

Kerkko Maukonen

**LEAN JA LEAN-TRANSFORMAATIO  
OHJELMISTOTUOTANNOSSA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS  
2013

# TIIVISTELMÄ

Maukonen, Kerkko

Lean ja Lean-transformaatio

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2013, 34 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Leppänen, Mauri

Kilpailu globaaleilla markkinoilla ja Japanin toisen maailmansodan jälkeinen talouskriisi johtivat Toyotalla täysin uudenlaisen tuotantomenetelmän kehitykseen. Tämä Toyotan tuotantojärjestelmä (TPS), joka sittemmin on tullut paremmin tunnetuksi Lean-ajatteluna, on otettu käyttöön useilla eri aloilla kuten ohjelmistotuotannossa. Tämä kirjallisuuskatsauksena toteutettu tutkielma esittelee teollisuustuotannon ja ohjelmistotuotannon näkökulmista Lean-ajattelun taustan, pääperiaatteet, transformaatio-ohjeistusta sekä Leaniin liittyviä hyötyjä ja haasteita.

Tutkimustuloksina todetaan, että Lean on perinteisen teollisuuden lisäksi myös ohjelmistotuotannossa hyväksi todettu tuotantomenetelmä. Leanin avulla on mahdollista pienentää prosessien läpimenoaikoja ja prosesseissa todettua hukkaa. Näiden seurauksena yrityksen tuotantokustannukset laskevat ja tehokkuus kasvaa. Koska yrityksen toimintatapojen ja prosessien muuttaminen voi aiheuttaa yrityksessä huolia ja epätietoisuuteen liittyviä ongelmia on Lean-transformaatioon tehty avuksi erilaisia ohjeita. Tutkimuksessa todetaan ohjelmistotuotannon olevan yksi helppoiten Lean-ajattelun periaatteiden mukaiseksi transformoitava ala. Ohjelmistotuotannon näkökulmasta on myös tehty kokonaan omia tarkennettuja Lean-ajattelua koskevia ohjeistoja ja tarkennuksia periaatteisiin. Lean-ajattelun keskeisinä haasteina nähdään puutteellista tietoisuutta Leanista, vajavaista käyttöönottoa, sitoutumatonta johtoa ja työntekijöitä ja kyvyttömyyttä tulla toimeen muutoksen kanssa.

Asiasanat: Toyota production system, TPS, Lean, Lean-ajattelu, Lean-tuotanto, kanban

## **ABSTRACT**

Maukonen, Kerkko

Lean and Lean transformation

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2013, 34 p.

Information System Sciences, Bachelor's Thesis

Supervisor: Leppänen, Mauri

Competition on global markets and the financial crisis in Japan after the Second World War led to a point that Toyota needed to develop a totally new production system in order to avoid bankruptcy. This Toyota Production System (TPS) that became later better known as Lean thinking has been implemented to several different types of industry and production that consist also software development. This literature review introduces the background of Lean thinking, its main principles, its benefits and costs from the industrial and software development point of view.

The results of this study show that Lean is proved to be an efficient and good production method. With Lean it is easy to lower the cycle times of the production processes and lower the amount of waste. These two lead to a lower production costs and better performance. Changing the processes and the way of doing things in the company might affect some concerns and problems. This is why there have been made guides and frameworks for Lean transformation. The study shows that software development is one of the best suited fields of industry to be transformed into Lean thinking principles. There is also some literature specifically about Lean software development. The main challenges of Lean thinking are the lack of knowledge about Lean, improper implementation, lack of commitment from management and employees and the lack of capability to manage with changing environment.

Keywords: Toyota production system, TPS, Lean, Lean thinking, Lean production, kanban

## KUVIOT

KUVIO 1 Bozdogan ym. (2000) transformaatiomalli .....	15
KUVIO 2 Kuusela ym. (2011) transformaatiomalli.....	26

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
KUVIOT .....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 LEAN-AJATTELU.....	8
2.1 Leanin syntyhistoria .....	8
2.2 Periaatteet .....	9
2.2.1 Viisi avainperiaatetta .....	9
2.2.2 Lisäarvoa tuottamaton hukka .....	10
2.2.3 Kanban .....	12
2.3 Transformaatio .....	12
2.3.1 Transformaatiohaasteet .....	13
2.3.2 Transformaatiomalleja .....	14
2.4 Yhteenveto .....	19
3 LEAN OHJELMISTOTUOTANNOSSA.....	21
3.1 Tausta .....	21
3.2 Periaatteet .....	22
3.3 Lean transformaatio .....	25
3.4 Leanin hyötyjä .....	27
3.5 Leanin kustannuksia .....	29
3.6 Yhteenveto .....	29
4 YHTEENVETO .....	31
LÄHTEET .....	34

# 1 JOHDANTO

Ohjelmistotuotanto on ollut viime vuosina paljon otsikoissa, useimmiten epäonnistuneiden ja budjetit reilusti ylittäneiden projektien takia. Ohjelmistotuotanto on moniin muihin, etenekin teollisuustuotantoon verrattuna varsin nuori ja nopealla tahdilla kehittynyt ala. Salo (2006, s. 24) määrittelee Beckin (1999) ja Schwaberin (1995) mukaan, että 1990-luvun puolivälissä alkoi ilmaantua uudenlaisia kehitysmenetelmiä kuten Scrum ja XP, jotka sittemmin 2000-luvun alussa tulivat yleisesti paremmin tunnetuksi ketterinä kehitysmenetelminä. Ketterät menetelmät keskittyvät kuitenkin vain tiimi- ja projektitasolle. Parannukset tuotannon tehokkuudessa ja laadussa edellyttävät ohjelmistoyrityksen toiminnan kattavampaa huomioon ottamista.

Lean on teollisuudessa jo vuosikymmeniä käytössä ollut tuotantomenetelmä, joka on saanut alkunsa jo 1940-luvun autoteollisuudesta (Ohno, 1988, s. 3; Womack, Jones & Roos, 1990; Womack & Jones, 2003). Leania on tämän jälkeen sovellettu onnistuneesti ja hyvin tuloksin eri alojen teollisuustuotannossa sekä palvelualoilla.

Siirtyminen perinteistä toimintatavasta Leanin mukaiseen toimintaan ei ole kuitenkaan yksinkertaista (Bozdogan ym., 2000; Liker, 2004; Kuusela ym., 2011). Teollisuutta varten on kehitetty useampia transformaatiomalleja (Bozdogan ym., 2000; Liker, 2004) siirtymisen tukemiseksi. Osin näistä johdettuina on esitetty malleja ja ohjeistoja (Kuusela ym. 2011; Middleton & Sutton, 2005; Bozdogan ym. 2000) myös ohjelmistotuotantoa harjoittavien yritysten transformatiota tukemaan.

Tämän tutkielman tarkoituksena on muodostaa tiivis ja yhtenäinen esitys Lean-ajattelusta teollisuudessa sekä ohjelmistotuotannossa ja siitä, kuinka Lean voitaisiin ottaa käyttöön ohjelmistotuotannossa ja ohjelmistoyrityksissä laajemminkin.

Tutkielma pyrkii vastaamaan seuraavaan tutkimusongelmaan: "Miten Lean-ajattelu sopii ohjelmistotuotantoon?" Tutkimusongelma on jaettu seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mikä on Lean-ajattelun tausta ja sisältö?

- Mitä tarkoitetaan Lean-ajattelulla ja -periaatteilla ohjelmistotuotannossa?
- Miten transformaatio Leanin mukaiseen toimintaan voidaan tehdä ohjelmistotuotannossa?

Tutkielma on käsitteellis-teoreettinen, ja se toteutetaan kirjallisuuskatsauksena nojautuen aiheeseen liittyvään aiempaan tutkimukseen. Lähdemateriaalissa pyritään kiinnittämään erityistä huomiota kirjoittajan tunnettavuuteen, julkaisukanavan tasokkuuteen ja lähteiden ajantasaisuuteen. Tässä tutkielmassa olen käyttänyt lähdemateriaalina aineistoa vuosilta 1988 - 2012 aiheeseen liittyvistä artikkeleista ja kirjallisuudesta. Lähdemateriaali on kerätty pääosin sähköisistä tietokannoista kuten IEEE Xplore, ACM, SciVerse ja Google Scholar. Hakanoina lähteiden hankinnassa on käytetty muiden muassa: Lean production, Lean thinking, Lean software development ja Toyota production system. Näiden lisäksi tietoa on kerätty myös saatavilla olevista kirjoista.

Tutkimustulokset on pyritty saamaan siihen muotoon, että niitä voisi hyödyntää kuka tahansa Lean-ajattelun periaatteista ja Lean-ajattelun mukaisesta ohjelmistokehityksestä tai Lean-transformaatiosta kiinnostunut.

Tutkielma koostuu johdannosta ja yhteenvedon lisäksi kahdesta luvusta. Luvussa 2 tarkastellaan Lean ajattelun syntyhistoriaa, periaatteita ja sitä liiketoiminnan transformointia Leanin mukaiseksi teollisuuden näkökulmasta. Jotta Leanin taustasta ja perusteista saataisiin riittävän hyvä kuva, tarkastellaan sitä aluksi perinteisen teollisuuden näkökulmasta syntyhistorian, periaatteiden ja transformaation kautta. Luvussa 3 esitellään Leanin syntyhistoriaa, periaatteita, transformaatiota, hyötyjä sekä kustannuksia ohjelmistotuotannon näkökulmasta. Luvussa 4 esitetään koko tutkielmasta tiivis yhteenvedo.

## 2 LEAN-AJATTELU

Tässä luvussa esitellään Lean-ajattelun pääperiaatteita ja sen syntyyn johtaneita syitä sekä transformaatiokeinoja, eli kuinka toiminta saataisiin muutettua Lean-periaatteiden mukaiseksi. Luvussa käydään läpi Lean-ajattelua ja -periaatteiden mukaista toimintaa perinteisen tuotantoteollisuuden näkökulmasta, josta se on alun perin lähtöisin.

