirustukset. Koko tuotannon asiakas puolestaan on projekti, jonka kanssa suunnittelun on oltava tiiviissä yhteistyössä lopputuotteen oikeellisuuden varmistamiseksi.

4.3 JIT ja imuohjaus

Jos läpimenoaika kasvaa liian suureksi, se heijastuu suoraan sitoutuneeseen pääomaan ja näkyy tuotantoprosessin takkuiluna. Silloin yritys joutuu pitämään tuotteessa omaa rahaa kiinni liian pitkään, ennen kuin se saa tuotteesta rahaa asiakkaalta. Jos yrityksellä on liian paljon rahaa kiinni keskeneräisissä tuotantoprosesseissa, on hyvin vaikeaa tehdä uusia investointeja. Suuri sitoutunut pääoma on merkki, että yritys ei ole saanut rahoja tuotteistaan asiakkailta tai varasatoarvo on liian suuri. Tämä aiheuttaa kassavirtaongelmia, ja yrityksen on vaikea saada lainaa uusille investoinneille.

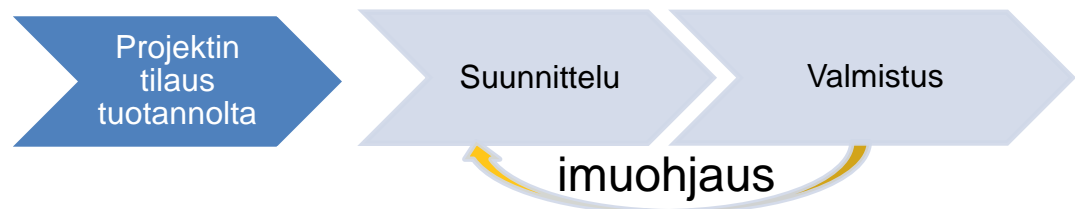
Jatkuvavirtausta eli vain arvoa tuottavien toimintojen yhdistämistä prosessissa on helppoa soveltaa toistuvissa valmistus- ja hallinto-operaatioissa. Luovuutta käyttäen menetelmiä voidaan laajentaa mihin tahansa toistuvaan prosessiin, jossa eri vaiheet voidaan erotella. Hukka tulee tunnistaa ja eliminoida paremman virtauksen luomiseksi. (Liker 2010: 95.)

Työntöohjauksella haetaan takaa suunnittelijan tai suunnitteluorganisaation tekemää valmistussuunnitelmaa. Suunnittelemalla ohjataan ja koordinoidaan eri valmistustehtäviä ja ikään kuin työnnetään tuotantoerä tuotannon läpi. Työntöohjaus on kuitenkin osoittautunut vaikeaksi monimutkaisten ja laajojen valmistusketjujen ohjauksessa. Ongelmat konkretisoituvat usein valmistuksen ja suunnitelman välisiin ristiriitatilanteisiin.

Suunnitelmat eivät vastaa täysin todellisuutta eikä valmistus aina pysty toimimaan täysin suunnitelman mukaisesti. Pitkissä valmistusketjuissa tällaiset tilanteet johtavat helposti välivarastojen muodostumiseen. (Haverila ym. 2009: 422.)

Imuohjaus sen sijaan perustuu ideaan, että tuotteita ja niiden osia valmistetaan ainoastaan todellisen tarpeen verran. Kokoonpanoon otetaan osia valmistettavaksi ainoastaan välttämättömän tarpeen verran. Valmistusketjussa tämä tarkoittaa tarveimpulssin etenemistä lopusta alkuun päin. (Haverila ym. 2009: 422.)

Kuviossa 2 havainnollistetaan Meriman projektien ja tuotannon keskinäistä tuotannonohjausta. Kuvio esittää myös läpimenoajan optimaalista tilaa tuotannossa JIT-periaatteella, kun suunnittelun ja valmistuksen väliin ei synny odotusaikaa tai varastoja.



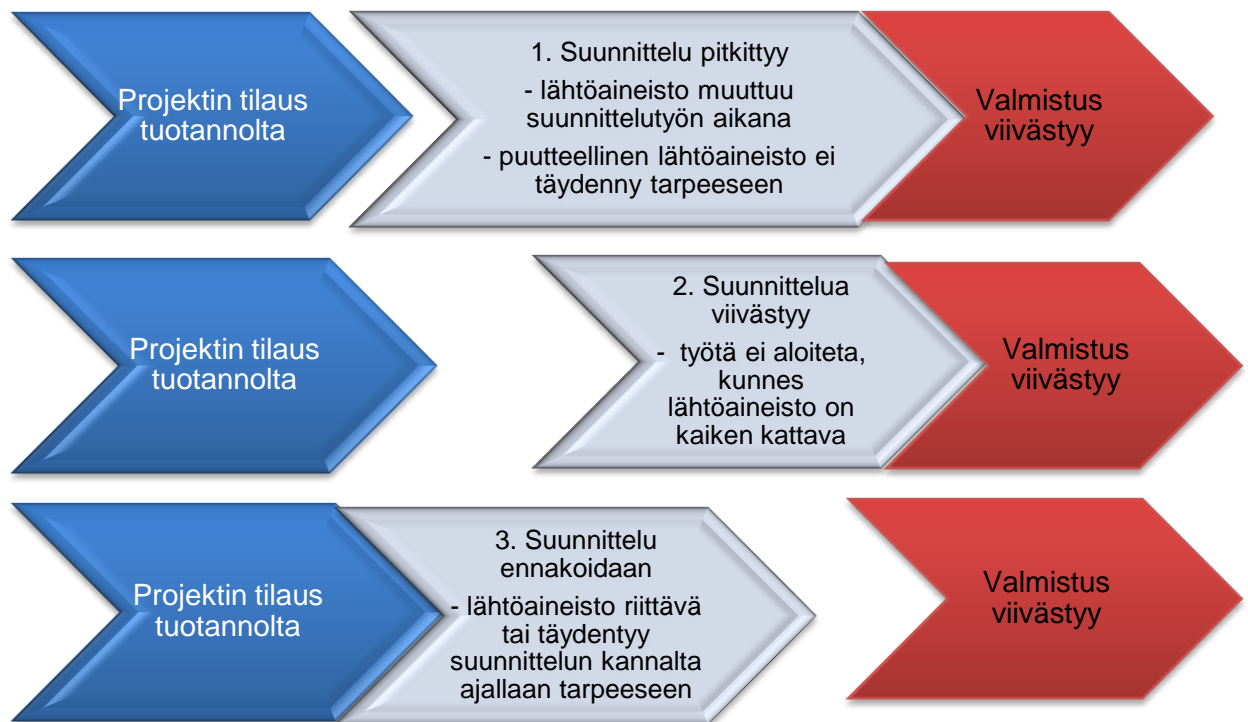
Kuvio 2. Tuotanto JIT-periaatteilla.

Meriman tuotantoprosessin sisällä valmistuksen ja suunnittelun välillä voidaan toimia imuohjauksella. Kun projektipäällikkö on vienyt tilauksen toiminnanohjausjärjestelmään tuotantopyynnöksi, tuotannosta vastaava päivittää tilausten aikatauluvaiheistuksen osaluetteloon. Tuotannon valmistukseen kuluva aika on arvioitu, mistä voidaan laskea arvio työkuvien tarpeelle. Tämän pohjalta tulee impulssi työsuunnittelusta vastaavalle, joka osoittaa työt positiokohtaisesti suunnittelijoille viikoittaisessa palaverissa. Fyysisiä varastoja ei synny, kunnes hankinta alkaa valmistella materiaalien ostoa suoraa tuotantoon tai jo ennakoivia hankintoja varastoon tuotantoa varten ennen kuin työ on tilattu tuotannolta. Työlle ei myöskään sitoudu pääomaa, kunnes suunnittelutyö on aloitettu ja/tai materiaalit on maksettu toimittajalle.

Työt toteutetaan niiden prioriteettijärjestyksessä toimitusajan mukaisesti. Tuotanto pyrkii valmistamaan elementin niin, että se saadaan kerralla vietyä valmistusprosessin läpi ilman varastointia ja lähetetään suoraa asennuskohteeseen. Vaikka imuohjauksen perustana on JIT-tuotantomalli, on hallittu puskurivarasto suunnittelun ja tuotannon välillä

kohtuullista. Tämä tarkoittaa suunnittelukuvien toteutusta ikään kuin varmuusvarastoon, niin että tuotannossa mahdollisen seisauksen aikana voidaan välissä ottaa jokin toinen työ tehtäväksi. Näin valmiit ”jonottavat” tuotesuunnitelmat toimivat ikään kuin varmuusvarastona, kuitenkin niin että imuohjaus toteutuu suunnittelu impulssin lähtiesä lähtökohtaisesti asetetusta valmiuspäivämäärästä ohjattuna.

Tuotannon sisällä imuohjaus ei aina kuitenkaan toteudu saumattomasti. Kuviossa 3 kuvataan kolme esimerkkiä, joissa tuotannon läpimenoaika pitkittyy eikä tuotanto pysty vastaamaan projektin tarpeeseen.



Kuvio 3. Epätasaiset tuotantoprosessin virtausmallit.

Ensimmäisessä kuvatussa virtauksessa suunnittelutyö aloitetaan puutteellisilla lähtöaineistoilla. Tämä tarkoittaa esimerkiksi keskeneräisiä perussuunnittelukuvia ja avoimia materiaalitietoja, jotka vaikuttavat piirustusten tekemiseen. Suunnittelu usein voidaan kuitenkin aloittaa, mutta riskinä on, että aineistot muuttuvat merkittävästi ja jo tehdyt piirustukset joudutaan muuttamaan. Pitkittyminen voi aiheutua myös, mikäli lähtöaineistot ovat oikeellisia, mutta eivät täydenny suunnittelijan tarpeeseen suunnittelutyön aikana ja työlle tulee seisauksia.

Toisessa kuvatussa prosessissa suunnittelu viivästyy, koska työtä ei haluta tai voida aloittaa ajallaan. Projekti on lähettänyt tuotantopyynnön suunnittelun kannalta liian villaisilla tiedoilla. Tuotanto odottaa puutteettomia ja hyväksytyjä lähtöaineistoja, jolloin tuotannon läpimeno olisi mutkaton. Suunnittelun ja valmistuksen väliin ei jää tyhjää odottelua, koska piirustukset voidaan heti ottaa valmistuksen käyttöön. Tällainen JIT-periaatteellinen tuotanto mahdollistaa tuotannon lyhyen läpimenoajan. Kuitenkaan projektien kannalta tällainen tuotannonohjausperiaate ei välttämättä ole toimiva, sillä projektin tilauksen ja suunnittelun aloituksen välille jää hukka-aikaa. Hukka-aika pitkittää kokonaista projektielementin toimitusaikaa ja asettaa sekä suunnittelun, että valmistuksen ahtaalle. Suunnitteilla ja valmistuksella ei ole varaa virheisiin, koska toimituksella on kiire. Näin laatu saattaa kärsiä aikarajoitteiden paineen alla, mikä voi aiheuttaa suuriakin korjauskustannuksia myöhemmässä vaiheessa. Ongelmaksi koituu myös tuotannon epätasainen kuormitus, kun töiden aikatauluttaminen on epävarmaa.

Kolmannessa esitetyssä virtauksessa työ aloitetaan jälleen imuohjauksella, kun tuotanto antaa impulssin suunnittelulle prosessin mukaan. Kuitenkin valmistuksen kannalta suunnitelma jää pitkäksi aikaa varastoon, koska työtä ei ole voitu aloittaa valmistuksen kannalta merkityksellisen informaation puutteen tähden. Tällainen tieto voi liittyä esimerkiksi pintamateriaalin väreihin tai viimeistelyyn. Työ jää odottamaan ja sen ohi otetaan seuraavia töitä, tuotannon työkuormituksen tasaamiseksi. Kun valmistus voidaan vihdoinkin aloittaa, kapasiteettia ei välttämättä ole vapaana ja tuotannon läpimenoaika pitkittyy.

4.4 Muda

Ronald Mascitelli esittää kirjassaan ”Building a Project – Driven Enterprise”, kuinka kannattavuutta saadaan kasvatettua hukkaa vähentämällä Lean-johtamisen metodeilla. Hän esittää, kuinka hukka on tunnistettavissa, kun toiminnosta eritellään ensin kolme aikatyyppejä:

1. Kalenteriaika – tehtävän/työn todellinen aika alusta loppuun.
2. Työaika – kalenteriajan osuus, joka on käytettävissä.

3. Lisäarvoa tuottava aika – se aika työstä, joka tuo arvoa varsinaiselle työn kohteelle.

Kaikki kolmannelta aikatyypistä poikkeava aika on hukkaa. (Mascitelli, 2002: 3–5.)

Toyotan johtajat ja työntekijät käyttävät japanilaista termiä ”muda” puhuessaan hukasta, ja mudan eliminointi on useimpien Lean-tuotantoponnistelujen keskiössä. Muda eli lisäarvoa tuottamaton työ on jaettu kahdeksaan hukkatyyppiin. Ne ovat toimintoja, jotka pidentävät läpimenoaikoja, aiheuttavat turhaa työtä tai aiheuttavat odottelua. (Tuomi-nen 2010: 114.)

Toyota on määritellyt kahdeksan hukkatyyppiä lisäarvoa tuottamattomasta työstä tuotannossaan. Näistä tutkimuskohteeseen voidaan nostaa esille viisi, jotka ovat suoraa sovellettavissa myös tuotannon tuotesuunnitteluun:

1. odottelu
2. ylituotanto
3. kuljetukset
4. tarpeeton prosessointi
5. virheet
6. tarpeeton liikuttelu
7. tarpeeton varastointi
8. käyttämättä jätetty työntekijän luovuus

Suurin osa tuotteen läpimenoajasta on sidottu seuraavan toiminnon odottamiseen. Goltratt (Theory of Constraints) on todennut, että yksi tunti pullonkaulaprosessissa on hävitty tunti koko tehtaan tuotannosta, jota ei koskaan saada takaisin. Prosessien linkittäminen yhteen niin, että seuraava vaihe syöttää suoraa seuraavaa, vähentää odotusaikoja dramaattisesti.

Yksinkertaisesti sanottuna ylituotanto (eng. overproduction) on tuotteen valmistamista ennen kuin se on todella tarpeen. Ylituotanto tulee yritykselle kalliiksi, koska se estää sujuvan virtauksen ja kasvattaa varastoja. ”Just in time” -tuotannon vastaisesti ylituotannon valmistustapaa voidaan kutsua ”Just in case” -tuotannoksi eli valmistus pyritään toteuttamaan ”kaiken varalta” -periaatteella. Yksinkertainen ratkaisu on ajoittaa ja tuottaa vain sitä, mikä voidaan välittömästi myydä tai lähettää eteenpäin. (McBride 2003.)