### 2.1 Leanin syntyhistoria

Lean-tyyppisen ajattelun kehittelyn aloitushetkenä voidaan pitää 15. elokuuta 1945. Japani oli tuolloin juuri hävinnyt sodan ja maan autoteollisuus oli hyvin vakavassa kriisissä. Silloinen Toyota Motor Companyn pääjohtaja Toyoda Kiichiro antoi johtamalleen yritykselle kolme vuotta aikaa saada kiinni amerikkalaiset kilpailijat, silloiset maailman suurimmat autovalmistajat, Ford ja General Motors. Toyotan tekemien laskelmien mukaan eurooppalaisiin ja amerikkalaisiin kilpailijoihin verrattuna tarvittiin sata japanilaista työntekijää suorittamaan sama työmäärä kuin mikä näissä maissa saatiin aikaiseksi kymmenellä työntekijällä. Tämän toimeksiannon tuloksena kehitettiin Toyotan tuotantojärjestelmänä (Toyota Production System, TPS) tunnettu teollisuuden tuotantomenetelmä. (Ohno, 1988, s. 3.)

Likerin (2004, s. 24) mukaan 1960-luvulla TPS oli Toyotalla omaksuttu toimintaa ohjaavana filosofiana niin laajasti, että sitä alettiin levittää myös heidän tärkeimmille tavarantoimittajilleen. Näin saatiin TPS:n tarjoamat hyödyt käyttöön koko toimitusketjun matkalla.

Parin kymmenen vuoden kehityksen jälkeen kehityksen jälkeen TPS ei kuitenkaan ollut vielä levinnyt juurikaan Toyotan ja heidän tavarantoimittajien ulkopuolelle. Vaikka Toyotalla TPS oli jo laaja-alaisessa käytössä, ei se herättänyt kovinkaan laajaa mielenkiintoa muissa yrityksissä tai aloilla. (Ohno, 1988, s. 1.) Syksyllä 1973 ensimmäisen öljykriisin iskiessä maailmanlaajuisesti oli Japanin talous nollakasvun pisteessä ja yritykset eri aloilta alkoivat kärsiä hätää. Toyotalla asiat olivat toisin. Vaikka sekin kärsi öljykriisin vaikutuksista tuottojen osalta, niin vuosina 1975-1977 Toyotan onnistui kasvattamaan kuilua oman



tuloksensa ja maan yleiseen tasoon verrattuna. Tässä vaiheessa muiden alojen yritysten katseet alkoivat siirtyä Toyotan suuntaan, mitä siellä tehtiin erilailla, mikä mahdollisti poikkeaman yleisestä trendistä. (Ohno, 1988, s. 1.)

Tässä vaiheessa Japanin hallitus teki tilanteen korjaamiseksi aloitteen TPS-seminaarien käynnistämiseksi, vaikka se ymmärsi vain murto-osan Toyotan tavan mukaisesta toiminnasta. Puutteellisin tiedoin järjestetyt seminaarit eivät tarjonneet parasta mahdollista käsitystä TPS:stä muille. Mitä kauemmaksi Toyota Citystä ja Toyotan tavarantoimittajistaan edettiin, sitä laimeampaa ja heikompaa TPS-periaatteiden noudattaminen oli. (Liker, 2004, s. 24.)

TPS tuli maailmanlaajuisesti tunnetuksi ja nimettiin Leaniksi, kuitenkin vasta vuonna 1990 James Womackin, Daniel Rossin ja Daniel Jonesin teoksessa ”The machine that changed the world” (Womack ym., 1990). Toinen merkittävä teos oli vuonna 1996 ilmestynyt Womackin ja Jonesin kirja ”Lean thinking” (Womack & Jones, 1996). Nämä teokset johtivat maailmanlaajuiseen autoteollisuuden tuotantomenetelmien muutokseen, joka sittemmin on levinnyt myös muille alueille.

## 2.2 Periaatteet

Lean kehitettiin alunalkaen nimenomaan tehostamaan tuotantoa. Leanin perimmäisenä ajatuksena onkin tuottaa mahdollisimman vähällä mahdollisimman paljon. Vähyys ilmenee esimerkiksi resursseissa, varastossa, työntekijöiden määrässä ja tuotantoon tarvittavassa ajassa. (Womack & Jones, 2003, s. 15.)

Seuraavassa kuvataan Leanin tärkeimpiä periaatteita.

### 2.2.1 Viisi avainperiaatetta

Lean perustuu viiteen avainperiaatteeseen. Nämä kaikki viisi periaatetta tulisi omaksua käyttöön, jotta saataisiin luotua Leanin mukaisia prosesseja ja lopulta saavutettaisiin jopa niin kutsuttu Lean-organisaatio. Nämä viisi periaatetta ovat arvo, arvovirta, virtaus, imu ja täydellisyys. (Womack ym., 1990; Womack & Jones, 1996.)

Jokaisen tuotteen päätarkoitus on tuottaa asiakkaalle lisäarvoa. Tuotteen *arvon* määrittäminen asiakkaalle on sidottu tiiviisti tuotteen kehittämisen visioon ja strategiaan. Mikäli yritys ei tunne omaa toimialaansa ja arvoa, jonka sen tuotteet tarjoavat asiakkaille, johtaa tämä helposti tilanteeseen, jossa yritys keskittyy vain lyhyen tähtäimen ongelmiin ja pieniin kustannusten leikkauksiin. (Maglyas, Nikula ja Smolander, 2012, s. 41.)

Kun arvo on tunnistettu, niin seuraavana vaiheena on tärkeää tehdä *arvo-virrasta* kuvaus, joka sisältää vaihe vaiheelta kaikki askeleet ideasta toimitettavaan tuotteeseen asti. Kuvauksen tarkoituksena on tunnistaa ja poistaa kaikki turhat vaiheet, jotka eivät luo arvoa. Tällä tavoin yritys saa eliminoidua turhat vaiheet ja pienennettyä sykliaikoja. (Maglyas ym., 2012, s. 41.) Tässä tutkimuk-

sessä sykliajoilla tarkoitetaan yhden tehtävän tai selkeän prosessin vaiheen suoritusaikaa, ei siis koko prosessin läpimenoaikaa.

Arvoa tuottamattomien vaiheiden eliminoinnin jälkeen yrityksen tulisi taivuttaa sen arvon tuottamisprosessia. Tämän saavuttamiseksi Lean ehdottaa keskittymistä koko arvon luomisprosessiin yksittäisten ja eristettyjen osien sijasta. Tuotannon järjestäminen yhtenäiseksi virtaukseksi lisää tuottavuutta ja vähentää virheiden määrää sekä tarvittavia resursseja. Tämä vaihe tunnetaan nimellä virtaus. (Maglyas ym., 2012, s. 41.)

*Imulla* (pull) tarkoitetaan sitä, kun asiakas lähettää pyynnön tuotteesta niin yritys tuottaa tuotteen täyttäen asiakkaan tarpeet mahdollisimman nopeasti. Yrityksen jo omaksuttua virtausprosessin toimintaansa vähenee aika ajatukselta tuotteen toimitukseen. Tätäkin tärkeämpänä kohtana tulisi huomioida imuohjauksen edut yrityksen näkökulmasta; vältetään ylimääräistä tuotantoa ja turhien tuotteiden varastointia. (Maglyas ym., 2012, s. 41.)

Lehtisen (2011, s. 28) mukaan Womack ym. (1990) määrittelee imuohjauksen siten, että tehdään juuri se mitä asiakas tarvitsee juuri silloin, kun hän sitä tarvitsee. Toisin sanoen ei tehdä mitään, ennen kuin asiakas sitä tarvitsee. Tästä mallista käytetään myös nimitystä Just in time (JIT), eli juuri oikeaan aikaan.

Viides avainperiaate, eli *täydellisyys* on tulosten analysointia ja mahdollisten muutosten toteutuksen suunnittelua. Siinä missä neljä edeltävää periaatetta keskittyvät siihen mitä tehdä, niin täydellisyys keskittyy siihen kuinka itse asiassa tehdä toiminnot. (Maglyas ym., 2012, s. 41.)

Näiden viiden avainperiaatteen lisäksi eräs keskeinen Leaniin liittyvä termi on hukka (waste), joka liittyy erittäin läheisesti toiseen Leanin keskeiseen käsitteeseen, arvoon (Womack ym., 2003).

## 2.2.2 Lisäarvoa tuottamaton hukka

Helpoin ja eniten Leanin yhteydessä käytetty keino arvon ja tuottavuuden lisäämiseksi on Ohnon (1988), Womackin ym. (1990), Womackin ja Jonesin (1996, 2003) sekä Likerin (2004) mukaan hukkan eliminointi.

Hukkaa on kolmen tyyppistä: Muda, Mura ja Muri. *Mudalla* tarkoitetaan lisäarvoa tuottamatonta toimintaa, jota on tunnistettu seitsemän perustyyppiä: ylituotanto, odottelu, tarpeeton kuljetus, ylikäsittely, liiallinen varasto, tarpeeton liike ja viat. *Mura* on epätasaisuudesta tai varianssista johtuvaa hukkaa. *Murilla* tarkoitetaan ihmisten, laitteiden tai järjestelmien ylikuormittamisesta johtuvaa hukkaa. (Lehtinen, 2011, s. 19.)

Likerin (2004, s. 27) mukaan on tärkeää oppia kartoittamaan toiminnot, jotka lisäävät tuotteen arvoa ja auttavat pääsemään eroon lisäarvoa tuottamattomista toiminnoista jo senkin takia, että monet TPS:n työkaluista ja Toyotan periaatteista juontavat juurensa tästä.

Poppendieckin ja Poppendieckin (2003, s. 4) mukaan, jos jokin ei suoraan lisää arvoa kuluttajalle, se on hukkaa, tai vastaavasti jos on olemassa jokin tapa tehdä ilman, se on hukkaa. Poppendieckin ja Cusumanon (2012, s. 28) mukaan Lean-ajattelun mukainen hukka on mitä tahansa mikä ei lisää asiakkaan koke-

maa arvoa suoraan, tai vastaavasti ei lisää tietoa siitä, kuinka toimittaa arvoa tehokkaammin.

Ensimmäinen kysymys TPS:ssä on aina: "Mitä asiakas haluaa tästä prosessista?" Asiakkaalla tarkoitetaan niin sisäistä (tuotantolinjan seuraavat vaiheet) kuin ulkoista eli lopullista asiakasta, ja vastaus tähän kysymykseen määrittää arvon. Näin prosessia tutkimalla voidaan havaita lisäarvoa tuovat vaiheet lisäarvoa tuottamattomista. (Liker, 2004, s.27.)