Tarpeettomalla prosessoinnilla voidaan tarkoittaa muun muassa turhien tuoteominaisuuksien kehittelyä, ylimääräisiä työvaiheita ja turhia tarkastuksia. Tällaiseen yliprosessointiin johtavia syitä ovat usein pinttyneet työtavat, kun prosessit muuttuvat, mutta toimintatavat eivät. Tarpeeton prosessointi aiheuttaa ylimääräistä työtä ja materiaalikustannuksia. Tuotteita ja toimintatapoja standardisoimalla, henkilökuntaa kouluttamalla ja työhön parhaiten soveltuvia työkaluja hankkimalla voidaan estää tätä hukkaa. Tärkeää on myös tuotesuunnittelijoiden tuntemus tuotantotavoista sekä henkilöstön välinen informaatio. (Tuominen 2010: 24–5.)

Laatuvirheet tuovat valtavia kustannuksia organisaatiolle. Tähän liittyvät kustannukset ovat paitsi jo kerran tehdyn työn uusimista myös aikataulujen ja kapasiteetin menetyksen seurausta. Jatkuvalle parantamiselle on suurivaikutus ennakoimaan tulevien virheiden määrää.

Viimeinen listatuista hukkatyypeistä on myöhemmin lisätty Toyotan alkuperäiseen esitettyyn listaan. Tyypillisesti organisaatiot käyttävät hyväkseen työntekijän kapasiteetin, mutta unohtavat työntekijän heidän mukanaan tuomat ilmaiset aivot. (McBride 2003.) Yrityksen osaaminen muodostuu yksilöiden osaamisesta, tiedoista, taidoista, asenteista ja ominaisuuksista. Näitä on mahdoton mitata, mutta ne vaikuttavat oleellisesti tuotavuuteen. Tietojen ja taitojen käyttöönottoon tarvitaan halua sekä osaajalta että yritykseltä. Latistava ja alistava ilmapiiri ei tue osaamisen hyödyntämistä. (Suna & Okkonen 2007: 27.)

Tuotesuunnittelun kannalta edellä mainitut hukkatyypeistä ensimmäinen, odottelu, on sidonnainen projektin ja tuotannon väliseen informaation kiertoon. Turhaa odottelua voi syntyä suunnittelun aloitukseen, mikäli lähtöaineistot eivät ole riittäviä. Odottelua syntyy myös suunnitteluprosessin edetessä, kun oleelliset tiedot eivät tule välittömästi tarpeeseen.

Seuraavat kolme suunnittelua koskevia hukkatyyppiä ovat sidonnaisia tuotantoprosessin seuraavaan vaiheeseen, valmistukseen, jota suunnittelu palvelee. Ylituotanto tässä yhteydessä tarkoittaa suunnittelun liian aikaisin aloittamia piirustuksia ikään kuin varastoon odottamaan valmistusta. Vaikka suunnittelun tuottamat piirustukset eivät aiheuta fyysisiä varastoja, piirustuksiin on sitoutunut pääomaa ja tuotannon kokonaisläpimenoaika pitkittyy.

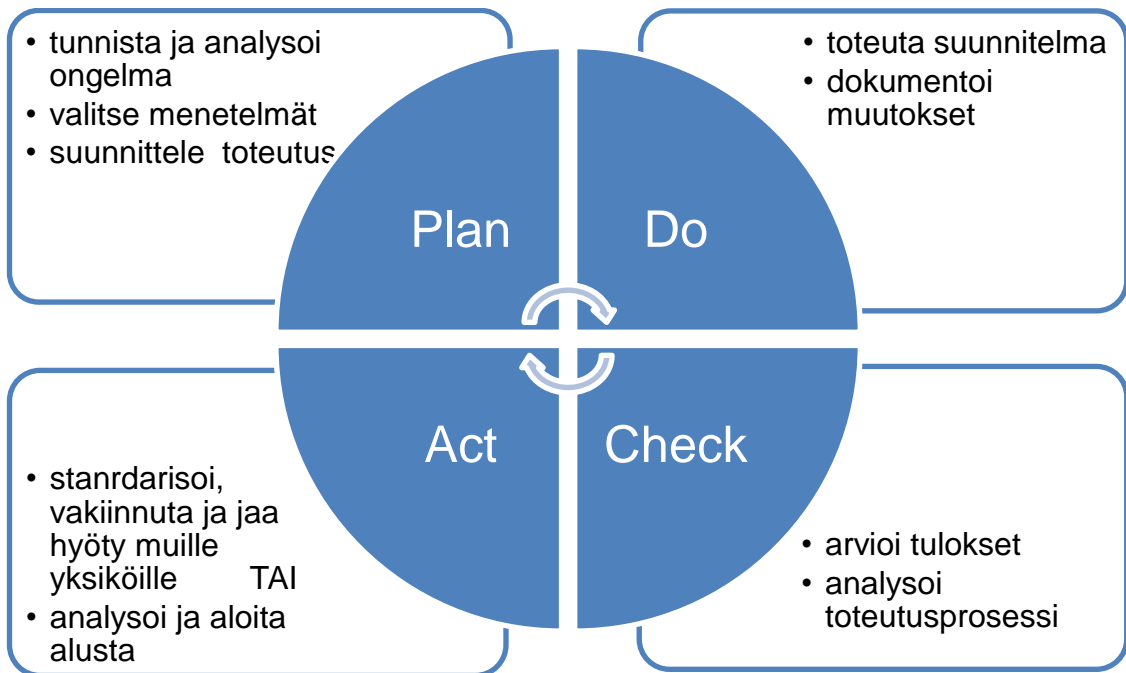
Tarpeeton prosessointi aiheuttaa suoria työkustannuksia. Lisäarvoa ei synny, kun suunnitelmiin tehdään liian tarkkoja merkintöjä ja/tai turhia yksityiskohtia, joita valmistus ei tarvitse tarvittavan laadun saavuttamiseen. Tarpeettoman suunnitelmien prosessoinnin välttämiseksi tulee tuotannon sisällä olla tietoisia valmistuspiirustusten vaateista. Arvokkaat investoinnit suunnittelun hyväksi, esimerkiksi ohjelmistot tai niiden osat, eivät välttämättä nopeuta suunnitteluprosessin läpiviemistä tai paranna itse lopputuotteen toteutuksen laatua. Toisaalta myös liian kankeat suunnittelutyökalut voivat aiheuttaa turhaa prosessointia, jotta saadaan tehtyä riittävä suunnittelukuva. Ohjelmistot tulisivikin valita niin, että ne vastaavat suunnittelijan tarpeeseen toteuttaa tarvittavaa laatua kohtuullisella työllä, jolloin lisäarvoa tuottamattomat investoinnit ja tarpeeton piirustusten prosessointi karsitaan.

Suunnitteluvirheet kostaavat pahimmillaan korkeina kustannuksina vasta kun lopputuote on asennusvaiheessa laivalla. Tällainen korjaaminen on usein hidasta ja tulee yritykselle kalliiksi. Suunnitteluvirheiden välttämiseksi suunnittelun ja valmistuksen välillä on kahden päivän tarkastuskierros sekä ristiintarkastus suunnittelijoiden kesken.

Viimeisin suunnittelun kannalta esiin tuotava hukkatyyppi on käyttämättä jätetty työntekijän luovuus. Käyttämättä jätetty työntekijän luovuus suunnittelijoiden osalta on usein seurauksena töiden väärin jakamisesta työntekijöiden kesken tai liian tiukoista työmääräyksistä. Myös kehitystehtävien osalta työntekijöiden tietotaidot jäävät usein hyödyntämättä, mikäli työntekijät eivät ole motivoituneita tuomaan taitojaan esille. Tällaisen hukkatyyppin eliminoiminen on pitkälti johtoporrastason käsissä, ja siihen voidaan vaikuttaa yrityskulttuuria muuttamalla.

4.5 PDCA-sykli ja jatkuva kehitys

Yksi suuri syy, miksi yritykset kokevat vaikeaksi tehdä uudistuksia, on ongelmien johdonmukaisen lähestymistavan puute. Plan-Do-Check-Act –sykli on Toyotan luoma standardi ongelmanratkaisuun ja jatkuvaan kehittymiseen. (May 2006: 74–75.) PDCA-sykli, toiselta nimeltään PDCA-ympyrä, on kuvattu kuviossa 4.



Kuvio 4. PDCA-sykli.

Kun esimerkiksi johtajalle annetaan uusi tehtävä, on hänen ensin ymmärrettävä nykytilanteen ja ihanneltilanteen välinen kuilu. Näin hän pystyy tunnistamaan ongelmia ja muotoilemaan parannustavoitteita. Tämä on niin kutsutun PDCA-syklin ensimmäinen vaihe: suunnittelu (eng. PLAN).

Tekovaiheessa (eng. DO) johdetaan tiimiä työskentelemään tavoitteiden saavuttamiseksi. Tekovaihetta seuraa tarkistus (eng. CHECK), jossa ei vain arvioida tuloksia, vaan myös tulosten saavuttamisen prosessia. Kuka voisi parhaiten nähdä, onko työntekijä todella keksinyt jonkun merkittävän parannuksen, kuin juuri tuon työn asiantuntija? Japanissa työn asiantuntija on nimeltään "Sensei", ja hän on vastuussa tarkistuksesta. Tarkistuksen jälkeen päästään syklin viimeiseen vaiheeseen: toimenpiteeseen (eng. ACT). Tässä vaiheessa uudet toiminnot vakiinnutetaan ja ohjeistetaan kaikkien

hyödynnettäviksi. Mikäli Sensei on arvioinut kehityksen toteuttamiseksi uudelleen suunnittelua, alkaa sykli alusta. (Ballé ym. 2014.)

PDCA-sykli ei ole yrityksen ja erehdyksen ympyrä. Turha pyöräminen vie aikaa, uskoa ja resursseja ja jopa huonontaa lopputulosta. (Pitkänen 2000: 51.) Pitkänen korostaa suunnitteluvaihetta (Plan) ympyrän tärkeimpänä vaiheena. Hän toteaa, että edes tilanteessa, jossa ongelma on tiedostettu ja korjausmetodi nähtävissä, ei pitäisi heti siirtyä toteutusvaiheeseen. Hänen mukaansa PLAN-vaiheessa tulisi tehdä kaikki mahdollinen, jotta toteutus olisi mahdollisimman hyvällä pohjalla. Hän jopa esittää, että PLAN-vaihekin jakaantuisi omaksi pieneksi PDCA-ympyräksi, joka pitää sisällään kokeilua ja oppimista ennen varsinaista toteutusta.

Länsimaisilla yrityksillä on tapana kohdentaa huomionsa läpimurtoinnovaatioihin ja jatkuva, vähän kerrallaan, toteutuva kehitys on monen yrityksen heikkous. PDCA-ympyrä tunnetaan systemaattisena lähestymistapana ongelmanratkaisussa, mikä on jatkuvan kehityksen kulmakivi. Jatkovaa kehityksen japanilainen termi on Kaizen, jolla pyritään pienin askelin lisäarvoa tuottamattoman hukkan eliminointiin. Tarkempi käännös Kaizenille on ”muutosta parempaan”. Kaizen opettaa työntekijälle taitoja toimia tehokkaasti ryhmässä, ratkaista ongelmia, dokumentoida ja parantaa prosesseja. (Liker 2010: 24–26.)

Lähtökohtaisesti PDCA-ympyrä on mallinnettu uusien kehitysideoiden läpiviemiseksi käytännön tasolle. Tässä tarkoituksessaan sykli on esillä suunnitteluorganisaation sisäisissä kehityskohteissa. Viikoittaisissa suunnittelupalavereissa käydään läpi kehitysasioita, joita työntekijät tuovat itse esille. Viimeisimpiä koko syklin läpikäyneitä kehityskohteita ovat olleet aloituspalaveripöytäkirjan päivittäminen ja piirustussymbolien vakinaistaminen. (Merima suunnittelupalaverit 2014). Näistä kehityskohteista suunnittelija ottaa pitkälti itse vastuun. Näin PDCA-syklistä tulee henkilökohtainen toiminnan malli joka päättyy ACT-vaiheeseen, jolloin suunnittelija tuo esille ratkaisunsa ja ohjeistaa toisia hyödyntämään ratkaisua.

Jatkuva kehitys edellyttää työntekijöiden havainnointia ja motivaatiota toteutuksille. Voisikin sanoa, että edellisessä kappaleessa esitetyn kahdeksannen hukkatyyppin, käyttämättä jätetyn työntekijöiden luovuuden, karsiminen on edellytys jatkuvalle kehitykselle. Lean-periaatteita noudattaen kehitys tulisi toteuttaa nimenomaan organisaation si-

sällä ja johdon ylläpitää puitteita työntekijän henkilökohtaisten vahvuuksien hyödyntämiseen.

5 Nykytila-analyysi

Tämän nykytila-analyysin tarkoituksena on kartoittaa Merima Oy:n tuotantoprosessin tuotesuunnittelun tämän hetkinen tilanne. Analyysi tuo esille tuotesuunniteluun osana prosessia, joka on esitetty liitteessä 2, ja sen vaiheiden keskinäiset suhteet.

5.1 Tuotesuunnittelu osana tuotantoprosessia

Töiden organisoiminen perustuu toimintaprosesseihin. Prosessit ja niiden työvaiheista vastaavat työryhmät muodostavat selkeän työnteon mallin. Prosessit auttavat henkilöstöä ymmärtämään työpaikkansa toiminnan kokonaisuuden ja oman työnsä merkityksen sen toimivuudelle. Kokonaisuuden ymmärtäminen on perusta henkilöstön osallistumiselle toiminnan kehittämiseen.

Prosessiorganisaatiossa toiminnan rakenteena ovat prosessit. Ne ovat sarja loogisia toimintoja, työketjuja, joissa asiakkaan tarvitsema tuote tai palvelu tehdään. Organisaation suorituskyky ja tuottavuus riippuu prosessien sujuvuudesta. Siten organisaation kehittäminen on prosessien sujuvuuden ja virheettömyyden parantamista. (Sujuvat prosessit 2014.)

Merima Oy:n tuotannossa toimitaan prosessiorganisaatiossa. Tuotesuunnitteluyksikkö on osa koko tuotantoprosessia. Helsingissä sijaitsevassa yksikössä suunnitellaan asiakkaalta saatujen lähtöaineistojen pohjalta risteilyalusten sisustuselementtejä, joiden valmistus toteutetaan yksikön tehtaalla. Elementtien yksilöllisen tarpeen mukaan osa tuotannosta toteutetaan alihankkijoilla, joilta usein toimitetaan elementtien osat omalle yksikölle sovitettavaksi lopputuotteeseen ennen toimitusta laivalle asennettavaksi. Tuotesuunnittelu palvelee verstastuotantoa, toimittaa tuotannolle tarkat elementti kuvat ja ohjeet valmistukseen. Projekti on tuotantoyksikön kannalta yrityksen sisäinen asiakas, jonka kanssa suunnittelu on tiiviissä yhteistyössä.