Tämän tutkielman kannalta mielenkiintoisena kohtana Likerin (2004, s. 27) mukaan tätä valmistusprosessin tutkimista asiakkaan silmin voidaan soveltaa mihin tahansa prosessiin valmistuksessa, tiedotuksessa ja palveluissa. Toisin sanoen hukan tunnistamista voidaan soveltaa missä tahansa prosessissa myöskin teollisuuden tuotantoprosessien ulkopuolella.

Likerin (2004, s. 28) mukaan Toyota on tunnistanut seitsemän lisäarvoa tuottamattoman hukan päätyyppiä liiketoiminta- ja valmistusprosesseissa. Näitä periaatteita voidaan soveltaa tuotantolinjan lisäksi tuotekehityksessä, tilausten vastaanottamisessa sekä toimistoissa. Liker (2004, s. 28) on itse lisännyt mukaan kahdeksannen hukkatyyppin, jota ei ole alkuperäisessä Toyotan dokumentaatiossa kirjattu omana kohtanaan. Päätyypit ovat:

1. *Ylituotanto*. Tilaamattomien osien valmistaminen, mikä aiheuttaa tarpeetonta henkilökunnan palkkaamista ja varasto- ja kuljetuskustannuksia liiallisen varastoinnin vuoksi.
2. *Odottelu*. Työntekijät joutuvat vain seuraamaan automatisoitua konetta tai seisoskelemaan odotellen seuraavaa käsittelyvaihetta, työkalua, toimitusta, komponenttia jne. tai heillä ei yksinkertaisesti ole mitään tekemistä varaston loppumisen, käsittelyviiveiden, välineistö sammuttamisen ja kapasiteetin pullonkaulojen vuoksi.
3. *Tarpeeton kuljettelu*. Keskenäisen työn kuljettaminen pitkiä matkoja, tehottoman kuljetuksen luominen tai materiaalien, osien tai valmiiden hyödykkeiden siirtely varastoon, varastosta tai prosessista toiseen.
4. *Ylikäsittely tai virheellinen käsittely*. Tarpeettomien vaiheiden suorittaminen osien käsittelyssä. Tehoton käsittely kehnon työkalun tai tuotesuunnittelun vuoksi, mistä aiheutuu tarpeetonta liikkumista ja virheitä tuotteeseen. Hukkaa syntyy myös, jos tuotetaan laadukkaampia tuotteita kuin välttämätöntä.
5. *Tarpeettomat varastot*. Liikaa raakamateriaalia, keskenäisiä tuotteita tai valmiita hyödykkeitä, mistä seuraa pidempiä läpimenoaikoja, vanhentuneisuutta, vahingoittuneita hyödykkeitä, kuljetus- ja varastokustannuksia ja viivettä. Lisäksi liian suuret varastot kätkevät sellaisia ongelmia kuin tuotannon epätasapainon, myöhästyneet toimitukset alihankkijoilta, viat, välineistön alhaallaoloajan ja pitkät asennusajat.
6. *Tarpeeton liikkuminen*. Kaikki turha liike, mitä työntekijöiden täytyy suorittaa työaikana, kuten osien, työkalujen jne. etsiminen, kurkotteleminen, ja pinoaminen. Myös kävely on hukkaa.

7. *Viat*. Viallisten osien tuottaminen tai korjaaminen. Korjaaminen tai uudelleen työstäminen, pois heittäminen, täydennysosan tuottaminen ja tarkastus tarkoittavat tarpeetonta käsittelyä, hukattua aikaa ja turhaa työtä.
8. *Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen*. Ajan, ideoiden, taitojen, parannusten ja oppimismahdollisuuksien hukkaaminen, kun työntekijää ei sitouteta tai kuunnella.

Ohno (1988) pitää ylituotantoa tärkeimpänä hukkana, koska se aiheuttaa suurimman osan muusta tuhlauksesta. Missä tahansa prosessin vaiheessa ylituotanto johtaa varaston kertymiseen ja tämän seurauksena materiaalia lojuu odotamassa käsittelyä seuraavassa vaiheessa. Ongelmaksi tässä muodostuu prosessien välisten varastopuskureiden koon kasvaminen, joka johtaa pitkällä aikajänteellä epäoptimaaliseen toimintaan, kuten heikentyvään motivaatioon toimintojen jatkuvan parantamisen suhteen. (Liker, 2004, s.29.)

### 2.2.3 Kanban

Japanin kielessä kan tarkoittaa korttia, ja ban signaalia. Näin ollen kanban voidaan vapaasti kääntää signaalikortiksi. Jokainen kortti sisältää pienen määrän tietoa tehtävästä, eli ne ovat ikään kuin kehittyvä tarina. Kortit voidaan helposti järjestää sekä uudelleen järjestää siten, että seuraava henkilö tietää ottaa päällimmäisen kortin ja käynnistää työt heti kyseisen kortin sisältämän informaation perusteella. (Poppendieck & Poppendieck, 2006, s. 138.)

Kortit voivat olla joko fyysisiä kortteja taululla tai elektronisia kortteja tietojärjestelmässä. Valinta näiden kahden eri tavan välillä riippuu usein siitä, työskenteleekö kortteja käyttävä tiimi fyysisesti samassa paikassa vai esimerkiksi kokonaan eri tiloissa. (Poppendieck & Poppendieck (2006, s. 138.)

Kanbanilla on omat etunsa ja haasteensa. Kanbanin etuina pidetään muun muassa sitä, että ihmiset tietävät helposti mitä tekevät seuraavaksi kun kortteja on jonossa jo valmiina odottamassa. Kortteihin kuitenkin liittyy haaste sen suhteen, onko kortti ylipäätään ollut oikeassa paikassa ja onko sen sisältö kaikilta osin täysin validia. (Poppendieck & Poppendieckin 2006, s. 138.)

Kortin sisältämän informaation tilanteesta ja tehtävästä vaiheesta ei tarvitse olla kovin yksityiskohtaista. Poppendieckin ja Poppendieckin (2006, s. 138) mukaan kortti itsessään ei ole tehtävän spesifikaatio, vaan ainoastaan signaali siitä, että seuraavana tehtävänä on kerätä yhteen oikeat henkilöt luomaan yksityiskohtaiset suunnitelmat, verifikaatio ja kortilla olevan tehtävän toteutus.

## 2.3 Transformaatio

Siirtyminen perinteisestä toiminnasta Lean-ajattelun mukaiseen toimintaan ei ole ongelmattonta. Kuuselan, Huomon ja Korkalan (2012) mukaan Lean vaatii

huomattavaa panostusta ajallisesti koko organisaation henkilöstön kouluttamiseen, jotta toiminta saadaan muutettua Lean-tyyppiseksi. Muina ongelmina mainitaan muun muassa ympäristöllinen näkökulma, sillä Lean-tuotanto voi lisätä raaka-aineiden kuljetusten määrää. (Kuusela ym., 2012, s. 12.)

Useat eri alojen yritykset, joissa on yritetty omaksua käyttöön Lean-periaatteita ovat epäonnistuneet, koska implementointi on jäänyt liian pintapuoliseksi. Näissä yrityksissä on keskitytty liikaa pelkkiin prosessityökaluihin ymmärtämättä, että Lean on kokonainen järjestelmä, jonka täytyy ulottua koko organisaation kattavaksi. Usein näissä yrityksissä on unohdettu erityisesti ylemmän johdon osallistuminen päivittäisiin operaatioihin ja jatkuvaan parantamiseen. (Liker, 2004, s. 7.)

Seuraavassa kerrotaan ensin transformation haasteista ja sen jälkeen keinoista.

### 2.3.1 Transformaatiohaasteet

Kuuselan ja Koivuluoman (2001) mukaan useat aiemmat tutkimukset ovat tulleet siihen tulokseen, että yrityksen muuntautuminen Leanin mukaiseksi ei onnistu kehitysstrategialla joka kulkee pelkästään ylhäältä alaspäin, vaan tämän lisäksi tarvitaan alhaalta ylöspäin suuntautuvaa lähestymistä. Myös Hinesin, Holwegin ja Richin (2004) mukaan Leania on olemassa kahdella eri tasolla: strategisella ja operationaalisella. Asiakaskeskeinen strateginen ajattelu on sovellettavissa missä vain, kun taas lattiatason työkalut eivät. Tämä on usein johtanut sekaannuksiin tai väärinkäsityksiin siitä, missä soveltaa Leania. (Hines ym., 2004.)

Bozdoganin, Milauskasin, Mizen, Nightingalen, Tanejan ja Tonaszuckin (2000, s.51) mukaan onnistuneen Lean transformaation saavuttaminen on valtaisa tehtävä, jonka aikana kohdataan monia suuria haasteita. Lean-oppaassaan he käsittelevät joitain merkittävimpiä Leanin käyttöönottoon liittyviä haasteita, joita käsitellään seuraavaksi tarkemmin.

*Tietoisuus ja ymmärrys Leanista (awareness and understanding of Lean).* Lean käsitteet ovat verrattain uusia, eivätkä laajalti tunnettuja tai täysin ymmärrettyjä. Jotkin Lean-käsitteet ovat epäintuitiivisia verrattuna perinteiseen tietouteen. Menetelmät Leanin mukaiseen toimintaan eivät ole vielä täysin kypsiä. Osavista Lean-asiantuntijoista on puutetta. Lean vaatii myös syvää ymmärtämistä, joka saavutetaan vain Lean-periaatteiden jatkuvalla toistamisella. Kokonaisvaltainen hyväksyminen ja implementointi jäävät usein puolitehen, vaikka johtajat olisivatkin halukkaita pilotoimaan Leania. Lean sekoitetaan muihin johtamisstrategioihin. Lean-aloitteet kohtaavat johdon sekä työntekijöiden osalta kyynisyyttä. Ne koetaan vain yhtenä uutena villityksenä. Joskus Leanin implementointi vaatii yritykseltä hyppyä tuntemattomaan, tai omalta mukavuusalueelta poistumista. (Bozdogan ym., 2000, s. 51.)

*Syöälle ajatusmaailmaan juurtuneen massatuotanto mentaliteetti (deeply engrained mass-production mentality).* Massatuotantomentaliteetille tyypillisesti pyritään minimoimaan koneiden tyhjäkäyttö ja alhaallaoloaika, työntekijöiden toi-

meton aika, tyhjät varastot sekä työvoimakustannukset. Mikäli työntekijöitä motivoidaan saavuttamaan nämä tehokkuusmittarit, lopputulos johtaa usein Lean-periaatteiden vastaiseen tulokseen, kuten: pitkiin tuotantoaikoihin erissä, suuriin varastoihin (raaka-ainevarastoissa sekä valmiissa tuotteissa), suuriin virhemääriin (vialliset ja vanhentuneet tuotteet), kattaviin uudelleentyöstö- ja korjausalueisiin, pitkiin tuotantojonoihin laitteilla ja itse aiheutettuihin vaihteluihin kysynnässä. Näiden kaltainen massatuotantoajattelu ulottuu negatiivisilla vaikutuksillaan myös itse tuotannon ulkopuolelle ja vaikuttaa väistämättä koko organisaatioon. (Bozdogan ym., 2000, s. 51-52.)

*Johdon vastarinta (management resistance).* Niin kauan kun yrityksestä puuttuu syvälinen ymmärrys Lean-periaatteista ja -ajattelusta, yritykset voivat odottaa vastarintaa erityisesti keskitason johdolta. Vastarintaa ruokkivia uskomuksia ovat muun muassa seuraavat. Lean johtaa voiman, arvovallan ja auktoriteetin heikkenemiseen. Lean edustaa suuren luokan kaavamuuatosta, joka sotii perinteistä ja tuttua tietoutta vastaan. Leanin tiimien johtamiseen perustuva johtamismalli koetaan uhkaavana. Johtajat kokevat uhkana Leanin mukanaan tuovan niin sanotun turvaverkkojen poistamisen, jossa luovutaan ylijäämävarastoista, liikkapasiteetista ja kaunistelluista ennusteista. (Bozdogan ym., 2000, s. 52.)

*Työntekijöiden kokemat huolet (employee concerns).* Johtoportaan tapaan monet työntekijät voivat kokea Leanin epä mukavana ja pelottavana. Siirtyminen pois vanhasta tiukasti osastoidusta ja järjestelmällisestä työstä koetaan uhkaavana. Lean korostaa jatkuvaa oman työn tarkkailua ja parantamista. Työturvallisuuden ajatellaan heikentyvän. Työntekijät pelkäävät intensiteetin kasvua, päättymättömiä tehokkuusvaatimuksia ja ylityötä. Pienempään määrään johtavan eri työtehtävien lukumäärän koetaan heikentävän uralla etenemistä. Pelätään työtaturmien kasvun lisääntymistä ympäristössä, jossa on vain vähän varaa tapaturmille. Pelätään standardoidun työn mukanaan tuomaa uutta jäykkyyttä ja tähän liittyvää jatkuvasti lyheneviä työsyklejä. Ylijäämävaraston ja muiden puskureiden poisto koetaan kasvavina paineina. Työntekijän ja yrityksen välisen suhteen muuttuessa kyseenalaistetaan lojaliteetti. (Bozdogan ym., 2000, s. 52.)

### 2.3.2 Transformaatiomalleja

Koska Leanin mukaiseen toimintaan siirtymisen on havaittu tuottavan yrityksille ongelmia ja on havaittu, että jotkin pilotoidut Lean-kokeilut eivät ole päättyneet toivotuin lopputuloksiin, on yritysten avuksi kehitetty erilaisia transformaatiomalleja ja ohjeistusta.

Hinesin ym. (2004) mukaan Donaldson (1996, s. 51) toteaa, ettei ole olemassa vain yhtä täydellisen lähestymistavan mallia joka olisi sovellettavissa tehokkaasti kaikkiin organisaatioihin, vaan malli täytyy valita tilannekohtaisesti. Seuraavassa kuvataan tarkemmin kahta transformaatiomallia, joista toinen on Bozdoganin ym. (2000) esittämä ja toinen Likerin (2004) malli.

Bozdogan ym. (2000, s. 55) esittelee yleisen mallin organisaation avuksi sen siirtyessä Lean-periaatteiden mukaiseksi. Ohjeistus sisältää organisaatiotasaalla yleisluotoisen vaiheista, jotka panevat alulle, ylläpitävät ja jatkuvasti parantavat organisaation transformaatiota Lean-periaatteiden ja -käytänteiden mukaiseksi.

Mallissa on kolme sykliä. Ensimmäinen sykli on sisäänkäynti- / paluusyikli, joka määrittelee Leanin käyttöönottopäätökseen liittyvät toimet. Tämä ensimmäinen sykli on hyvin läheisesti liitoksissa organisaation strategisen suunnitteluun. Toinen sykli on pitkän aikavälin sykli, jossa ympäristö ja olosuhteet valmistellaan transformaatiota varten. Tässä vaiheessa organisaatio valmistellaan tarkempaa transformaatiosuunnittelua ja implementointia varten. Kolmas sykli on lyhyen aikavälin sykli, jossa transformaation yksityiskohtainen toteutus suunnitellaan, suoritetaan ja sen toteutumista seurataan. (Bozdogan ym., 2000, s. 55.)

Tarkemmin kuvattuna Bozdogan ym. (2000, s. 55) määrittelee kolmen syklin sisällön ja transformaatiovaiheet seuraavasti (kuvio 1):



KUVIO 1. Bozdogan ym. (2000) transformaatiomalli

*Omaksu Lean paradigma (Adopt Lean paradigm).* Paradigman toteuttaminen vaatii jokaisen asiakasvuorovaikutuksen, tuotesuunnittelun, tuotannon, laadunvarmistuksen, henkilöstöressurssien, työnvalvonnan, organisaatorakenteen, järjestelmien ja hankkijasuhdeiden kanssa liitoksissa olevien oletusten, käytänteiden ja prosessien uudelleen läpikäymistä. Organisaation täytyy oppia tekemään liiketoimintaa, käyttäytymään ja

näkemään arvoa perinteisestä täysin poikkeavalla tavalla. (Bozdogan ym., 2000, s. 56.)

*Keskity arvovirtaan (Focus on the value stream).* Lean ajattelun ensisijainen käsite on se, että kaikkien organisaation toimintojen ja resurssien tulisi olla keskittyneitä arvon luomiseen. Jokainen toiminto tai resurssikulu joka ei ole liitoksissa arvon luomiseen on hukkaa ja tulisi näin ollen eliminoida mahdollisimman hyvin pois. (Bozdogan ym., 2000, s. 56.)

*Kehitä Lean-rakenne ja -käyttäytyminen (Develop Lean structure and behavior)* Lean organisaatio eroaa perinteisestä massatuotanto-organisaatiosta sekä rakenteeltaan, että käyttäytymiseltään. Tässä transformaatiomallin vaiheessa luodaan ajatusmaailma ja olosuhteet valmiiksi Lean käytänteiden ja periaatteiden implementointia varten. (Bozdogan ym., 2000, s. 56.)

*Luo ja hio implementointisuunnitelma (Create and refine implementation plan).* Siirryttäessä lyhyen aikavälin sykliin, ja halutunlaisen transformaation saavuttamiseksi, täytyy tunnistaa ja priorisoida ne Lean aloitteet, jotka yhdessä muodostavat organisaatiotason suunnitelman. Tämä vaatii resursointia suunnitelmaan sekä mittavissa määrin koulutusta ja harjoittelua. (Bozdogan ym., 2000, s. 56.)

*Implementoi Lean-aloitteet (Implement Lean initiatives).* Tässä vaiheessa muutokset käytänteissä ja menettelyissä varsinaisesti implementoidaan käyttöön. Määritellään spesifit toiminnot, ohjelmat ja projektit, jotka toteutetaan jokaisella organisaation osa-alueella, ja päätetään kuinka ne implementoidaan järjestelmätasolla käyttöön. Näitä yksityiskohtaisia toimintosuunnitelmia toteutetaan, tarkkaillaan ja muokataan vaatimusten mukaisesti. (Bozdogan ym., 2000, s. 56.)

*Keskity jatkuvaan parantamiseen (Focus on continuous improvement).* Samanaikaisesti kun yksityiskohtaisilla suunnitelmilla saadaan aikaan muutosta, niin muutoksia mitataan ja arvioidaan. Korjaavat toiminnot ovat osa jatkuvan parantamisen prosessia. Pyritään tunnistamaan jatkokehittämismahdollisuuksia. Yksityiskohtaiset korjaavat toiminnot palautetaan lyhyen aikavälin syklin alkuun syötteenä "Luo ja hio implementointisuunnitelma"-kohtaan, josta ne voidaan ottaa käyttöön seuraavan organisaatiotason suunnitelman iteroinnissa. Tätä perusteellisemmän tason muutokset palautetaan pitkän aikavälin sykliin, jossa tehdään tarvittavia muutoksia organisaation rakenteeseen ja käyttäytymiseen. (Bozdogan ym., 2000, s. 56.)

Bozdogan ym. (2000) transformaatiomalli ei ole ainoa kirjallisuudessa esitetty. Vastineeksi Liker (2004, s. 302) määrittelee 13 ohjetta, joita voi käyttää yrityksen muuntamisessa Leanin mukaiseksi. Ohjeet kuvataan seuraavassa lyhyesti.

Muutos kannattaa aloittaa teknisestä järjestelmästä ja täydentää sitä nopeasti kulttuurin muutoksella. TPS:n sosiaaliset ja tekniset järjestelmät ovat toisiinsa läheisesti liittyviä, ja yrityksen halutessa muuttaa kulttuuriaan tulee sen kehittää myös aitoja Lean-johtajia, jotka kykenevät vahvistamaan ja johtamaan kulttuurin muutosta. Johtajilta vaaditaan sitoutumista arvovirran kartoitukseen



sekä lattiatason muutokseen, jotta he oppivat havaitsemaan hukkaa. (Liker, 2004, s. 302.)

Likerin (2004) mukaan yksi yleinen virhe Lean hankkeiden aloittamisessa on tehdä opetuksesta liian teoreettista ja PowerPoint-esityksiin perustuvaa. Toyotan tapa tarkoittaa oppimista tekemisen kautta, ja Likerin mukaan erityisesti alkuvaiheessa opetuksen tulisi olla vähintään 80 % tekemistä ja 20 % muuta teoreettisempaa koulutusta ja informointia. Toyotan tavan mukainen lähestyminen asettaa ihmiset erilaisiin ongelmatilanteisiin ja antaa heidän itsensä löytää omat ratkaisunsa.