Tuotesuunnittelun osuus tuotantoprosessissa lähtee tuotesuunnittelun työnjaosta ja päättyy suunnittelun viimeistelyyn. Prosessin kronologinen noudattaminen on tavoitteellista tuotannon läpimenoajan optimoinnin kannalta.

Tuotesuunnittelun työnjako

Tuotantoprosessin ensimmäisessä tuotesuunnitteluun kohdistuvassa vaiheessa työsuunnittelusta vastaava (TSV) jakaa tuotesuunnittelutyöt positioittain työsuunnittelijoiden kesken prioriteettijärjestyksessä viikoittaisessa työsuunnittelupalaverissa. Positiokohtaiset tuotesuunnittelutyöt TSV saa Excel listoilta, joita tuotannosta vastaava (TV) ylläpitää projekteilta saamiensa tuotannon tilausten mukaan. Työt otetaan suunnitteluun prioriteettijärjestyksessä position toimitusajan mukaisesti.

Viikoittaisessa palaverissa kartoitetaan jokaisen suunnittelijan edistymä heidän työn alla olevista positiosuunnitteluista. Kunkin työstettävän position kohdalle kirjataan suunnittelijan ilmoittama suunnittelun valmiusprosentti. Palaveripöytäkirjassa keskenraiset työt on kirjattu suunnittelijan nimen alle keltaisella. Uudet annetut työt (valmiusprosentti 0 %) tuodaan suunnittelijan nimen alle mustalla fontilla prioriteettilistan kärjestä.

Positiokohtainen tekninen läpikäynti

Prosessin mukaisesti tuotesuunnittelijan tulisi istua projektipäällikön (PP) ja sisustusaluevalvojan (SAV) kanssa suunnittelun aloituspalaverissa. Tämä on kuitenkin osoittautunut harkinnanvaraiseksi vaiheeksi tuotettavasta positioista riippuen. Mikäli tuotettava positio nähdään riittävän yksinkertaiseksi toteuttaa, voidaan suunnittelu aloittaa ilman tarkempaa valmistusrakenteen läpikäyntiä. Aloituspalaverin ohituksesta on nykyisellään vastuussa projektipäällikkö. Joissakin tapauksissa on aloituspalaveri jouduttu kuitenkin pitämään suunnittelun jo aloitettua työnsä tai pahimmillaan vasta ennen tuotantoon viemistä. Usein syynä on ollut puutteellinen, epätarkka tai virheellinen lähtöaineisto.

Tuotesuunnittelu

Tuotesuunnittelija tekee valmistuspiirustukset CAD /Inventorilla. Syntyvät valmistusrakenteet ja kokoonpanokuvat palvelevat tuotannon kokoonpanossa. Kuvien lisäksi positiivista eritellään osaluettelo Exceliin, josta se talletetaan V10 -toiminnanohjausjärjestelmään. Osaluettelo palvelee tuotannosta vastaavan kohdentamien hankintapyyntöjä yrityksen ostoyksikölle. Lisäksi suunnittelija tekee mahdolliset asennus-, kuljetus-, nosto- ja pakkausohjeet palvelemaan logistiikkaa ja projektia.

Suunnittelija päivittää töidensä edistymisprosenttia Exceliin. Nämä käydään läpi viikoittaisessa suunnittelupalaverissa ja prosentuaaliset valmiusasteet kirjataan myös palaveripöytäkirjaan. Keskenäiset työt kirjataan keltaisella ja valmiit vihreällä kunkin suunnittelijan nimen alla olevaan työlistaan. Mikäli työ on keskeytynyt, seisauksen syy kirjataan punaisella. Tällainen ”liikennevalomerkintätapa” selkeyttää seurantaan. Töiden seisaukset eivät aiheuta suunnittelukustannuksia, mutta hidastavat positiivista tuotannon läpimenoaikaa, mikä osaltaan vaikuttaa kustannuksiin projektien myöhemmässä vaiheessa, sekä aiheuttavat työkuormituksen epätasaisuutta.

Tuotesuunnitteluprosessiin aikana arvioidaan konekanta ja kapasiteetti. Mikäli tehtaan oma kapasiteetti ei ole riittävä, valmistustyö toteutetaan alihankintana. Tämän päätöksen tekee tuotannosta vastaava, mutta kustannuksista keskustellaan projektin kanssa, jolloin projekti voi ohjata projektiohjainta etsimään vaihtoehtoja toteuttajaa yhdessä tuotannonvastaavan avustuksella.

Tuotesuunnittelun viimeistely

Kun tuotesuunnittelu on yksittäisen position osalta valmis, merkitään piirustusluetteloon valmiusaste 100 %. Tällainen työ poistetaan suunnittelun viikkopalaverissa työsuunnittelijan nimen alta työlistalta, kun suunnittelija on jakanut aineistonsa TV:n, projektipäällikön ja tuotannon työjohtajan tarkastettavaksi. Tässä vaiheessa suunnittelijoiden kesken toteutetaan myös niin sanottu ristiintarkastus, jossa toiset suunnittelijat tarkastavat kuvat. Ennen tuotannon käyttöön luovuttamista piirustukset hyväksytään myös projektipäälliköllä, tuotannosta vastaavalla ja tuotantopäälliköllä. Käytäntö on vakiintunut ja mahdollistaa tehokkaan virheiden havainnoinnin ennen piirustusten siirtymistä tuotannon valmistuksen käyttöön. Tarpeen vaatiessa kuvat käydään läpi suunnittelijan kanssa ja varmistetaan kuvien riittävä tarkkuus tuotannon työntekijöiden kannalta.

5.2 Tuotepolitiikka ja tuotteen kustannusrakenne

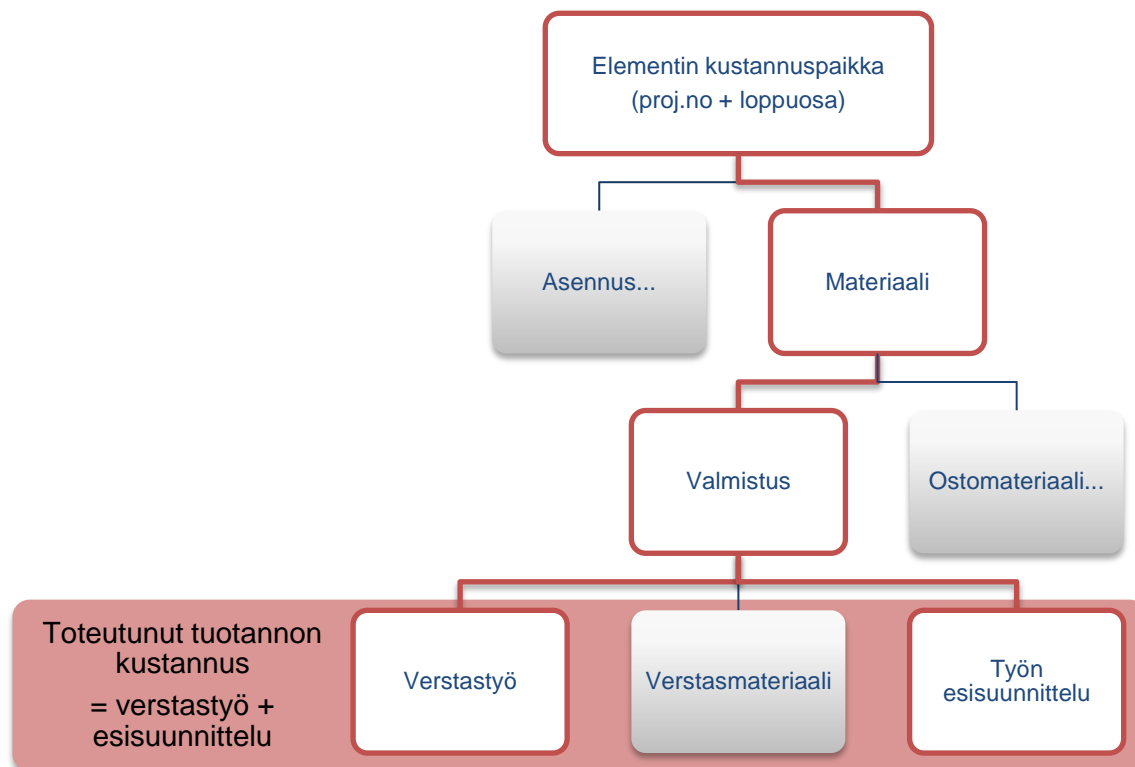
Tuotepolitiikalla (eng. product policy) tarkoitetaan niitä periaatteita, joita noudatetaan yrityksen tuotesuunnittelussa ja -kehittelyssä sekä tuotelajitelman ja -valikoiman määrällisessä ja laadullisessa määrittelyssä.

Yrityksen tuotepolitiikka määrittelee fyysisiin tuotteisiin kohdistuvat tuoteratkaisut sekä fyysisten, olemassa olevien tuotteiden ulkopuoliset ratkaisut. Aktiiviseen tuotepolitiikkaan kuuluu panostus tuotesuunnitteluun ja tuotekehitykseen. Yrityksillä on kuitenkin erilaisia innovoinnille asetettuja tavoitteita, jotka määrittelevät konkreettisesti muotoilulle erilaisia tarpeita ja erilaista syvyyttä. (Kilpailukyvyyn kehittäminen 2014.)

Nykyään suunnittelu vaatii suunnittelijoilta aina vain enemmän, koska työn tehokkuudesta on tullut koko ajan merkittävämpi tekijä yrityksen toimitusprosessin kannalta. Toimitusketju tilauksesta loppuasiakkaalle pyritään toteuttamaan mahdollisimman lyhyessä ajassa, minkä vuoksi myös suunnittelun on toteuduttava nopeasti ja virheettömästi, jotta myös tuotteen valmistus onnistuu ongelmitta. (Tuhola ym. 2008: 33.)

Tuotannon suunnittelun suorituskykyä tutkimusyrietyksessä ei tällä hetkellä mitata kvantitatiivisin mittarein. Yrityksen käyttämästä toiminnanohjausjärjestelmästä on kuitenkin nähtävissä budjetoidut ja toteutuneet valmistuskustannukset. Nämä toteutuneet valmistuskustannukset ovat elementtikohtaisia ja muodostuvat kirjatuista esisuunnittelu-, verstasmateriaali- ja verstastyökustannuksista.

Meriman tuotepolitiikkaan perehtyminen edellyttää toteutuneiden töiden kustannusrakenteen selvittämistä. Kuviossa 5 kuvataan hierarkkisesti yrityksen käyttämän toiminnanohjausjärjestelmän kustannusten kohdennusta.



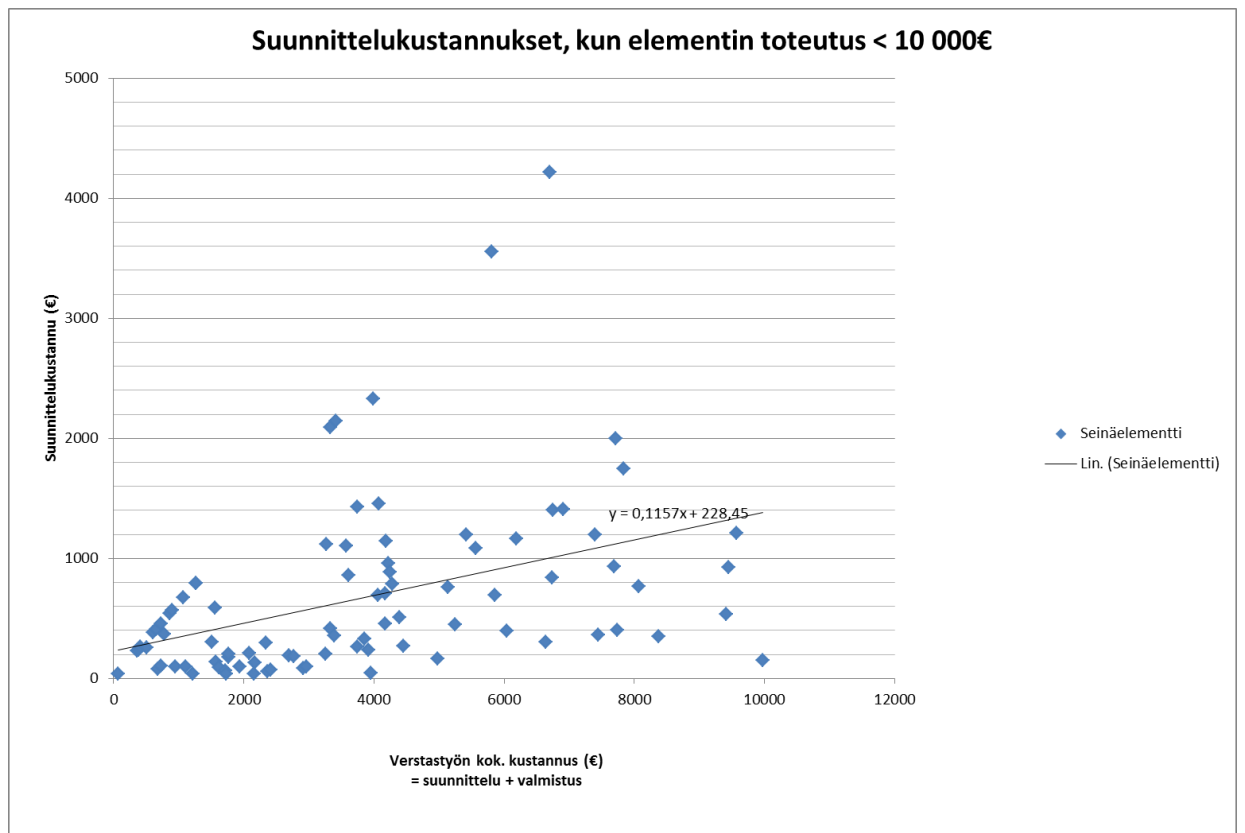
Kuvio 5. Elementin kustannusten kohdentaminen.

Mikäli yksittäisen elementin toteutuneet esisuunnittelukustannukset ja verstastyökustannukset lasketaan yhteen, saadaan toteutunut tuotantokustannus. (Sama luku saadaan vähentämällä valmistuskustannuksista materiaalikustannukset.) Näin voidaan laskea elementtikohtaisesti suunnittelukustannusten osuus tuotantokustannuksista. Prosentuaalinen suunnittelun osuus vaihtelee suuresti valmistettavan elementin mukaisesti. Tästä syystä on perusteltua tarkastella käyttökohteittain tuotettuja elementtejä, jotka toistuvat mahdollisimman kattavasti projekteittain. Analysoitava aineisto (liite 3) on otettu tuotannon kustannuksista projektien seinäelementeistä, koska tästä tuoteryhmästä saatiin kattavin otos. Projekteja, joissa oli seinäelementtien osalta toteutuneita tuotantokustannuksia, saatiin kerättyä 28 kappaletta.