Liker (2004, s. 303) kehottaa ottamaan käyttöön aluksi arvovirtapilottiohjelman, jolla voidaan havainnollistaa Leania järjestelmänä ja tarjota mahdollisuus nähdä hyödyt käytännössä. Tämä tarkoittaa sitä, että tietyn tuoteperheen määrittämän arvovirran sisällä luodaan malli. Tämä malli sisältää kokonaisen työkalujärjestelmän ja lopulta henkilöstökäytäntöjen toteuttamista siten, että se tarjoaa myös muille yrityksen työntekijöille mahdollisuuden nähdä Leanin käytännössä ilman, että heidän tarvitsee mennä tutustumaan siihen johonkin muuhun yritykseen. Tehtaissa malli rakennetaan yleensä yhden Lean-tuotelinjan ympärille alkaen raaka-aineiden vastaanottamisesta ja päättyen valmiisiin hyödykkeisiin. Palveluorganisaatiossa taas malli on joku kokonainen liiketoimintaprosessi alusta loppuun yrityksen rajojen sisällä. (Liker, 2004, s. 303.)

Arvovirran kartoitusta tulisi soveltaa tulevan tilan visioita kehitettäessä. Arvovirran kartoitus on menetelmä, joka näyttää selkeästi kaavion muodossa materiaalin ja informaation etenemisen. Nykyisen tilan karttaa, tulevan tilan karttaa ja toteutussuunnitelmää kehitettäessä tulisi käyttää laaja-alaista ryhmää, joka sisältää sekä prosessiin liittyviä johtajia että työntekijöitä. Näin tiimi oppii parhaiten, kun se oppii yhdessä näkemään hukkaa nykyisessä tilassa, ja tulevan tilan karttaa selvittäessä he pääsevät yhdessä soveltamaan Lean-työkaluja ja -filosofiaa. (Liker 2004, s. 303.)

Huomioitavaa tässä vaiheessa on se, että arvovirran kartoitus tulisi tehdä vain tiettyihin tuoteperheisiin kerralla, jotka muutetaan välittömästi. Useimmat koko tehtaan ja sen kaikkien tuotteiden osalta toteutetut kartoitukset päätyvät valtavaan määrään dataa ja kaaokseen. (Liker 2004, s. 303.)

Kaizen-työpajoja (inkrementaalinen jatkuva parantaminen) käytettäessä on mahdollista kouluttaa ihmisiä ja tehdä nopeita muutoksia toimintaan. Saalessaan aikaa ja tukea johtajatasolta oikeanlaiset ja motivoituneet ihmiset sisältävä Kaizen-työpaja vapauttaa monialaisen tiimin tekemään viikossa muutokset, jotka voisivat muutoin viedä kuukausia. Kaizen-työpajat toimivat parhaiten, kun niitä käytetään yhtenä työkaluna tulevan tilan arvovirtakartoituksen osoittamien parannusten toteuttamisessa, eikä niin kutsutussa "piste-kaizenissa" eli yksittäisten ongelmien korjaamisessa, ilman perustavan laatuisen arvovirran suoristamista. (Liker, 2004, s. 304.)

Useimmat organisaatiot ovat organisoineet johtoportaanensa tietyn prosessin tai toiminnon mukaan. Tehdasympäristössä esimerkkejä tällaisesta ovat maalausosaston johtaja, kokoonpano-osaston johtaja ja huolto-osaston johtaja. Näin ollen johtajilla on vastuullaan vain yksi vaihe prosessista, jossa luodaan

arvoa asiakkaille, eikä kukaan ole vastuussa arvovirrasta. (Liker, 2004, s. 304.) Likerin (2004, s. 304) mukaan Womack ja Jones (2003) suosittavat erillisten arvovirtajohtajien luomista, joilla on täysi vastuu arvovirrasta ja jotka voivat vastata suoraan asiakkaalle. Yhdellä arvovirtajohtajalla on täysi käskyvalta kaikkiin resursseihin, joita valmistuksessa tai palvelussa tarvitaan.

Liker nostaa esille myös Womackin ja Jonesin (2003) toisen mallisen toteutuksen, jossa käytössä on matriisiorganisaatio. Organisaatiossa on edelleen osastopäälliköitä, mutta heidän lisäksi myös arvovirtapäälliköitä, jotka vastaavat Toyotan tavan mukaisia pääinsinöörejä. Molemmissa toteutuksissa viesti on sama; joku jolla on kunnolliset johtajuustaidot ja syvälinen ymmärrys tuotteesta ja prosessista, täytyy olla vastuussa prosessista, jossa luodaan arvoa asiakkaille, ja hänen täytyy olla tilivelvollinen asiakkaille. (Liker, 2004, s. 304.)

Likerin (2004, s. 304) mukaan muutoksen tulisi olla pakollista. Lean-transformaatio ei tule tapahtumaan lainkaan tai ainakaan kunnolla, jos yritys suhtautuu siihen mukavana vapaa-ajan harrastuksena tai vapaaehtoistyönä. Kriisi voi helposti laukaista Lean-hankkeen, mutta se ei ole välttämätöntä yrityksen muuttamiseksi. Kriisitilanteessa johdon ja työvoiman suhtautuminen Leaniin tulee varmasti olemaan vakavaa. Kuitenkin on useita onnistuneesti Lean-transformaation läpikäyneitä yrityksiä, jotka eivät ole olleet ongelmissa ja joissa yrityksen johto on puolustanut parannusta jo etukäteen. Tärkeänä tulisi muistaa se, että Lean-johtajuus keskittyy nimenomaan pitkän tähtäimen oppimiseen. (Liker, 2004, s. 304.)

Suuria taloudellisia mahdollisuuksia selvitettäessä tulisi olla opportunistinen. Likerin (2004) painottaa koko ajan sitä, että Toyotan tapauksessa he keskittyvät prosessien parantamiseen luottaen siihen, että tämä parantaa taloudellisia tuloksia. Kun yritys ei vielä usko Lean-filosofiaan sydämensä pohjasta, on sille erityisen tärkeää saavuttaa joitain suuria voittoja. Kun valitaan oikea tuoteperhe ja kun käytössä on kokenutta Lean-asiiantuntemusta, ja asiana eteen tehdään vakavia ponnisteluja, on noin 100% mahdollisuus tehdä valtavia ja näkyviä parannuksia, jotka vakuuttavat kenet tahansa johtajista. (Liker, 2004, s. 304-305.)

Mittarit tulisi kohdistaa uudelleen arvovirran ympärille. Toyotan tapa käyttää mittareita poikkeaa monista muista yrityksistä huomattavasti. Toyotalla mittarit ovat kokonaisvaltainen työkalu, joilla seurataan yrityksen edistymistä, ja ne ovat avaintekijä jatkuvaan parantamiseen. Useimmissa muissa yrityksissä mittareita käytetään lähinnä lyhyen tähtäimen kustannustenhallintatyökaluina johtajille, jotka eivät ymmärrä syvällisesti johtamia asioita. Esimerkkinä tällaisesta on yritysten seuranta epäsuoran ja suoran työpanoksen suhteesta. Suhde saadaan näyttämään hyvältä teettämällä runsaasti suoraa työtä ja pitämällä ihmiset kiireisinä, vaikka he tuottaisivat ylituotantoa tai tekisivät turhaa työtä. Mikäli tähän tuodaan mukaan Toyotan rakenteen mukainen tiiminvetäjän apurooli, suhde vahingoittuu ja väärillä (ei Leanin mukaisilla) mittareilla mitattuna tämä voi johtaa jopa irtisanomisiin. Tämän takia tulisikin poistaa kaikki mittarit, jotka eivät ole Leanin mukaisia, ja jotka pilaavat niiden työn, jotka vakavissaan pyrkivät operatiivisen tason parantamiseen. Tämän jälkeen tulisi tehdä arvovirtamittauksia läpimenoajasta varastoasteisiin ja kerralla saatuun laatuun,

sekä suhtautua näihin mittauksiin yhtä vakavasti kuin työvoiman tuottavuuteen ja muihin lyhyen tähtäimen kustannuslukuihin. (Liker, 2004, s. 305.)

Jokaisen yrityksen tulisi kehittää oma tapansa perustan päälle rakentaen. Toyotan itsensäkin opettaessa muille yrityksille TPS:ää se vaatii näitä yrityksiä kehittämään oman järjestelmänsä. Oivalluksien ja perusperiaatteiden lainaaminen suoraan TPS:stä on hyödyllistä, mutta ne tulisi asettaa tuotantojärjestelmään tavalla, joka sopii yritykseen ja sen olosuhteisiin. (Liker, 2004, s. 305.)

Organisaation tulisi palkata tai kehittää Lean-johtajia ja kehittää seuraaja-järjestelmä. Johtajien tulisi tuntea perusteellisesti yrityksen tapa sekä uskoa siihen ja elää sen mukaisesti. Kaikkien johtajien tulee ymmärtää työ yksityiskohdaisesti ja tietää miten ihmisiä sitoutetaan. Mikäli ylin johto ei aja muutosta, sitä ei tapahdu. (Liker, 2004, s. 305-306.)

Yrityksen tulisi käyttää asiantuntijoita koulutukseen ja nopeiden tulosten saamiseen. Yritys tarvitsee "sensein", eräänlaisen opettajan, joka auttaa teknisissä asioissa ja antaa johtajille neuvoja, kun he tekevät jotain ensimmäistä kertaa. Tämä opettaja auttaa muutoksen teossa, hankkii tuloksia nopeasti ja pitää yrityksen jatkuvassa liikkeessä. Tämä ei kuitenkaan aina auta, jos halutaan Lean-organisaatio. Täytyy hankkia Lean-tietämystä yrityksen sisältä, tai palkata asiantuntijoita joilla on vähintään viiden vuoden Lean-kokemus, tai vastaavasti palkata ulkopuolisia asiantuntijoita konsulteiksi. Sisäinen tai ulkoinen asiantuntija voi käynnistää pikaisesti prosessin kouluttamalla henkilöstöä ja johtajia toiminnan kautta, mutta oppivan Lean-organisaation kehittämiseksi täytyy yrityksen kehittää sen sisäistä asiantuntemusta johtajien, parannusasiantuntijoiden ja ryhmänvetäjien kautta, jotka uskovat Leanin filosofiaan ja ovat valmiita levittämään sitä koko organisaatioon. (Liker, 2004, s. 306.)