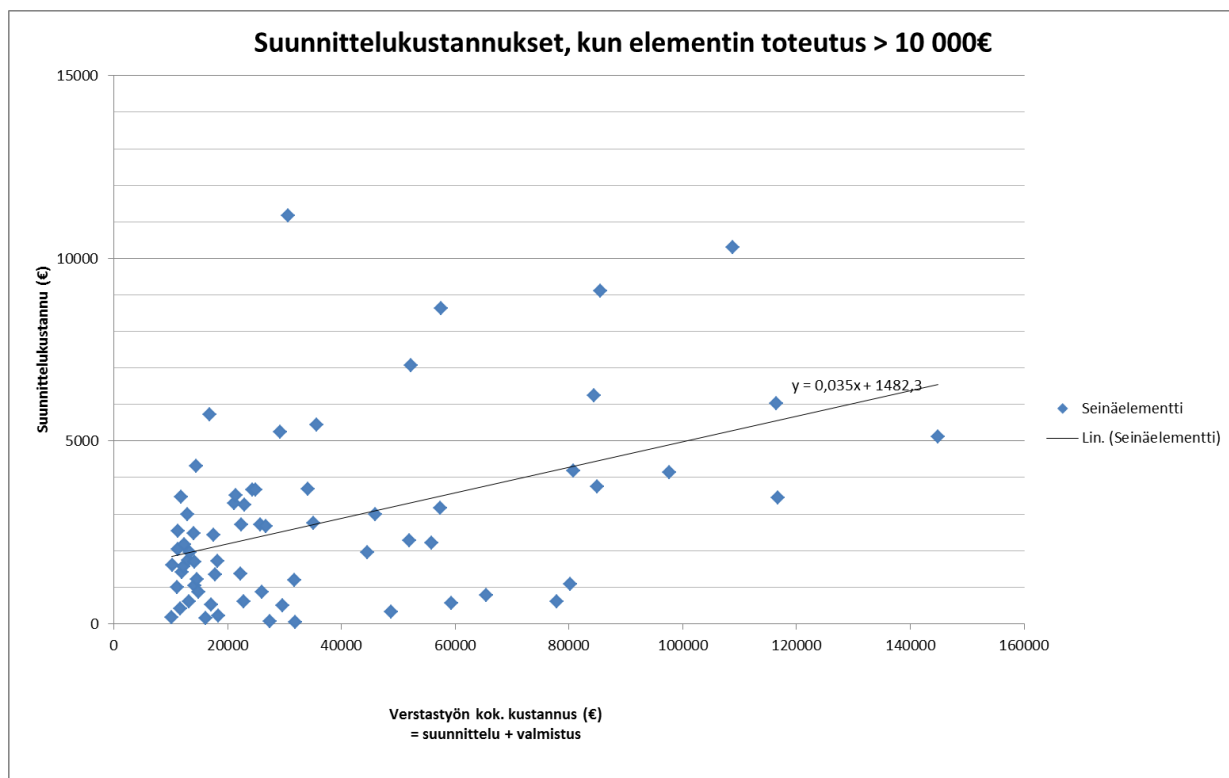
Seuraavassa analyysissä tutkitaan elementin suuruusluokan vaikutusta kustannusten jakautumiseen. Analyysissä suuruusluokalla tarkoitetaan elementin tuotantoon kulunutta kokonaiskustannusta, joka pitkälti korreloi myös elementin fyysiseen koon kanssa.

Havainnollistavan kuvaajan Y-akseleille tuodaan elementin suunnittelun toteutunut kustannus ja X-akselille tuotannon kokonaiskustannus (= suunnittelukustannus + valmistuskustannus). Suuresta vaihteluvälistä johtuen otoksen arvot on jaettu pieniin (tuotan-

non kustannus alle 10 000 €) kuvassa 1 ja suurempiin elementteihin (tuotannonkustannukset vähintään 10 000 €) kuvassa 2.



Kuva 1. Suunnittelun suhde tuotantoon alle 10 000€ seinäelementeissä.



Kuva 2. Suunnittelun suhde tuotantoon yli 10 000€ seinäelementeissä.

Molemmista pistejoukoista voidaan piirtää lineaari, jota otosten arvot keskimäärin seuraavat. Lineaarin yhtälöiksi muodostuvat:

$$y_1 = 0,1157x_1 + 228,45$$

ja

$$y_2 = 0,035x_2 + 1482,3.$$

Yhtälöt kertovat, kuinka suunnittelukustannukset keskimäärin muuttuvat elementin kokonaiskustannuksen kasvaessa. Tarkastettavissa pienten ja suurten elementtien kustannusjakauksen lineaarisen yhtälön kulmakertoimia k_1 ja k_2 , havaitaan selvä muutos elementin kokonaistuotantokustannuksen noustessa yli 10 000 euron.

$$k_1 = 0,1157$$

$$k_2 = 0,035$$

$$\begin{aligned}k_1 - k_2 &= 0,1157 - 0,035 \\ &= 0,0807\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{k_1 - k_2}{k_1} &= \frac{0,0807}{0,1157} \\ &= 0,6975\end{aligned}$$

Ero kulmakertoimien välillä on 0,0807, mikä tarkoittaa suunnittelun kustannuksen osuuden laskevan miltei 70 % toteutuneista tuotannonkustannuksista, kun tuotteen tuotannon kokonaiskustannus nousee yli 10 000 euron. Käytännössä tuotteen kustannusrakenteen kannalta tämä tarkoittaa, että mitä suurempi elementti on kyseessä, sitä pienempi on suunnittelun merkitys lopputuotteen toteutuneesta kustannuksista ja näin ollen myyntihinnasta.

5.3 Prosessin kontrolli

Suorituskyky on osoitettu kyky toimia tarkoituksenmukaisella ja tuloksia tuottavalla tavalla. Suorituskyky voi liittyä esimerkiksi asiakkaisiin, prosesseihin, tuotteisiin ja palveluihin, talouteen ja markkina-asemaan, henkilöstöön tai toimittajiin. Suorituskyky voidaan ilmaista taloudellisilla ja ei-taloudellisilla tunnusluvuilla, kuten tuottavuus, läpimenoaika tai tyytyväisyys. (Tuominen 2010: 104.)

Prosessivalvonnan tilastollinen menetelmä (SPC) arvioi yksittäisen otoksen suhdetta koko prosessin otokseen määritellyissä kontrollirajoissa. Arviointi tapahtuu prosessista otettujen otosten perusteella. Prosessi on kontrollissa, kun siinä on ainoastaan satunnaista vaihtelua ja ei-satunnaiselle vaihtelulle löytyy yleensä joku syy, mikä tulee eliminoida. Satunnainen vaihtelu ilmenee otoksien arvojen osumisena ns. kontrollirajojen sisäpuolelle. Ajat asetetaan yleensä +/- kolmen standardipoikkeaman päähän keskiarvosta. Tällä saadaan johtopäätöksille 3-sigman luottamustaso. Satunnaista vaihtelua voidaan vähentää ainoastaan suunnittelemalla prosessi tai tuote uudelleen. SPC ei paljasta vaihtelun syytä. (Tarkkala 2014.)

Suunnittelun nykytilan analysoimiseen voidaan mitata prosessin kontrollia halutulla luottamustasolla SPC-menetelmällä. Näin nähdään viimeaikaisten projektien tuotannon suhteelliset suunnittelukustannukset. Kustannukset ovat suoraa verrannollisia suunnit-

telun - ja valmistuksen läpimenoaikoihin. Analyysissä on käytetty samaa aineistoa kuin tutkiessa elementin suuruusluokan vaikutusta kustannusten jakautumiseen (liite 3). Nykytilan tarkasteluun eroteltiin tänä vuonna viimeaikaiset projektit ja näiden seinäelementti työt, joissa toteutuneet suunnittelu- ja valmistuskustannukset ovat olleet tämän kalenterivuoden aikana (liite 4).

Keskimäärin elementin suunnitteluun on käytetty 13,8 % tuotantokustannuksista ja otoksen keskihajonta on 3,4 %. Viimeisen kuluneen vuoden tuotantoelementit eriteltiin muista (liite 3) ja näiden suunnitteluun on mennyt 19,4 % tuotantokustannuksista keskihajonnalla 4,0%. Näistä luvuista saadaan laskettua prosessin suorituskyvyn kontrollirajat UCL (upper control limit) ja LCL (lower control limit). Kuitenkin kontrollikartan alaraja LCL on asetettu manuaalisesti arvoon "0 %", koska tällainen suunnittelun kannalta optimaalinen tapaus olisi, että tuote on voitu valmistaa ilman suunnittelua. Kontrollikartan yläraja UCL on laskettu kaavalla:

$$UCL = \bar{p} + z * \sigma = \bar{p} + z * \sqrt{\frac{\bar{p} * (1 - \bar{p})}{n}}$$

, jossa \bar{p} on otoksen keskiarvo, σ on otoksen keskihajonta ja z on 3, eli 3-sigman luottamustaso (99,74 % arvoista ± 3 keskihajonnan sisällä).

Graafinen esitys (liite 5) havainnollistaa elementtien suunnittelukustannusten poikkeavuuden keskiarvosta ja vaihtelevuuden kontrollirajoissa. Kuvaajasta nousi esille joitakin yksittäisiä pisteitä, joissa suunnittelukustannusten osuus oli selvästi keskimääräistä korkeampi. Näiden töiden osalta käytiin työkohtaisesti läpi materiaaleihin kohdenneet kustannukset, joista saatiin selville, oliko työssä käytetty alihankintaa. Aineistosta eliminoitiin tällaiset työt, joiden valmistuksessa voitiin todeta käytetyn suuressa määrin ulkoistettua valmistusta.

Pitkät keskiarvon alla liikkuvat suhteelliset suunnittelukustannukset muodostavat selviä trendejä. Tällaiset elementit ovat kuuluneet projekteille, jotka ovat sarjalaivojen viimeisimpiä projekteja, jolloin edellisen laivan suunnitelmia on voitu käyttää uudelleen ja tuotannon kustannukset ovat painottuneet suhteellisesti enemmän toteutukseen.

On huomioitava, etteivät viimeisen kuluneen vuoden aikana verstaskustannukset ole laskeneet, missä tapauksessa tulokset eivät olisi vertailukelpoisia. Kuluneen vuoden aikana suunnittelukustannusten osuuksien keskihajonta on noussut, mikä johtaa korkeampaan UCL – kontrollirajaan. Koska keskiarvo ei kuitenkaan ole merkittävästi noussut, voidaan todeta kuluneen vuoden seinäelementtien suunnittelun kustannuksien jakautuneen epätasaisesti töiden suhteen.

Kustannukset ovat suoraan verrannollisia tuotannon läpimenoaikoihin. Näin ollen suunnittelukustannusten osuuden kasvanut keskihajonta kertoo suunnittelun läpimenoaikojen epätasaisuudesta verrattuna valmistuksen läpimenoaikoihin. Analyysi ei paljasta syy-seuraus -suhdetta, tai ota kantaa suunnittelun laatuun. Se kuvaa prosessin suorituskykyä ja antaa aihetta selvittää mikä ja/tai mitkä tekijät ovat vaikuttaneet sen nykytilaan. Tutkimuksen edetessä pyritään selvittämään näitä vaikuttavia tekijöitä ja löytämään prosessin suorituskykyä edistäviä toimintatapoja elementtien suunnitteluun.

Vertailun vuoksi aineistosta eriteltiin projektit, jotka ovat olleet Meriman ensimmäisiä sarjalaivoille toteutettuja töitä. Näin saadaan esille, kuinka suuri ero toteutuneilla suunnittelun suhteellisilla kustannuksilla on ensimmäisissä laivoissa verrattuna sarjalaivojen seuraaviin, joissa on voitu hyödyntää jo olemassa olevia ykköslaivan suunnittelukuvia. Tämä edellyttää, että yrityksen ensimmäinen toteutettu projekti toimii referenssinä seuraavaan ja toteutettavat alueet ovat pysyneet samoina. Liitteissä 6 ja 7 on eritelty aineistot, sekä niistä toteutetut kontrollikartat.

Kustannusten osuuden keskiarvo on jokseenkin kaksinkertainen ykköslaivoissa. Verrattessa prosessin kontrollikarttoja, ei voida havaita suurta eroa prosessien sisäisessä suoriutumisessa, koska kontrollirajoissa on pysytty säntillisesti ja toisaalta ylityksiä on lähes yhtä paljon. Toisin sanoen sekä ykkös- että sarjalaivojen seuraavien projektien suunnittelussa on satunnaisia suuriakin poikkeamia keskiarvosta. Tärkeä havainto on, että viimeisen kuluneen vuoden aikana on tuotannon kustannuksia toteutunut seinäelementtien osalta merkittävästi ykköslaivoille. Kun tähän huomioidaan lisäksi, että nimen omaa ykköslaivojen kohdalla UCL on korkeammalla kuluneen vuoden aikana, on ilmeistä, että suunnittelukustannukset ovat kokonaisuudessaan olleet korkeat.

6 Tehokas tuotesuunnittelu

Aineettomalla pääomalla on suuri merkitys organisaation suorituskyvyn muodostumisessa. On esitetty, että nykyisin useimpien organisaatioiden menestyminen riippuu suurelta osin aineettoman pääoman johtamisesta. Aineeton pääoma tarkoittaa ei-fyysisiä arvonalteita, jotka liittyvät työntekijöiden kyvykkyyteen, organisaation resursseihin ja toimintatapoihin sekä sidosryhmäsuhteisiin. Organisaation tulee tunnistaa sen menestyksen kannalta tärkeät aineettomat pääomat, minkä jälkeen suorituskykyä voidaan mitata. (Lönqvist ym. 2006: 26–29.) Tässä luvussa perehdytään näihin tutkimuskohteen aineettomiin pääomiin ja niiden hallintaan tuotesuunnittelun tehostamiseksi.

6.1 Suorituskyvyn mittaaminen

Mittari tarkoittaa täsmällisesti määriteltyä menetelmää, jonka avulla kuvataan tietyn menestystekijän suorituskykyä. Mittaristo puolestaan on kokonaisuus, joka koostuu mitattavan kohteen kannalta oleellisista mittareista. Mittariston tulee olla kattava kokonaisuus, joka on käyttökelpoinen johdon päätöksenteossa. (Lönqvist ym. 2006: 29.)

Suorituskyvyn mittareiden suunnittelukriteerejä ovat seuraavat (Toivanen, 2012):

- Validiteetti – tiedon pitää mitata juuri tarkoitettua mittauksen kohdetta.
- Harhattomuus ja tarkkuus – näitä kuvaa tilanne, jossa mittaustulokset kasaantuvat pienelle alueelle mittauskohteen 'ympäriille'.
- Kokonaisvaltaisuus, täydellisyys – Mittausjärjestelmässä käytettyjen mittareiden täytyy yhdessä muodostaa tasapainoinen kuva toiminnasta.
- Ainutlaatuisuus – vain yksi mittari järjestelmässä kuvaa tiettyä mitattavaa ominaisuutta.
- Reliabiliteetti – tulosten on oltava luotettavia eli mittausta toistettaessa virheiden oltava yhdenmukaisia tai mahdollisimman pieniä.