Kuten yllä olevasta nähdään, Bozdoganin ym. (2000) ja Likerin (2004) esitykset ovat lähestymistavoiltaan erilaisia, mutta sisältävät silti myös paljon yhtäläisyyksiä. Bozdogan ym. (2000) on lähestymistavaltaan teknisempi ja kuvattu vaihe vaiheelta etenevänä kaavana, kun taas Liker (2004) korostaa enemmän omaa ajattelua, omaa oppimista, Lean-filosofiaa ja oman tavan kehittämistä Toyotan ideoiden ja perusperiaatteiden päälle.

## 2.4 Yhteenveto

Tämän luvun tarkoituksena oli kertoa teollisuustuotannon näkökulmasta mitä tarkoitetaan Lean ajattelulla, sen keskeisimmillä periaatteilla, mistä Lean on lähtöisin ja kuinka yrityksen toiminta voitaisiin transformoida Lean-periaatteiden mukaiseksi.

Luvussa esiteltiin Leanin alkuperää Ohnon (1988), Likerin (2004), Womackin ym. (1990) sekä Womackin ja Jonesin (1996, 2003) mukaan. Kirjallisuudessa Lean-ajattelun periaatteet esitetään hyvin samantyyppisesti viisi avainperiaatetta ja hukka keskeisimpinä kohtina.

Luvussa esiteltiin myös toiminnan transformointia Lean-periaatteiden mukaiseksi ja siihen liittyviä haasteita, sekä transformaatio-ohjeistoa ja -malleja.

Transformaatiohaasteita esiteltiin Bozdogan ym. (2000) mukaan, ja näissä yleisenä ajatuksena haasteiden taustalla nousi esiin epävarmuuden, epätietoisuuden ja muutoksen mukaan tuomat ajatukset. Transformaatiomalleista esiteltiin Bozdogan ym. (2000) ja Liker (2004). Molempien mallien tarkoituksena on ohjata yritystä muuttamaan toimintaansa Lean-periaatteiden mukaiseksi, mutta mallien lähestymistapa on hieman erityyppinen. Karkeasti yleistäen Bozdogan ym. (2000) on suoraviivaisempi malli, joka etenee järjestelmällisesti vaihe vaiheelta. Liker (2004) on puolestaan enemmän kokoelma erinäisiä ajatuksia ja ohjeistoa, jonka ympärille yrityksen tulisi itse rakentaa oma transformaatio suunnitelmansa.

### 3 LEAN OHJELMISTOTUOTANNOSSA

Tässä luvussa käydään läpi mitä tarkoitetaan Leanilla ohjelmistotuotannossa ja mistä se on saanut alkunsa. Luvussa esitetään myös, miten Lean ohjelmistotuotannossa eroaa teollisuuden yhteydessä käytetystä Leanista tutustumalla sen ohjelmistotuotannon pääperiaatteisiin. Luvun lopussa kerrotaan myös, miten transformaatio nykyisistä kehitysmenetelmistä tehtäisiin Lean ohjelmistotuotannoksi, sekä mitä hyötyjä ja kustannuksia Leanin käytössä on havaittu.

#### 3.1 Tausta

Lean-ajattelua on alettu soveltaa myös ohjelmistoteollisuudessa. Ensimmäisiä kattavampia ohjelmistotuotantoon tehtyjä tulkintoja Lean-ajattelusta sisältyi Mary ja Tom Poppendieckin (2003) kirjaan. Tästä on tehty myös uudistettu esitys (Poppendieck & Poppendieck, 2006). Muita tunnettuja Leania ohjelmistotuotannon näkökulmasta tutkivia teoksia ovat muun muassa Middleton (2010), Middleton ja Sutton (2005), Antonovich, Sheyko, Katumba (2010).

Ohjelmistotuotanto eroaa monilta osin autojen valmistuksesta, ja siksi onkin huomattava, ettei Lean-käytänteitä teollisuudesta voi suoraan implementoida ohjelmistotuotantoon. Useat yritykset Lean-tuotannon käytänteiden implementoinnista suoraan ohjelmistotuotantoon ovat epäonnistuneet näiden alojen erilaisen luonteen takia. (Poppendieck & Poppendieck, 2003, s. 15.)

Poppendieck & Poppendieck (2003, s. 15) mukaan ohjelmistotuotanto ei ole tuotantoprosessi, vaan kehitysprosessi. Näiden kahden eroa voidaan kuvata vertaamalla ruuan valmistukseen. Kehitys voidaan ajatella ikään kuin ruokareseptin tekemisenä. Tuotanto taas on jo valmiin reseptin ohjeiden seuraamista, kuten teollisuudessakin jo valmiin tuotteen monistamista. Reseptin tai ohjelmiston kehitys on oppimisprosessi, johon sisältyy kokeilua ja virheitä, mutta näin tekemällä pyritään saavuttamaan lopputuloksena paras mahdollinen ateria tai ohjelmistotuote. (Poppendieck & Poppendieck, 2003, s. 15.)

Aivan kuten teollisuuden tuotannossakin, niin myös ohjelmistotuotannossa on hukkaa. Kuusela ym. (2011) määrittelee Poppendieckin ja Poppendieckin (2003, 2006) mukaan ohjelmistotuotannon seitsemän erityyppistä hukkaa seuraavasti:

- *Osittain tehty työ* (Partially done work): Osittain tehty työ on jotain mikä ei ole tehty vielä valmiiksi. Esimerkiksi testaamaton koodi, dokumentoimattomat tai ei ylläpidetyt liiketoiminta päätökset.
- *Ylimääräiset ominaisuudet* (Extra features): otain mikä ei ole oikeasti vaadittu.
- *Uudelleen oppiminen tai tiedon hukka* (Relearning / a waste of knowledge): Esimerkiksi aiemmin tehtyjen päätösten unohtaminen tai jo aiemmin yritettyjen ja epäonnistuneiden ratkaisujen uudelleen kokeileminen. Tiedon hukkaa on myös kyvyttömyys hyödyntää muiden ihmisten omaavaa tietoa.
- *Tuotteen luovutukset* (Handoffs): Tiedon / työn siirtäminen toiselle henkilölle joko kesken prosessin tai siirtyessä prosessista toiseen. Luovutus voi aiheuttaa hiljaisen tiedon katoamista ja tiedon vääristymistä.
- *Tehtävien vaihdot* (Task switching): Tehtävien vaihdot kesken prosessin esimerkiksi useaa eri projektia yhtäaikaaisesti toteutettaessa.
- *Viivästykset* (Delays): Jonkin ei valmiin tai toimimattoman odottaminen johtaa viivästyksiin.
- *Viat* (Defects): Jokin jo kehitetty ominaisuus tai toiminto joka ei täytä annettuja tavoitteita, tai on jotain muuta kuin sen piti olla. Esimerkkeinä tällaisesta ovat muun muassa ohjelmavirheet ja väärin implementoidut liiketoimintavaatimukset.

### 3.2 Periaatteet

Hibbsin, Jewettin ja Sullivanin (2009, s.16) mukaan Poppendieckien kirjoittamat (2003, 2006) olivat ensimmäiset kattavammat perusteokset aiheesta, joita useat kirjoittajat ovat käyttäneet pohjana omissa teoksissaan. Koska näitä teoksia pidetään kattavina perusteoksia aiheesta, niin tässä luvussa tarkastelemme Lean ohjelmistokehityksen periaatteita heidän mukaansa. Poppendieck ja Poppendieck (2006, s. 23-24) määrittelevät kirjoissaan seitsemän Lean ohjelmistotuotantoon soveltuvaa peruseriaatetta, jotka kuvataan seuraavissa kappaleissa tarkemmin.

*Poista hukka* (Eliminate waste). Aivan kuten teollisuuden puolella, kaikki mikä ei tuota asiakkaalle arvoa tulisi pystyä poistamaan mahdollisimman pitkälle. Ohjelmistotuotannossa hukkaa ilmenee usein muun muassa osittain tehdyssä työssä ja ylimääräisten ominaisuuksien kehittämisessä. Laskelmien mukaan normaali käyttäjä käyttää vain noin kahtakymmentä prosenttia ohjelmis-

ton ominaisuuksista ja toiminnosta säännöllisesti. Arviolta kaksi kolmasosaa ohjelmistojen ominaisuuksista ja toiminnoista on todella harvoin käytettyjä. Näistä osin jopa täysin turhista ominaisuuksista ja toiminnoista aiheutuu koodin kompleksisuuden kasvua ja kertyy tuotannolle valtavat suhteelliset kulut niin ajassa, kuin rahassakin. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että 20% koodista tulisi tuottaa 80% asiakkaan kokemasta arvosta, ja siirtyä vasta tämän jälkeen seuraavaksi tärkeimpiin ominaisuuksiin. (Poppendieck & Poppendieck, 2006, s. 23-24.)

*Rakenna laatu ohjelman sisälle jo alussa* (Build quality in). Usein muissa kehitysmenetelmissä virheiden jäljitys ja niiden korjaus toteutetaan vasta testauksen yhteydessä. Leanin mukaisessa ohjelmistotuotannossa virheiden tunnistus ja korjaus tulisi toteuttaa välittömästi jo kehitysvaiheessa, ilman että niihin tarvitsi puuttua enää myöhemmin testauksen yhteydessä. Perimmäisenä ideana on siis sitoa kehitys ja testaus yhteen siten, että jo kehitettyä koodia testataan usein, vaikka tunnin tai parin välein, ja edetään vasta kun tämän osalta testaus on läpäisty. Viikon lopussa aikaansaatu jo alustavat kehityksen yhteydessä tehdyt testit läpäissyt koodi liitetään tarkempaan testaukseen. (Poppendieck & Poppendieck, 2006, s. 25-26.)