- Ymmärrettävyys – mittareiden tai mittausjärjestelmän tulisi olla yksinkertaisia ja kaikkien ymmärrettävissä.
- Kvantifioitavuus – tulokset on esitettävä mielellään suureina, ymmärrettävässä muodossa, pois sulkematta laadullisten mittareiden tärkeyttä.
- Kontrolloitavuus – mittareiden on oltava ohjattavissa.
- Yksinkertaisuus – mittarin tulee olla helppokäyttöinen.

6.1.1 Tuottavuus

Yrityksen kilpailukyvyn ja kannattavuuden kehittyminen perustuu kahteen päätekijään, kannattavuuskehitykseen ja tuottavuuskehitykseen. Kannattavuuskehitys perustuu panosten hankintahinnan ja tuotosten myyntihinnan hintasuhteeseen. Tuottavuuskehitys taas perustuu sisäiseen tuottavuuden muutokseen. (Larikka 2007: 118.)

Tuottavuuteen pyrittäessä yrityksen on kaikin mahdollisin keinoin haettava parannuksia, jolla nykyisellä henkilöstöllä saadaan tuotettua enemmän hyödykkeitä asiakkaiden tarpeisiin. Tähän pyritään ilman, että henkilöstö työskentelisi pidempään tai kovemmin. (Tuottavuudella tulevaisuuteen 1998: 7.)

Tuottavuuden kehittämässä on pohjimmiltaan kyse siitä, kuinka toimintaan sijoitetuilla panoksilla saadaan aikaiseksi mahdollisimman suuri tuotos tai kuinka haluttu tuotos saadaan aikaiseksi mahdollisimman pienin panoksin. Tuottavuuden kehittäminen yrityksessä nähdään kehitystyönä, johon pyritään panos-tuotossuhteen parantamisen kautta. Tuottavuuden kehittäminen tuottaa paljon negatiivisia mielikuvia. Usein kehittämisen tähtäävät toimenpiteet yhdistetään kustannusten karsimiseen: irtisanomisiin ja kiristyvään työtahtiin. Tuottavuutta kehittämällä voidaan kuitenkin saavuttaa haluttuja tavoitteita, kuten resurssien tehokasta käyttöä. Usein tuottavuuden kehittäminen mielletäänkin yrityksessä välttämättömyydeksi ja elinehdoksi, jotta yrityksen toimintaedellytykset kilpailussa paranevat. (Jääskeläinen ym. 2008: 11–13.)

Tuottavuudella ilmaistaan se, miten tehokkaita palvelujen tai tuotteiden tuotanto on. (Tuottavuudella tulevaisuuteen 1998: 7.) Yksinkertaisimmillaan kaava voidaan esittää seuraavasti:

$$\text{Tuottavuus} = \frac{\text{Tuotos}}{\text{Panos}}$$

Työpanos voidaan määritellä myös muina yksiköinä, kuin pelkästään aikana. Työpanoksena voidaan käyttää työn tekoon käytettyjä tunteja tai työhön tarvittavista työntekijöistä aiheutuvia kustannuksia. (A Guide to Productivity Measurement 2011: 6.)

Meriman tuotannon suunnittelun tuottavuuden mittaamiseen voidaan kehittää mittaristo, jonka aineisto perustuu toiminnanohjausjärjestelmän kautta saataviin toteutuneisiin työkustannuksiin (työhön käytetty työpanos) ja lisäarvo, jonka tuote saa tuotannon työstä (tuotos). Tämä lisäarvo on hinta, jonka tuotanto on arvioinut suunnittelutyölle eli käytännössä projektin toiminnanohjausjärjestelmän budjetoitu työkustannus. Nykyisellään tuotantoon kohdistettua budjettia ei ole jaettu suunnittelun ja valmistuksen kesken. Tämän tutkimuksen nykytila-analyysissä on kuitenkin laskettu esimerkki seinäelementtien kustannusten jakautumisesta tuotannossa. Sen keskimääräinen suunnitteluun kulunut kustannusosuus-% ei kuitenkaan ole riittävä suuresta hajonnasta johtuen. Näin ollen mittariin on mielekkäämpää käyttää prosessin kontrollin ylärajan arvoa, tässä tapauksessa 24,11 %, mikä voidaan nähdä maksimaalisena kustannusosuutena prosessin suorituskyvyn ollessa kontrollissa.

Edellä määritetyistä arvoista voidaan laskea suunnittelutyön tuottavuus työkohtaisesti. Tuotos ja panos voidaan muuttaa aikayksiköiksi jakamalla työkustannukset työntekijän tuntipalkalla, jolloin saadaan tuotokseen budjetoitu työtuntimäärä (x suunnittelutyön arvioitu %-osuus) sekä siihen todellisuudessa käytetty työtuntien määrä. Mittari on havainnollistettu seuraavan esimerkin avulla.

Esimerkki 1. Suunnittelun tuottavuus.

Tuotannosta vastaava on arvioinut erään seinäelementin valmistukseen kuluvan noin 67,5 työtuntia. Työ tuottaa lisäarvoa tuotteelle ja projektipäällikkö budjetoit elementille työkustannuksia sen mukaisesti (merkitään toiminnanohjausjärjestelmään). Tämä lisäarvo vastaa tuottavuuden laskentakaavassa tuotosta. Projekti tilaa työn tuotannolta.

Suunnittelun kontrollinyläraja on laskelmien mukaan 24,11 % tuotantoon kuluneesta ajasta. Näin ko. elementtituotannon kokonaistunneiksi arvioidaan 88 työtuntia, joista suunnittelun osuudeksi saadaan noin 21,22 tuntia. Suunnittelijalta kuluu työhön kuitenkin

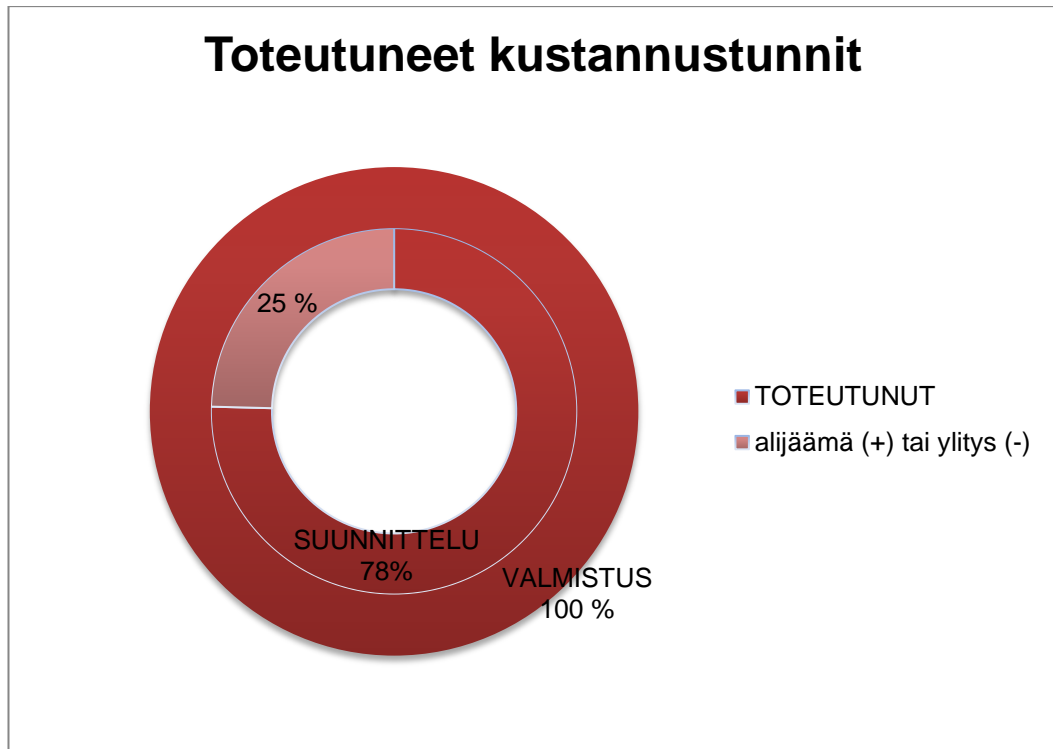
kin vain 16h. Tämä on työpanos, joka tuotteeseen kohdistuu. Kuvassa 3 esitetään tuottavuuslaskenta Excelin avulla.

= projektin tuotantoon budjetoima €-määrä, jonka rajoissa tuotanto on arvioinut toteutuksen pysyvän		Kontrollikartan UCL-arvoon perustuva arvio		> 1	Hyvä tuottavuus
				= 1	Budjetin mukainen
				< 1	Heikko tuottavuus /budjetti ylittyi
Arvioituja tuotantoaika (h)	Arvioitu suunnittelu-aika (h)	Tot. tunnit	TOTEUTUNUT	alijäämä (+) tai ylitys (-)	
88	21,22	16,00	75 %	25 %	
TUOTTAVUUS	1,32605	"Suunnittelijalta meni työhön vain 16h."			
Arvioituja tuotantoaika (h)	Arvioitu valmistusaika (h)	Tot. tunnit	TOTEUTUNUT	alijäämä (+) tai ylitys (-)	
88	66,78	66,78	100 %	0 %	
TUOTTAVUUS	1				

Kuva 3. Tuotannon suunnittelun ja valmistuksen tuottavuus.

Kun tuottavuuden tunnusluku ylittää arvon 1, on tuottavuus positiivisen. Arvo 1 kertoo toteutuman olleen budjetoidun mukainen. Tuottavuuden arvolla <1 käytetyt työtunnit olisivat ylittäneet arviot. Heikko tuottavuus, etenkin toistuvana ilmiönä, olisi kriittistä tutkia, koska se vaikuttaa suoraan projektin kustannuksiin.

Suunnittelija kohdentaa työtuntinsa suunnittelemansa position kustannuspaikalle. Nämä työkustannukset kirjataan toiminnanohjausjärjestelmään verastyökustannusten alle työn esisuunnitteluun, kuten esitettiin Kuviossa 5 "Elementin kustannusten kohdentaminen". Vastaavasti valmistuksen kustannukset kohdennetaan saman verastyön alle valmistuskustannuksiin. Toteutumat voidaan muuttaa aikayksiköksi jakamalla kustannukset työtuntipalkalla. Tunteja verrattaessa arvioituun tai vastaavasti kustannuksia budjetoituun saadaan laskettua prosentuaalinen toteutuma. Tämä on havainnollistettu sekä suunnittelun että valmistuksen osalta kuviossa 6.



Kuvio 6. Toteutuneet kustannustunnit.

6.1.2 Läpimenoaika

Läpimenoaika lasketaan kalenteriaikana, ja se kuvaa toimintaketjun vaatimaa kokonaisaikaan ottamatta kantaa siihen mitä tuotteelle tai tilaukselle tapahtuu läpäisyajan aikana. Läpimenoaika ei kuvaa tuottavuutta tai tuotteen vaatimaa valmistusaikaa. Tavallisesti valtaosa läpäisyajasta on odotusaikaa. (Haverila ym. 2009: 399.)

Kohdeyrityksessä suunnittelun läpimenoaikaa ei nykyisellään mitata. Työkohtaisesti räätälöidyt tuotteet ovat tuotannon ja suunnittelun läpimenoajaltaan toisistaan niin poikkeavia, ettei näiden keskinäinen vertailu kerro tuotannon suorituksesta. Kuitenkin läpäisyajoja seuraamalla voidaan tunnistaa prosessin pullonkauloja ja kuvata tuotannon kykyä vastata projektien toimitustarpeisiin. Suunnittelun läpimenoajan erillinen tarkastelu irrallaan valmistuksesta on otollista, koska yrityksen projektikohtaisessa tuotevalmistuksessa suunnittelun osuus on merkittävänä osana tuotteen lopullista laatua.

Tarveaika on määritelty tuotannosta vastaavalle projektikohtaiseen valmistuspiirustusluetteloon projektin tilattua työ tuotannolta. Kun tuotannosta vastaava nostaa työn

suunnittelijoiden työlistalle ja työ on jaettu suunnittelijalle, voidaan tästä päivästä laskea arvioitu tuotannon läpimenoaika.

Suunnittelun toteutunut läpimenoaika, on se aika mikä on kulunut tästä päivästä siihen päivään, kun suunnittelija jakaa piirustukset tarkastettavaksi. Tämä päivä merkitään projektikohtaiseen piirustusluetteloon ja suunnittelija merkitsee työn valmiusasteeksi 100%. Tämän jälkeen niin sanottu tarkastuskierros kestää kaksi vuorokautta, minkä jälkeen piirustukset luovutetaan tuotannon käyttöön. Mikäli piirustuksissa ilmenee korjauksia, suunnittelija korjaa piirustukset ennen tuotantoon viemistä. Mikäli tarkastettaessa ilmenee suurempia muutoksia, korjausten jälkeen kuvat jaetaan uudelleen kiertoon.

Jos valmistukseen kuluva aika arvioitaisiin ja tarvittava valmistuksen aloituspäivä kirjat-
taisiin tarkastelua varten, voitaisiin suunnitteluun kuluva kalenteriaika arvioida. Ar-
voiduksia ajaksi saataisiin tuotannon arvioidusta läpimenoajasta vähentämällä valmis-
tuksen arvioaika ja tarkastusaika (2vrk). Tähän voidaan verrata toteutunutta kalenteri-
aikaa. Mittari on toteutettavissa Microsoft Officen Excel-ohjelman työkaluilla. Seuraava
esimerkki havainnollistaa mittarin:

Esimerkki 2. Suunnittelun läpimenoaika

Samainen seinäelementti, jonka valmistuksen tuottavuus laskettiin edellisessä kappa-
leessa, on sovittu asennettavaksi laivalla viikolla 7. Toimitukseen on varattu aikaa yksi
viikko, joten kuljetus tilataan viikolle 6 ja lastaus tarkoitus toteuttaa maanantaina. Riittä-
vä lähtöaineisto on saatu ja materiaalit tilattu saapuvaksi parin viikon sisällä. Projekti
tilaa työn tuotannolta viikolla 1 ja työhön arvioitiin kuluvan kaiken kaikkiaan 88 työtuntia
(valmistus 67 h + suunnittelu 21 h).

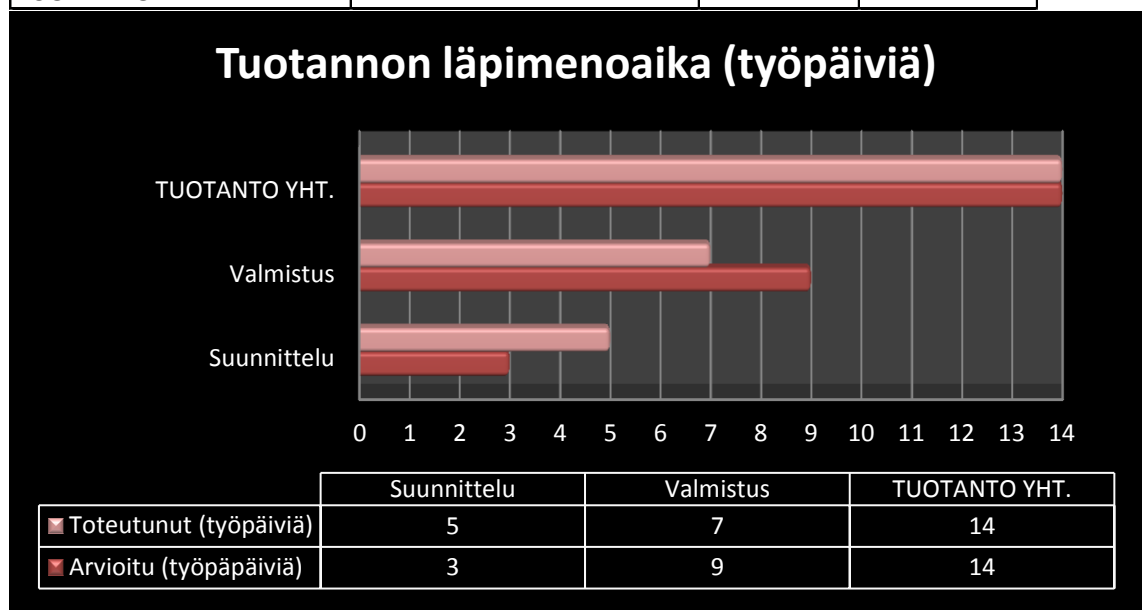
Mikäli työtunnit jaetaan tasaisesti 7,5h työpäiville, saadaan 12 täysipäiväistä tuotannon
työpäivää, joista suunnittelun osuus kolme täysituntista työpäivää. Suunnittelupiirustus-
ten tarkastukseen on prosessissa määritelty kaksi päivää, missä ajassa projektipäälli-
kön ja tuotantovastaavan tulisi antaa kommentit työkuvista. Kokonaisläpimenoajaksi
tuotannolle on saatu nyt 14 päivää. Työ jaetaan suunnittelun viikkopalaverissa suunnit-
telijalle viikon 2 tiistaina ja aloituspäiväksi merkitään jo saman viikon perjantai, koska
suunnittelija arvioi työkuormansa mahdollistavan suunnittelutyön toteutuvan kolmen

sijasta tekevnsä työtä viitenä työpäivänä muiden suunnittelutöiden ohessa. Tämä aloituspäivä tulisi merkitä piirustusluetteloon.

Suunnittelijan korkeasta työn tuottavuudesta huolimatta suunnittelukuvat saadaan tarkastukseen kaksi päivää myöhässä, viikon 3 torstaina. Kun kuvat jaetaan tarkastukseen, piirustusluetteloon merkitään tuo päivämäärä. Tästä luettelosta voidaan nyt laskea suunnittelun läpimenoaika piirustusten jakopäivän ja aloituspäivän erotuksena. toteutunut läpimenoaika on siis seitsemän kalenteripäivää.

Kuvien tarkistuksessa ei ilmene enää korjattavaa, ja valmistus aloittaa viikon 3 torstaina. Valmistus saa työn toteutettua yhdeksän päivän sijaan seitsemässä päivässä, kun työntekijät jäävät ylitöihin kahtena viimeisenä päivänä. Näin tuotannon läpimenoaika pysyy suunnitellussa 14 kalenteripäivässä ja tuote saadaan ajoissa asennettavaksi. Läpimenoaikojen graafinen esitys on kuvassa 4.

	Arvioitu (työpäiviä)	Toteutunut (työpäiviä)	
Suunnittelu	3	5	167 %
Valmistus	9	7	78 %
TUOTANTO YHT.	14	14	



Kuva 4. Tuotannon läpimenoaika.

Vaikka toteutunut kokonaisläpimenoaika vastaa tarpeeseen, suunnittelun osuus kalenteripäivissä ylittyy. Suunnittelutyön tuottavuus oli kuitenkin positiivinen esimerkin 1 mittarissa, mikä tarkoittaa suunnittelijan työtuntien (panos) kohdistuneen työlle (tuotos)

alijäämäisesti. Näistä mittareista voidaan päätellä suunnittelun läpimenoaikaan vaikuttaneen jokin tai jotkin ulkopuoliset tekijät, jotka olisi syytä tutkia.

Suunnittelu kirjaa seisausten syyt viikkopalaveripöytäkirjaan. Yksi yleinen syy läpimenoajan pitkittymiseen on töiden seisominen jonkin oleellisen tiedon puutteen vuoksi. Sujuva tiedon kulku onkin merkittävä tekijä projektiluontoisessa toimintaympäristössä tuotannon läpimenoaikojen edistämiseksi.

6.2 Projektikohtainen suunnittelu

Uuden tuotteen valmistusta tehtäessä sen laadun pitää vastata tavoitteita ensimmäisestä valmistuneesta tuotteesta lähtien. Kun tuote ja valmistus suunnitellaan samanaikaisesti, saadaan läpimenoaika ja laatu tavoitteiden mukaisiksi heti alusta alkaen. Tuotetta kehittäessä on opittava tehokkaat projektien johtamisen ja tuotteen suunnittelun menetelmät, millä varmistetaan tuotteiden nopea ja suunnitelmien mukainen tulo markkinoille. (Tuominen 2010: 6.)

Suunnittelua tehostettaessa työympäristön merkitys korostuu. Dokumentoinnin ja projektin hallinta tulee olla suunnittelua tukevaa ja hyvin organisoitua. Nykyaikaisilla PDM -järjestelmillä pystytään suunnittelun tuottamat dokumentit ylläpitämään ja siirtämään joustavasti toiminnanohjausjärjestelmään tuotannon hyödynnettäviksi. Suunnittelua tehostettaessa on suunnittelujärjestelmä hiottava yrityksen tarpeiden mukaiseksi. 3D-suunnittelussa tämä tarkoittaa muun muassa erilaisten osa- ja komponenttikirjastojen sekä piirustus pohjien luomista. Valmiit pohjat ja vakio-osien mallit nopeuttavat suunnittelua merkittävästi. (Tuhola ym. 2008: 44–48.)

Projektin alussa tuote määritellään selkeästi. Määrittelyssä listataan tuotteelta haluttavat ominaisuudet. Vaihtuvat vaatimukset suunnittelun aikana tuottavat ongelmia ja hidastavat prosessia. Hyvällä esisuunnittelulla varmistutaan myös siitä, että lopputulos on vaatimusten mukainen. (Anderson, 2008: 8.)

Seuraavissa kohdissa käsitellään Anderssonin esittämiä projektin suunnittelussa ja sen toteutuksen aikana huomioitavia seikkoja niin kutsutun DFM (eng. Design for manufacturing) -menetelmän pohjalta:

- Varmistutaan siitä, että kaikki tuotteen valmistukseen tarvittavat tekniikat, osat ja materiaalit ovat saatavilla ennen tuotannon aloittamista. Tuotannon aloittaminen vajailla resursseilla hidastaa tai pysäyttää tuotannon nopeasti.
- Tehdään realistiset aikataulut. Tarkastellaan asiakkaan tarvetta tuotteelle. Lasketaan läpimenoaika, jotta tiedetään kuinka pitkään tuotteen valmistamisessa kuluu. Oikein tehdyllä aikataulutuksella saadaan tuote valmisteltua rauhassa. Kiirehtiminen tuotteen valmistuksen aloittamisessa johtaa usein ongelmiin, niin tuotannossa kuin valmiissa tuotteessakin.
- Opitaan aikaisemmissa projekteissa tehdyistä virheistä, etteivät ne toistuisi. Uusiin ongelmiin tartutaan mahdollisimman ajoissa. Viivyttely ongelmien ratkaisussa pahentaa usein tilannetta ja johtaa pidempiin viivytyksiin.
- Työskennellään koko projektin ajan ryhmänä. Pidetään kaikki projektissa mukana olevat henkilöt ajan tasalla projektin kehittymisestä ja tapahtumista. Kun kaikki tietävät mitä on tapahtumassa väärinymmärryksiä ja ristiin ajattelua tapahtuu vähemmän.
- Tehdään tarvittavat ostot ja hankinnat ajoissa. Materiaalin, osien, työkalujen tai työkaluiden puuttuminen tuotannon alettua pysäyttää koko prosessin.
- Projektin edetessä ei yritetä turhaan parantaa toimivia osioita, vaan keskitytään eniten ongelmia tuottaviin kohtiin.
- Yritetään pitää kaikki projektissa olevat avainhenkilöt mukana loppuun asti. Suoritetaan budjetointi alusta alkaen realistisesti, ettei pääoman puute johda henkilöstön vähentämiseen.
- Projektin hyvä dokumentointi on valmistuksen kannalta tärkeää. Puuttuvat piirustukset ja tiedot hidastavat tai teettävät virheitä tuotannossa.
- Vältetään tuotteen enneaikaista valmistamista. Keskeneräinen tai kiirehditty tuote saattaa olla huonolaatuinen tai se ei toimi halutulla tavalla.

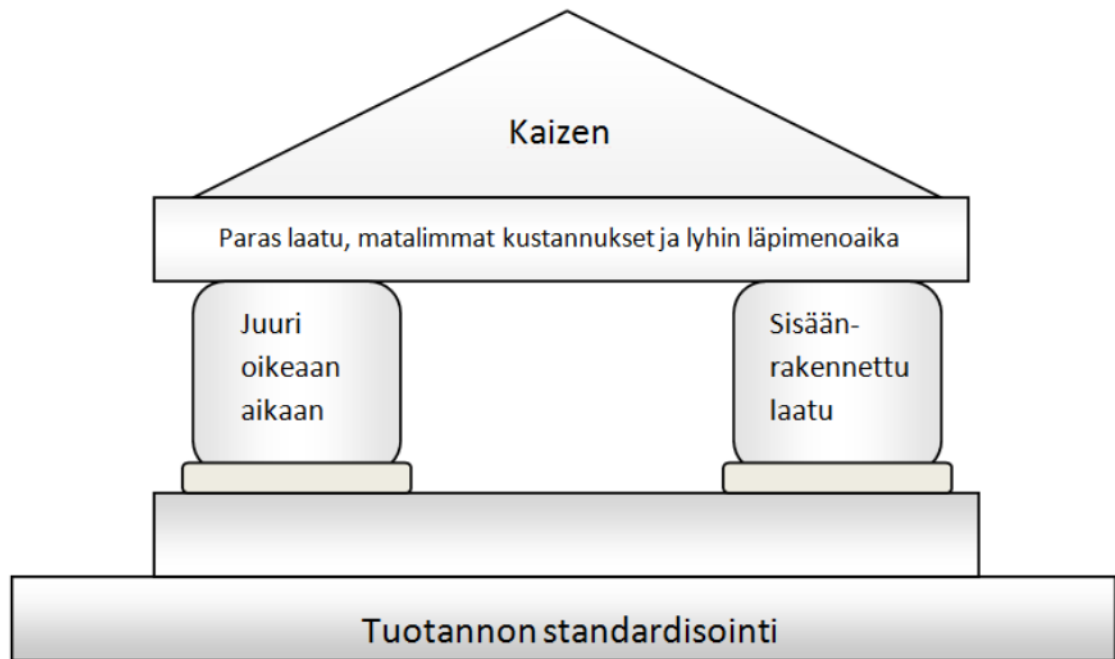
- Pyritään suunnittelemaan projekti mahdollisimman pitkälle vanhoilla toimivilla malleilla. Vanhojen toimivien mallien käyttäminen tuo projektiin varmuutta ja ennalta arvattavuutta.
- Vältetään pitkiä alihankintaketjuja. Riippuen alihankinnan osasta tuotannossa, saattaa koko prosessi pysähtyä alihankinnan ongelmien vuoksi. Kyseiset ongelmat ovat usein vaikeita ratkaista nopeasti. (Anderson, 2008: 8–10.)

Kohdeyrityksen kannalta tehokkaassa tuotesuunnittelussa on otettava huomioon projektien johtamisen ja tuotannon tuotesuunnittelun menetelmien yhteensopivuus, jotta toimitukset vastaavat projektien tilauksia. Uuden elementin valmistus on laadullisesti vastattava tavoitteita ensimmäisestä toimitettavasta positioista lähtien, jotta projekti pysyy aikataulussaan. Laatuvirheiden jälkikorjaus syö resursseja ja projektin toimitukset jäävät aikataulustaan. Kun jokainen positio ja sen valmistus suunnitellaan samanaikaisesti, tällaisilta virheiltä vältytään. Suunnittelun on näin oltava tietoinen valmistuksen mahdollisista rajoitteista.

Koska Meriman oma tuotanto valmistaa täysin projektikohtaisesti räätälöityjä tuotteita, on tuotesuunnittelu riippuvainen suhteestaan projektitiimeihin, heidän informaation kulkuun ja vaateiden selkeään määrittelyyn. Risteilyalusten sarjamaista valmistuksessa on etuna, että oman protoaluksen projektin suunnittelupiirustuksia ja kertynyttä projektikohtaista tietotaitoa voidaan hyödyntää sarjan seuraavissa laivoissa. Tällaisissa tilanteissa projektin on osattava ohjata tuotesuunnittelua käyttämään referenssialukseen suunniteltuja elementtejä modifioitavaksi. Tällaisissa projekteissa edellä listatut Andersonin esittämät DFM-menetelmät ovat erittäin hyvin sovellettavissa kohdeyrityksen projektien suunnitteluun ja toteutukseen tehostaen suunnittelun suorituskykyä.

6.3 Standardit

John Stewart (2012) on kirjassaan *The Toyota Kaizen Continuum: A Practical Guide to Implementing Lean* kuvannut yksinkertaisen TPS-talokaavion kuvan 6 mukaisesti.



Kuva 5. TPS-talokaavio (Stewart 2012: 27.)

Toyotan tuotantojärjestelmässä kaiken perustana on standardisointi, joka sisältää prosessit, tuotteet, työkalut ja työvaiheet. Standardisoinnin päälle rakentuu kaksi pilaria: juuri oikeaan aikaan (eng. Just In Time / JIT) ja sisäänrakennettu laatu. Talon kattona on japaninkielinen sana "Kaizen", joka tarkoittaa jatkuvaa pienin askelin tapahtuvaa kehittymistä ja parantamista. Tuotannon standardisointi tarvitaan, koska se takaa vakaan ja toistettavan prosessin, jossa asiat tehdään aina samalla. Tämä stabilisuus mahdollistaa toimintatapojen jatkuvan parantamisen pienin askelin kohti tuotannon ideaalitilaa. Kaizen on siis prosessi, joka toistetaan aina, kun edellinen muutos on saatu standardisoitua ja vakiinnutettua. (Stewart 2012: 26–29.)