*Luo tietoa* (Create knowledge). Ohjelmistotuotanto on tietoa luova prosessi, mikä aiheuttaa omat haasteensa suunnittelun ja varsinaisen kehityksen välille. Vaikka yleinen arkkitehtuurikonsepti ohjelmistosta luodaan etukäteen, sen virallinen hyväksyntä tapahtuu vasta koodaamisen yhteydessä. Käytännössä yksityiskohtainen ohjelmiston suunnittelu tapahtuu vasta koodaamisen yhteydessä, vaikka se olisi dokumentoitu jo etukäteen. Aikaisin etukäteen toteutettu tarkka suunnittelu ei voi ottaa huomioon kompleksisuuden mukanaan tuomia haasteita tai itse ohjelmistokehityksen mukanaan tuomaa palautetta. Lean-organisaatio tietää, että sen tulee jatkuvasti kehittää prosessejaan, koska se toimii kompleksisessa ympäristössä, jossa ongelmia tulee aina. Kehitysprosessi joka on keskittynyt tiedon luomiseen, osaa odottaa suunnitelmien muuttuvan, eikä tuhlaa aikaa turhiin oletuksiin ja ennustuksiin, jotka eivät välttämättä tule käytännössä toteutumaan. (Poppendieck & Poppendieck, 2006, s. 29-30.)

*Lykkää sitoutumista* (Defer commitment). Ensiaputyöntekijät koulutetaan toimimaan paineen alla haastavissa, arvaamattomissa ja usein vaarallisissakin tilanteissa. He toimivat tiettyjen aikaikkunoiden sisällä tehdessään päätöksiä, siten että kriittiset päätökset pyritään lykkäämään mahdollisimman lähelle aikaikkunan loppua, jotta heillä olisi tässä vaiheessa käytössään mahdollisimman paljon ja mahdollisimman tarkkaa tietoa. Lean-ohjelmistotuotannossa tulisi peruuttamattomien päätösten osalta soveltaa tätä samaa ideaa. Huomattavaa on kuitenkin, että samaa menetelmää ei tule käyttää kaikissa päätöksissä, ja ensisijaista olisikin pyrkiä tekemään mahdollisimman monista päätöksistä peruutettavia. Täten tilanteen muuttuessa siihen pystytään vastaamaan mahdollisimman nopeasti tarvittavilla muutoksilla. Esimerkkinä tällaisista päätöksestä on kehitettävän järjestelmän aikaisessa vaiheessa tehdyt ominaisuudet. Niiden yhteydessä tulisi välttää päätöksiä, jotka lukitsevat järjestelmän kriittisten osien

suunnitelmat, joita on hankalaa ja ajallisesti sekä rahallisesti kallista korjata myöhemmin. (Poppendieck & Poppendieck, 2006, s. 32-33.)

*Toimita nopeasti* (Deliver fast). Yritykset, jotka pystyvät tuottamaan nopeasti, ovat onnistuneet poistamaan suuren määrän hukkaa prosesseistaan. Hukka taas maksaa yrityksille rahaa. Nopealla tuotannolla on etunsa myös siinä mielessä, että mikäli asiakkaan tilaama ominaisuus saadaan tuotettua nopeasti, hän ei ehdi muuttaa mieltään kesken tuotantoprosessin. Tällainen muutos johtaisi tuotannon osalta turhaan työhön ja kasvaneisiin kuluihin. (Poppendieck & Poppendieck, 2006, s. 34.)

*Kunnioita ihmisiä* (Respect people). Ihmiset pitävät menestyneiden tuotteiden parissa työskentelystä, ja menestyneiden tuotteiden taustalta löytyy usein loistavia johtajia. Yritys, joka kunnioittaa ihmisiä kehittää hyviä johtajia, jotka saavat tiimensä jäsenet sitoutumaan, ajattelemaan ja keskittymään loistavan tuotteen luomiseen. Jollakin tietyllä erityisalalla toimivan yrityksen tulisi itse kehittää teknistä asiantuntemustaan yrityksen sisällä paantaakseen kilpailuetuaan muihin nähden. Yrityksen ostaessa osaamista ulkopuolelta tähän samaan ostettuun osaamiseen pääsevät käsiksi myös kilpailijat. Yritykset jotka eivät näe tarvetta osaamisen kartuttamiselle ovat näistä kolmesta kaikkein heikoimmassa asemassa ilman kilpailuetua osaamisen kohdalla. Ihmisten kunnioittaminen tarkoittaa myös sitä, että tiimeille annetaan yleissuunnitelmat ja järkevät tavoitteet ja luotetaan siihen että he itseohjautuvasti saavuttavat tavoitteet. Suorien ja tarkkojen käskyjen sijaan kehitetään refleksiivinen organisaatio, joka ihmiset ajattelevat ja toteuttavat itse. (Poppendieck & Poppendieck, 2006, s. 36-37.)

*Optimoi kokonaisuus* (Optimize the whole). Ohjelmistotuotannolla on pitkään ollut taipumus osaoptimointiin (suboptimization), jossa on keskitytty vain pieniin osiin pilkottuihin palasiin ja niiden seuraamiseen. Ongelmana tässä on se, että usein näin toimimalla kokonaisuus jää vaille huomiota ja lähes takuuvarmasti koko arvovirta kärsii. Lean keskittyy optimoimaan kokonaisuutta, jossa huomioidaan koko arvovirta. Esimerkkinä tällaisesta on kahden osaston välinen vastuunsiirto tuotannossa. Molemmat osastot voivat pelkästään omaa tekemistään mittaamalla näyttää mittareiden mukaan hyvältä ja tehokkaalta. Kuitenkin tuotannon siirtyessä osastolta toiselle, voi tämä siirto olla juuri kyseinen ongelmakohta. Ellei kukaan ole vastuussa siirrosta osastojen välillä tai vastaamassa asiakkaalle, eli optimoimassa kokonaisuutta, ei tässä yhteydessä synnyvää hukkaa välttämättä huomata. (Poppendieck & Poppendieck, 2006, s. 38-39.)

Luvussa 2 on kuvattu teollisuuden osalta Lean-ajattelua ja Lean-tuotantoa. Verrattaessa Poppendieckin ja Poppendieckin (2003, 2006) teoksien Lean-ohjelmistokehityksen seitsemää peruseriaatetta Womackin ja Jonesin (2003) ja Likerin (2004) näkemyksiin ja periaatteisiin on nähtävissä selkeitä yhtäläisyyksiä. Poppendieck ja Poppendieck (2003, 2006) on ikään kuin ohjelmistotuotannon näkökulmasta muunneteltu yhdistelmä Womackin ja Jonesin (2003) länsimaisempaa teknisempää ja prosessikeskeisempää näkemystä sekä Likerin (2004), Ohnon (1988) ja Toyotan alkuperäistä japanilaisempaa ajattelua, oppimista ja filosofiaa korostavaa näkemystä.



Leania voidaan lähestyä ohjelmistotuotannossa myös suoraan Womackin ja Jonesin (2003) viiden Lean-ajattelun peruseriaatteen kautta. Middleton ja Sutton (2005) käyttävät tätä tapaa Lean-ohjelmistokehitystä käsittelevässä teoksessaan *Lean Software Strategies*. (Lehtinen, 2011, s. 33.)

### 3.3 Lean transformaatio

Siirtyminen perinteisestä toiminnasta Lean-ajattelun mukaiseen toimintaan ei ole ongelmattonta myöskään ohjelmistotuotannossa. Kuuselan ja Koivuluoman (2011) mukaan Middleton ja Sutton (2005) pitävät ohjelmistotuotantoa on yhtenä sopivimmista liiketoiminnan aloista, joka voidaan transformoida Lean-periaatteiden mukaiseksi. Kuuselan ja Koivuluoma (2011) mukaan tässä transformoinnissa voidaan käyttää yllä esiteltyjä Poppendieckin ja Poppendieckin (2003, 2006) Lean-periaatteita.

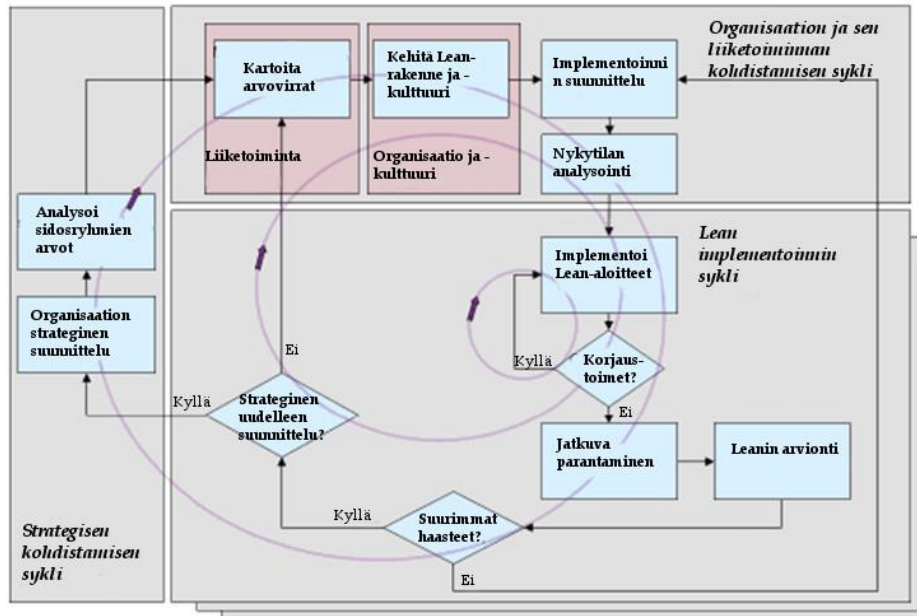
Mikäli yritys aikoo omaksua Lean ajattelun käyttöönsä, tarvitaan kokonaisvaltaista lähestymistä. Vain tämän seurauksena syntyy Lean-organisaatio. (Kuusela & Koivuluoma, 2011, s. 379.) Kuuselan ym. (2011, s. 8) mukaan Lean-transformaation toteuttaminen valmiiksi ja koko organisaation kattavaksi on yleensä vuosia kestävä prosessi. Tähän liittyen Hines ym. (2004) esittelee Womackin ja Jonesin (1996) kehittämän aikaikkunan globaalille Lean organisaatiolle, jonka transformaatioprosessi koko organisaation kattavaksi kestää jopa viisi vuotta. (Kuusela ym., 2011, s. 8.)