Vaikein osuus Kaizen-prosessissa ei välttämättä ole muutos, vaan muutoksen vakiinnuttaminen. Standardisointi edesauttaa TPS-talon katosta löytyvien tavoitteiden (paras laatu, matalimmat kustannukset ja lyhin läpimenoaika) saavuttamista vahvistamalla kahta talon pilaria. (Stewart 2012: 31.)

Meriman tuotannossa tuotantoprosessi on pyritty standardisoimaan. Myös suunnittelu noudattaa pääosin prosessikaavion mukaista työjärjestystä. Tuotannon standardisoitunut prosessin kulku mahdollistaa järjestelmällisen työvaiheiden läpikäynnin suunnitellusta lopputuotteen valmistumiseksi.

Itse suunnittelun sisällä voidaan standardointia hyödyntää käyttämällä tuotestandardeja ja/tai niiden osia. Vaikka tuotanto on työkohtaisesti suunniteltua, voidaan usein aiemmin toteutettujen tuotteiden rakennepiirustuksia käyttää hyväksi ja muunnella tarpeen mukaisesti. Näin on toimittu esimerkiksi laivojen sarjatuotannossa, kun edellinen laiva toimii seuraavan referenssinä, eivätkä tuotannon kokonaistoimitukset radikaalisti muutu. Tällöin voidaan kerran suunniteltuja osia kopioida suoraan uuteen suunniteltavaan elementtiin. Tuotestandardit mahdollistavat tasaista laatua, lyhyitä suunnittelun läpimenoaikoja sekä tätä kautta matalampia suunnittelu kustannuksia. Tällaisia elementtien vakio-osia ovat muun muassa huoltoluukut, säätöjalat ja elementtiliitosrakenteet. Edellä mainitut positiot ovat toistuvia laivan sisuste-elementeissä.

Ilman jatkuvaa parantamista TPS-talokaavion mallintaman järjestelmän tuottama arvo ei toteudu, ja siksi jatkuva parantaminen onkin velvollisuus. Toyotalla tätä prosessia mitataan sanomalla ”Älä koskaan mittaa missä sinä olit, vaan sitä missä sinun pitäisi olla”. Tällä mitataan tuotannon tavoitetilaa ja nykyisen tilan eroa. (Stewart 2012: 52.)

7 Johtopäätökset

Meriman tuotannon tuotesuunnittelu toteuttaa monia Lean-periaatteiden mukaisia toimintatapoja. Esimerkiksi jatkuva kehittäminen on sisäistetty tämän hetkisen suunnitteluorganisaation työntekijöiden kesken. Osaston työntekijät tuovat jatkuvasti esille ideoita oman työn parantamiseksi. Kehitysideat käydään läpi oman organisaationsa sisällä ja näiden toteutumisesta otetaan pääsääntöisesti itse vastuu.

Jotta idearikas ja innovatiivinen ilmapiiri pääsee etuksiinsa, on johdon ylläpidettävä kehitystoimintaa organisaatiossa. Riskinä on, että nykyinen kehitystoiminta on sidonnainen työntekijöiden omaan aloitteellisuuteen, mikä on herkästi katoavaa mahdollisten henkilöstövaihdosten myötä. Näin ollen vallitsevaa Kaizen-yrityskulttuuria on syytä ylläpitää johtoporrastasolta asti.

Tyypillisessä toimistoympäristössä työntekijä odottaa spesifejä tietoja siirtyäkseen prosessissa monen työpinnan verran eteenpäin. Kun tieto vihdoin saapuu, tulee työntekijän usein kiirehtiä saadakseen työ valmiiksi aikarajoitteissa, mikä kasvattaa riskiä virheisiin. Tällainen ”työmalli” vaatii toisenlaisen laatumallin. (Tuominen 2010: 136.)

Edellä esille nostettu Tuomisen laatumalli on ajettavissa Meriman toimistoympäristöön niin projektihenkilöstön kuin tuotannon osalta. Suunnittelun lähtöaineistojen taso on useimmiten koettu riittäväksi, vaikkakaan ei virheettömäksi. Useat inhimilliset virheet on kuitenkin ratkaistavissa suunnittelijoiden ammattitaidolla ja epäselvyydet ovat usein selvitetty nopeasti. Lean- projektin edetessä valmistuksen puolella, riskinä on työkuormituksen kasvu suunnittelussa. Näin ollen tuotannon kokonaiskannattavuus ei parane vaan kuormitus siirtyy prosessissa. Onkin tärkeää luoda yhtenäinen laatumalliin, jossa suunnittelu palvelee valmistusta minimi vaatimuksin maksimaalinen laadun takaamiseksi ja näin koko tuotantoketjun suorituskyky olisi optimaalinen. Tähän voidaan vaikuttaa läpimenoaikoja ja tuottavuutta parantamalla.

Tuottavuuden mittaaminen on tuottavuuden parantumisen edellytys. Peter Drucker, joka tunnetaan laajalti modernin johtajuuden edelläkävijänä, on todennut: "Ilman tuottavuuden tavoitteita, liiketoiminnalla ei ole suuntaa. Ilman tuottavuuden mittaamisen, liiketoiminta ei ole kontrolloitua." Hänen mukaansa tuottavuuden mittaaminen on tärkeässä roolissa tuottavuuden hallinnoinnissa. Se tarjoaa tietoa siitä, miten tehokkaasti organisaatio hyödyntää henkilöstöresursseja. (A Guide to Productivity Measurement 2011: 4.)

Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä tarjoaa aineistoa seuraamaan toteutuneita ja budjetoituja kustannuksia, jotka ovat suoraa verrannollisia arvioituun ja toteutuneeseen aikaan. Suunnittelun osuus tuotannosta voidaan arvioida kontrollirajoja määriteltäessä tilastollisista aineistoista laskemalla. Näistä aineistoista saadaan rakennettua mittari tuottavuuden seurantaan. Tuottavuus ei kuitenkaan yksin riitä suorituskyvyn analysointiin, mutta oheen voidaan mitata suunnittelun läpimenoaikoja.

Datan kerääminen läpimenoajan mittamiseen onnistuu jo olemassaolevilla työkaluilla. Projektikohtaisiin valmistuspiirustusluetteluihin merkitään nykyisellään piirustusten valmius-%. Kun työ on jaettu tarkastuskierrökseen, merkitään jakelupäivä ja prosentiksi 100 %. Tämän oheen suunnittelun aloittamispäivä tulisi lisätä sarakkeeksi luetteloon. Tämä on havainnollistettu kuvassa 6.

KP:		Piirustus			Tuotanto			Jakelu		Valmius% ¹
		Lehtiä	Uusin	Tekijä	Tuotannon	Toimitus	Tuote	1. versio	Revisio	
	aloitus	kpl	revisio		aloitus	konttiin	laivalla	jaettu	jaettu	
XXXX-XXXX			A			32	38			0 %
XXXX-XXXX	1.8.2014		A			40	46	2.9.2014		100 %
XXXX-XXXX			A			30	36			0 %
XXXX-XXXX			A			32	38			0 %

Kuva 6. Osa valmistuspiirustusluettelo.

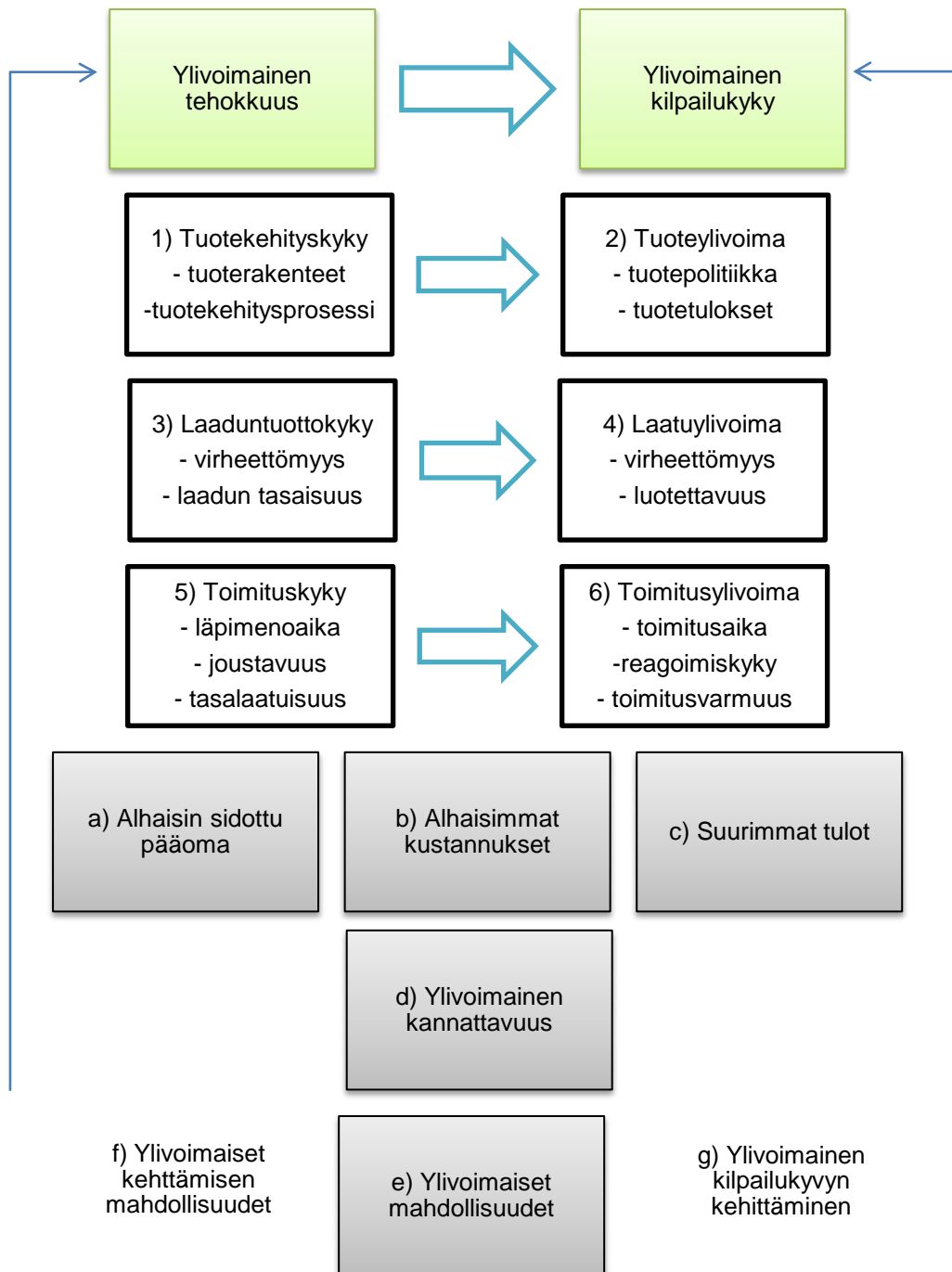
Pelkkä numeroiden tuijottaminen ei kuitenkaan kerro työn koko laatua ja sen vaikutuksia. Suorituskyvyn mittari olisi lisäksi helposti manipuloitavissa, mikäli sen perusteella tehtyihin analyysihin perustettaisiin esimerkiksi palkitsemisjärjestelmä. Tällaiset ”ansat” ovat tyypillisiä yrityksille, jotka perustavat toimintansa vain kvantitatiivisiin mittausmenetelmiin. (Likerman 2009). Meriman tuotesuunnittelun merkityksellisiä tekijöitä tuotannon kannattavuuden näkökulmasta ovat suunnittelutyön laatu, toimiva tiedonkulku ja jouheva yhteistyö sidosryhmien välillä. Projektityhteistyöllä tuotannon suunnittelu kykenee palvelemaan valmistusta halutun lopputuloksen saamiseksi ja näin kasvattamaan toimintavarmuutta.

Projektien sisällä on tiettyjä standardeja ratkaisuja, jotka tulevat usein esille vasta tuotesuunnittelu vaiheessa. Tällaisia rakenneratkaisuja tai tuotteiden ominaisuuksia ovat esimerkiksi käytettävät huoltoluukku-, lukko- ja seinäliitostyytit. Muita suunnittelijoiden käyttämiä projektikohtaisia standardeja ovat esimerkiksi asennusratkaisut ja piirustusmerkinnät. Sellaiset projektikohtaisia toteutusta koskevat standardit, jotka katsotaan palvelevan tuotannon ratkaisuja, olisi hyvä kirjata ylös aina nollapalaverista lähtien. Sitä mukaan kun standardeja ja/tai muita projektikohtaisia tuotteisiin liittyviä asioita päätetään projektin aikana, voitaisiin näitä päivittää samaiseen dokumenttiin. Tällainen käytäntö mahdollistaisi tuotannolta kunkin projektin yksilöllisen palvelemisen tehokkaasti. Dokumentin vakiinnuttaminen edellyttää selkää asiakakoa, joka voitaisiin määritellä yhdessä suunnittelijoiden kanssa. Dokumentin ylläpitäjinä toimisi niin suunnittelu itse kuin projektihenkilöstö. Aina uuden päivityksen tullessa, sen kirjaajan tulisi laittaa merkintä milloin ja kuka on päivityksen kirjannut. Esimerkiksi: Materiaalit - otsikon alle ”kaikki puupinnat: viimeistely Bona Mega – lakalla 21.10 AL”.

Yksi merkittävä hukkatyyppi suunnittelijoiden työssä on odotusajat, jotka kuluvat materiaalien selvittelyyn. Projektikohtaisen tuotantoa ja sen suunnittelua palvelevan dokumentaation lisäksi projekti voisi edistää tuotannon suorituskykyä fyysisten materiaalinäytteiden avulla. Tällaisen materiaalinäytekansion kokoaminen on jo käytössä projek-

tien ostajilla. Materiaalikansiot hyväksytetään tilaajalla ennen lopullista elementtien valmistusta. Tilaaja on näin vastuussa, mikäli tämän hyväksynnän jälkeen tehdään muutoksia, jotka vaikuttavat Meriman toimituksiin. Jos kuitenkin valmistettu tuote on toteutettu materiaalilla, joka on vastoin hyväksyttyä, on Merima itse vastuussa korjauksista. Pahimmillaan virheet huomataan, kun tuote on asennettu laivaan, jolloin muutokset tulevat kalliiksi. Virheiltä on välttytty pitkälti tuotannon ja sen suunnittelun jatkuvan selvittelyn, arvoa tuottamattoman työn, ansiosta. Tällaisen hukan, mudan, eliminoimiseksi voitaisiin omalle verstaustuotannolle toteuttaa mallikansio tai positiokohtainen mallitaulu samalla periaatteella, kuin se on hankinnankin apuna. Näin projekti ottaisi vastuun materiaalien oikeellisuudesta. Käytäntöä on kerran kokeiltu ja se koettiin hyödylliseksi. Tätä toimintatapaa ei ole kuitenkaan päivitetty prosessiin. Fyysiset mallit voitaisiin siirtää suunnittelupiirustusten ohessa valmistukselle, jolloin se toimisi tehokkaana visuaalisena ohjeena suunnittelupiirustusten rinnalla. Jotkin materiaalit saavat lopullisen hyväksyntänsä vasta projektin aikana. Kuitenkin näiden päivitysten tekeminen on marginaalista ja toteutettavissa mallien päivityksellä ennen valmistuksen aloitusta. Nämä kannattavuuden alueet eivät tule esille numeerisissa aineistoissa.

Kaiken kaikkiaan mittarit mahdollistavat tavoitteellisen työn seurannan. Lean-periaattein toimiva tuotanto mahdollistaa positiiviseen kannattavuuskierteeseen ylivoimaisella tehokkuudella, joka luo ylivoimaista kilpailukykyä. Idea on esitetty kuviossa 7.



Kuvio 7. Lean - ylivoimaista tehokkuutta ja kilpailukykyä (Tuominen 2010: 9.)

Lean-kehitys koko tuotantoon nostaa ennen kaikkea esille jatkuvan kehittämisen haasteen. Jotta ylivoimainen kilpailukyky on mahdollinen myös tulevaisuudessa, on suunnittelun osana tuotannon prosessia vastaamaan valmistuksen tarpeisiin laadullisesti ja ajallisesti oikeellisenä. Projektien palveluksessa tuottavuuteen ja toimitusvarmuuteen päästään, kun pidetään huolta tutkimuksessa aiemmin esitettyjen DFM- menetelmien (Anderson, 2008: 8–10.) toteutumisesta.

8 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli kartoittaa Merima Oy:n tuotesuunnittelun kyvykkyyttä osana tuotannon prosessia ja etsiä toimintaa tehostavia käytäntöjä Lean-filosofian pohjalta. Taustalla tutkimukselle oli yrityksen tuotannossa aloitettu Lean-kehitysprojekti ja kiinnostus suunnitteluyksikön nykytilasta.

Tutkimuksen alussa, raportin johdannossa, määriteltiin tausta, tavoite ja tutkimusmenetelmät. Tutkimusmenetelminä käytettiin sekä kvalitatiivista että kvantitatiivisia menetelmiä, joita olivat: havainnointi suunnittelun viikkopalavereissa, kyselytutkimus, toimihenkilöiden haastattelut ja laskennalliset mittaukset. Menetelmien avulla pyrittiin keräämään analysoitavaa aineistoa, jotka vastasivat asetettuun tutkimusongelmaan. Tutkimus pyrki vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Mikä on tuotesuunnittelun nykytila?
- Mitkä tekijät vaikuttavat suunnittelun tehokkuuteen ja voidaanko niihin vaikuttaa tuotteen laadusta tinkimättä?
- Miten suunnittelun suorituskykyä voidaan mitata?

Työn seuraavassa vaiheessa perehdyttiin Lean-filosofiaan. Tutkimuksen osalta tuotiin esille ne Lean-periaatteet, joita voitiin soveltaa tutkimuskohteessa. Ne toivat käsityksen, kuinka prosessi voi parantaa suorituskykyään. Sovellettavia teoria-asioita olivat JIT -tuotanto, imuohjaus, Muda, PDCA-sykli ja Kaizen.

Nykytilan tutkimisessa käytiin läpi tuotantoprosessin suunnittelun osuus. Prosessikuvausten myötä tutkittiin myös yrityksen nykyistä tuotepolitiikkaa ja tuotteen kustannusrakennetta. Kustannusrakenteet ymmärtäminen oli edellytys suunnittelun kustannusten osuuden laskemiselle kontrollikartan määrittelyyn. Rakennetun prosessin kontrollikartan avulla päästiin kiinni sekä nykytilaan tuotepolitiikan kannalta, että suorituskyvyn mittaamisen edellytyksiin.

Tehokkaan tuotesuunnittelun osiossa luotiin mittaristo tuotesuunnittelun suorituskyvyn mittaamiseksi. Suunnittelun suorituskyvyn osa-alueita tutkimuksessa olivat tuottavuus ja läpimenoaika. Yhdessä suunnittelun tuottavuutta ja läpimenoaikaa (kalenteriaika) mittaamalla pystytään kontrolloimaan suunnitteluprosessia osana tuotantoprosessia. Tuottavuus kertoo yksittäisen työn suoriutumisesta siihen varatun budjetin sisällä. Toteutu-

nut läpimenoaika verrattuna toteutuneeseen puolestaan paljastaa työn tehokkuuden. On huomattava, että työ voi olla tuottava, vaikka läpimenoaika pitkittyisi. Tällöin on hyvä selvittää ulkopuoliset vaikutustekijät. Vastaavasti läpimenoaika voi olla suunnitelmalinen, mutta työstä ei tule tuottoisaa, mikäli siihen on käytetty turhan paljon resursseja tai työn kustannukset on arvioitu väärin.

Tässä työssä kehitetyn suorituskyvyn mittariston käyttöönotto on suositeltavaa osaksi tuotannon kontrollointia. Mittaristo tulisi yhtenäistää myös valmistusprosessin kanssa, jolloin tuotantoa voidaan mitata kokonaisuutena.

Tehokkaan tuotesuunnittelun kehittämisen kannalta projektiyhteistyö on välttämättömyys. Tutkimuksessa esitettyjen DFM menetelmien avulla voidaan toimia edistyksestä suunnittelun ja projektien välillä. Projektikohtaisen yhteistyön kautta voidaan luoda standardeja toimintatapoja, joilla voidaan edesauttaa hukkan, mudan, eliminoimista. Mittariston lisäksi tutkimuksen tuloksista tehtyjen johtopäätösten mukaan käytäntöön voitaisiin ottaa projektikohtainen standardidokumentaatio sekä materiaalien fyysinen mallintaminen suunnittelun avuksi.

Yksi keskeisimmistä Lean-periaatteista suunnitteluorganisaation tulevaisuuden kannalta on Kaizen, jatkuva kehitys, jonka tuominen koko yrityskulttuuriin mahdollistaa ylivoimaisen tehokkuuden. Jatkuvalle pienin askelin toteutetulla kehityksellä voidaan saada aikaan pysyviä muutoksia ja työntekijät ovat sitoutuneempia osan työnsä kehitykseen. Suositeltavaa olisi edistää tätä toimintatapaa johtoportaan asti ja laajentaa se myös koko Meriman yrityskulttuuriin.

Jatkotutkimusehdotuksina olisi tarkastaa kuinka tuotannon valmistuksessa toteutettu Lean-projekti on vaikuttanut suunnitteluun ja muihin sidosryhmiin. JIT-tuotannon edistäminen tulee vaikuttamaan myös esimerkiksi logistiikkaan ja hankintatoimeen. Viime vuosina Lean-johtamisen rinnalle on noussut myös muita johtamisoppeja. Näitä ovat esimerkiksi laatujohtamiset, tietämyksen hallinta (eng. Knowledge management) ja toimintolaskenta (target costing). Tietyn menetelmän käyttäminen ei sulje pois toisen käyttämistä. Näin ollen jatkotutkimuksena voidaan kartoittaa myös esimerkiksi juuri edellä mainittuja johtamisen strategisia malleja.

Lähteet

Alasoini Tuomo. Henkilöstön sitoutuminen johtamisen haasteena innovaatiokilpailun aikakaudella – Näkökulmia parantamaan työelämää. Tekes Raportteja, Helsinki 2009. Verkkodokumentti.

<http://www.tuottavuustyo.fi/files/80/Uuden_tuottavuuden_tunnistaminen.pdf>. Luettu 20.10.2014.

A Guide to Productivity Measurement. 2011. Verkkodokumentti. SPRING Singapore.

<http://www.spring.gov.sg/resources/documents/guidebook_productivity_measurement.pdf>. Luettu 29.10.2014.

Andrew Likierman. 2009. The Five Traps of Performance Measurement. Harvard Business Review.

David McBride. 2003. The 7 Manufacturing Wastes. Verkkodokumentti.

<<http://www.emsstrategies.com/dm090203article2.html>>. Luettu 26.10.2014.

Dr. David M. Anderson, P.E., FASME, CMC. 2008 Design for Manufacturability & Concurrent Engineering. California: CIM Press.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Johtamistekniikka Oy.

Holopainen, M. & Pulkkinen, P. 2002. Tilastolliset menetelmät. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Jääskeläinen, Aki & Käpylä, Jonna & Lönnqvist, Antti & Seppänen, Sanna Kaisa & Vuolle, Maiju 2008. Tuottavuuden kehittäminen Suomessa. Haasteet ja tutkimustarpeet. Työsuojelurahaston selvityksiä. Helsinki: Edita.

Kilpailukyvyyn kehittäminen. 2014. Verkkodokumentti. Suomen virtuaaliammattikorkeakoulu.

<http://www2.amk.fi/mater/kulttuuri/muotoilun_perusteet4/files/kilpailukyvyyn_kehittaminen.pdf>. Luettu 10.10.2014.

Leanin historiaa. 2014. Six Sigma. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/leanin-historiaa/>>. Luettu 10.10.2014.

Lönnqvist, A., Kujansivu, P., Antikainen, R. 2006. Suorituskyvyn mittaaminen – Tunnusluvut asiantuntijaorganisaation johtamisvälineenä. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Michael Ballé & Dan Jones. 2014. Planet lean - The Lean Global Network Journal.

Verkkodokumentti. <<http://www.planet-lean.com/the-role-of-the-sensei-in-lean>>. Luettu 15.09.2014.

Pitkänen, Raimo. 2000. Mahdollisuuksien johtaminen – kehittämisestä metakehittämiseen. Helsinki: SLY Koulutus Oy.

Poppendieck, Mary & Tom. 2010. Leading lean software development: results are not the point. 2nd Printing. Boston: Pearson Education, Inc.

Ries, Eric. 2011. The Lean Startup. How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. Crown Business. New York: Random House, Inc.

Rope, T. 2005. Suuri Markkinointikirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Stewart, J. 2012. The Toyota Kaizen Continuum: A Practical Guide to Implementing Lean. Yhdysvallat, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Sujuvat Prosessit. 2014. Verkkodokumentti. Ttk. Tuottavuus- ja tuloksellisuustyö. <http://www.tuottavuustyoy.fi/menestyva_tyopaikka/sujuvat_prosessit> Luettu 2.11.2014.

Suna, Marja-Liisa & Okkonen, Jussi 2007. Luovaa tuottavuutta. Uuden tuottavuuden tunnistaminen. Tykes. Tampere: Esa Print Oy.

Tarkkala Mikko, 2014. Tilastollinen laadunvalvonta. Luentomateriaalit. Tuotantotalous. Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulu, Helsinki.

Toivanen Jarmo, 2012. Kehittämistä tukeva laskentatoimi. Luentomateriaalit. Prosessin kuvaus ja kehittäminen. Metropolia, Helsinki.

Toivanen Jarmo, 2012. Yrityksen suorituskyvyn johtaminen. Luentomateriaalit. Prosessien kuvaus ja kehittäminen. Metropolia, Helsinki.

Tuhola, E., Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2002. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Tuominen, Kari. 2010. LEAN Tehoa ja laatua tulosten suunnitteluun ja seurantaan. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.

Tuominen, Kari. 2010. Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Juva: WS Bookwell Oy.

Tuominen, Kari. LEAN Tehoa ja laatua tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehittämiseen. 2010. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.

Kyselylomake tuotesuunnittelun kehitystä varten

Tämän kyselyn tarkoituksena on tuoda aineistoa päivittäisen työsi kehittämiseksi osana Meriman kustannustehokasta tuotantoa. Kysymykset pohjautuvat suunnittelun viikkopalaverissa huomioon nousseisiin asioihin.

Kuhunkin kysymykseen tulee vastata avoimeen vastauskenttään kuluneen vuoden tekemiesi havaintojen mukaan. Vastaukset ovat luottamuksellisia.

Työtilanne

Mikäli koet työsi kuormituksen vähintäänkin satunnaisesti epätasaiseksi, mitkä tekijät mielestäsi vaikuttavat:

- ylikuormitukseen?

- odotusaikoihin?

Ovatko mielestäsi suunnittelun työkalut riittäviä tuotannon kannalta laadukkaan lopputuloksen saamiseksi?

Mikäli eivät; miksi?

Jos sinulla tai kollegallasi on kehitysideoita työnne edistämiseksi, onko näitä toteutettu ja kuka on ottanut vastuun toteutuksesta?

Suunnittelutyö osana tuotantoa

Saatko mielestäsi riittävästi tietoa tuotannon mahdollisuuksista toteuttaa uusia tuoteratkaisuja?

Miten suunnittelu voisi mielestäsi palvella paremmin tuotantoa?

Tulisiko mielestäsi suunnittelun prosessia osana tuotantoa muuttaa?

Jos kyllä, miksi ja/tai miltä osin?

Onko käytössäsi yleisiä tuotestandardeja, jotka eivät sitoudu tiettyyn projektiin ja voit hyödyntää suunnittelussasi? (anna esimerkkejä)

Millaisia elementin osia olisi mahdollista standardisoida, jos näin ei ole vielä tehty? (anna esimerkkejä)

Suunnittelutyö osana projektia

Kuinka saat esisuunnittelun lähtöaineiston suunnitelman aloittamiseksi?

Ovatko lähtöaineistot riittäviä ja luotettavia?

Mikäli eivät; miksi?

Onko positiokohtaisia aloituspalavereita käyty riittävästi kannaltasi?

Kun olet osallistunut positiokohtaiseen aloituspalaveriin, mitä hyödyllistä näissä on käyty läpi työsi kannalta?

Mitä asioita on jäänyt avoimeksi ja olet joutunut selvittämään jälkikäteen?

Millaisia projektikohtaisia standardeja olet saanut käyttöösi

- projektin alusta alkaen?

- projektin aikana?

Onko edellä mainitut mielestäsi tulleet ajallaan työsi kannalta ja kuka ne on sinulle välittänyt? (mainitse kaikki, mikäli useita lähteitä)

Kiitos vastauksestasi

Anna Lanamo

Tuotantoprosessi (suunnitteluosuus)

Seinäelementtien valmistuksen toteutuneet kustannukset

Seinäelementtien valmistuksen toteutuneet kustannukset 2014

Kustannusten kontrollikartta

Ykköslaivojen seinäelementtien valmistuksen toteutuneet kustannukset

Kustannusten kontrollikartta ykköslaivoille

Toteutuneet kustannukset sarjalaivojen seuraaville laivoille (n. > 1.)

Kustannusten kontrollikartta sarjalaivojen seuraaville laivoille