Lean transformaatiota voidaan lähestyä kahdesta eri näkökulmasta. Transformaatioon on olemassa askel askeleelta eteneviä ohjeistuksia sekä enemmän ajattelua painottavia ohjeistuksia. Bhasin & Burcher (2006) mukaan Lean on enemmän filosofia kuin strategia, ja tästä syystä Lean tulisi nähdä enemmän matkana ja ajattelutapana siitä kuinka nähdä liiketoiminta ja sen prosessit. Vastakohtana sille, että transformaatio toteutettaisiin tiukasti tiettyjä ennalta määrättyjä ohjeita käyttööseen tuomalla. (Kuusela et al., 2001, s. 8.) Tässä mielessä Bhasin & Burcherin (2006) näkemys Leanista on enemmän japanilainen ja filosofinen näkökulma, ja siinä on selviä viitteitä Likerin (2004), Ohnon (1988) ja Toyotan alkuperäiseen näkemykseen Leanista.

Kuuselan ym. (2011, s. 8) mukaan aiemmin esiteltyä Bozdogan ym. (2000) transformaatiomallia voidaan soveltaa hyvin myös ohjelmistotuotannossa, kunhan huomioidaan, että kyseinen malli on tehty organisaation näkökulmasta, eikä spesifisti vain ohjelmistoliiketoimintaa ajatellen. Tämä transformaatiomalli antaa Lean-transformaatiosta kiinnostuneille yrityksille hyvät vaihe vaiheelta etenevät ohjeet siitä, kuinka aloittaa, ylläpitää ja jatkuvasti kehittää toimintansa Lean-periaatteiden ja -käytänteiden mukaiseksi (Kuusela & Koivuluoma, 2011, s. 379).

Kuusela ja Koivuluoma (2011, s. 380) ovat kehittäneet oman transformaatiomallinsa ohjelmistotuotantoa ajatellen Bozdogan ym. (2000) transformaatiomalliin pohjalta. Malli koostuu kolmesta eri syklistä, joita ovat strategisen kohdistamisen sykli (strategic alignment cycle), organisaation ja liiketoiminnan

kohdistamisen sykli (organisational & business alignment cycle) ja lean implementoinnin sykli (lean implementation cycle). (Kuvio 2)



KUVIO 2. Kuusela ym. (2011) transformaatiomalli

Eniten aikaa vievä sykli on *strategisen kohdistamisen sykli*, joka vastaa hyvin pitkälti Bozdogan ym. (2000) transformaatiomallin sisäänkäynti- / paluusykliä. Sykli koskee organisaation korkeinta tasoa, jossa strateginen suunnittelu tapahtuu. Leanin koskiessa koko yritystä sen kaikilla tasoilla tulisi se huomioida jo suunnitteluvaiheessa, eikä vain liittää sitä erillisenä kokonaisuutena aiemman ja Leania huomioimattoman strategisen suunnitelman päälle. (Kuusela & Koivuluoma, 2011, s. 380.) Kuusela & Koivuluoma (2011, s. 380) painottavat tässä kohdissa myös päämäärien asettamista kaikille eri sidosryhmille, jotka voivat olla joko sisäisiä tai ulkoisia.

Toinen sykli, eli *organisaation ja sen liiketoiminnan kohdistamisen sykli* toteutetaan kun yrityksen strategiset päämäärät on asetettu ja hyväksytty ja syklillä on näin ollen sen tarvitsemat syötteet aloitusta varten. Verrattuna Bozdogan ym. (2000) transformaatiomalliin tämä sykli vastaa sen transformaatiomallin pitkän aikajänteen sykliä. Tässä syklissä sekä liiketoiminnan että organisaation kehittämiseen liittyvät asiat sekä suunnitellaan ja toteutetaan käytännössä. (Kuusela & Koivuluoma, 2011, s. 380.) Bozdogan ym. (2000) malli painottaa tässä syklin vaiheessa arvovirran tärkeyttä ja kehottaa toteuttamaan arvovirta kartoituksen siitä, kuinka asiakkaat saavat arvoa yrityksen arvovirrasta. Kuusela ja Koivuluoma (2011, s. 381) vievät tämän ajatuksen hieman pidemmälle ja ehdottavat, että nykypäivän jatkuvassa muutoksessa olevassa yritysmaailmassa ja -

ympäristössä tulisikin tutkia tarkasti eri asiakasarvoja, arvoverkostoja, liiketoiminta-analyyseja, ja tuottomalleja.

Kuuselan ja Koivuluoman (2011, s. 381) mukaan arvovirtojen kartoituksen lisäksi tässä syklin toisessa vaiheessa tulisi suorittaa Leanin rakenteellinen suunnittelu organisaation näkökulmasta sekä Leanin huomiointi yrityskulttuurissa.

Erona ym. (2000) malliin, jossa Leanin implementointisuunnitelman kehittäminen on sijoitettu kolmanteen, eli lyhyen aikajänteen sykliin, Kuusela ja Koivuluoma (2011, s. 381) ovat sijoittaneet tämän, sekä nykyisten prosessien ja toimintojen analysoinnin, kokonaan oman mallinsa toiseen sykliin. Kuuselan ja Koivuluoman (2011, s. 381) mukaan Bozdogan ym. (2000) transformaatiomalli on vaihe vaiheelta etenevä malli, jonka tulisi edetä lineaarisesti, mutta he kuitenkin kertovat, että syklien välisissä siirtymissä joitain vaiheita, kuten Lean implementointisuunnitelma, on mahdollista toteuttaa ikään kuin kahden eri syklin risteymässä.

Kolmas sykli, eli *Lean implementoinnin sykli* voidaan aloittaa, kun päästrategian, organisaation ja liiketoiminnan kohdistamista koskevat päätökset on tehty ja operaatioiden nykytila on määritelty. Tämä transformaatiomallin sykli on verrattavissa Bozdogan ym. (2000) transformaatiomallin lyhyen aikajänteen sykliin. Lean-implementointi koostuu lyhyen tähtäimen toiminnoista ja keskittyy jatkuvaan toimintojen parantamiseen tiimin tai yksikön sisällä. Tässä kolmannessa syklissä tulisi myös huomioida, josko suurille tai pienille korjaaville toimenpiteille on tarvetta. (Kuusela & Koivuluoma 2011, s. 381.)

Vaikka strateginen suunnittelu on nimenomaan pitkän tähtäimen muutoksia varten luotu, tulisi transformaatiomallin kolmannessa syklissä ajoittain pohtia, onko jatkossa tarvetta päivittää strategista suunnitelmaa nykyhetken tietoja vastaavaksi. Useissa, etenkin suurissa yrityksissä eri toiminnoille on kokonaan omat yksikkönsä tai osastonsa. Mikäli yritys rakenne koostuu eri osastoista tai yksiköistä, niin kolmannen syklin toiminnot tulisi toteuttaa näissä yksiköissä yhtäaikaaisesti rinnakkain. (Kuusela & Koivuluoman, 2011, s. 381.)

Kuuselan ja Koivuluoman (2011) transformaatiomallin kolmas sykli on näin ollen hyvin pitkälti Bozdogan ym. (2000) transformaatiomallia vastaava, pois lukien Kuuselan ja Koivuluoman (2011) mallissa toiseen sykliin siirrettyjä implementointisuunnitelmaa ja nykytilan analysointia.

### 3.4 Leanin hyötyjä

Kuuselan ym. (2011) mukaan useat eri lähteet kuten Middleton (2001) ja Fujitsu (2010) ovat sitä mieltä, että oikein toteutetulla Leanilla on monia etuja verrattuna perinteisempiin lähestymistapoihin. Middletonin (2001) mukaan Lean-ajattelu liiketoiminnassa voi vähentää virheiden määrää jopa yhteen per miljoona tuotettua osaa sekä vähintään kaksinkertaistaa tehokkuuden, niin teollisessa tuotannossa kuin palvelutuotannossakin, sekä vähentää tuotantoaikaa ja

täten johtaa kustannussäästöihin. Yleisellä tasolla Lean johtaa selkeään ja kokonaisvaltaiseen toiminnan paranemiseen. Fujitsun (2010) raportoimat tulokset antavat samansuuntaisia tuloksia. Heilläkin Leanin käyttö on nostanut tuottavuutta 30 %. (Kuusela et al., 2011, s. 11.)

Bozdoganin ym. (2000) mukaan ne yritykset, jotka ovat onnistuneet Lean transformaatioissaan, ovat niitä yrityksiä, joissa transformaatioon on otettu kokonaisvaltainen ote. Näissä yrityksissä transformaatio on nähty koko organisaation kattavana ja toimintaa sekä toimintoja perusteellisesti muuttavana toimenpiteenä, joka sisältää organisaatorakenteen, liiketoiminta ja tietojärjestelmien, työvoimapolitiikan ja sidosryhmien välisten järjestelmien ja suhteiden muutoksen. (Kuusela ym., 2011, s. 11.)

Kuusela ym. (2011) mukaan Bozdogan ym. (2001) ovat sitä mieltä, että vaikka näistä yrityksistä ei ole tarkkoja mittaustuloksia on niiden lopputuloksissa nähtävissä seuraavia selkeitä yhtäläisyyksiä, joita onnistuneelta transformaatiolta odotetaan:

- Asiakkaan äänestä tulee yrityksen vetävä voima, joka johtaa selkeisiin parannuksiin tuotannon laadussa, organisaatorakenteessa, tuotantoprosesseissa, menettelytavoissa ja yleisessä käyttäytymisessä.
- Uusien tuotteiden kehitysaika pienenee merkittävästi.
- Suhteet toimittajiin muuttuvat täysin uudellaisiksi.
- Muuttuviin markkinaolosuhteisiin vastaaminen paranee.
- Organisaatorakenne muuttuu vertikaalisesta horisontaaliseksi, joka johtaa arvoa lisääviin toimiin asiakkaan arvovirrassa.
- Työvoima on voimaantunutta.
- Parantuneet liikevoittomarginaalit ja kasvanut joustavuus tuo lisää uusia liiketoimintamahdollisuuksia nykyisillä ja uusilla markkinoilla.

Huomioitavaa on, että yllä olevat tulokset eivät ole spesifisti ohjelmistotuotantoalalta tutkittuja ja mitattuja, vaan yleisesti eri teollisuuden ja palvelutoiminta aloilta kerättyjä havaintoja. Kuitenkin tulee ottaa huomioon, että kuten Kuusela ja Koivuluoma (2011) nostavat esille Middletonin ja Suttonin (2005) mielipiteen siitä, että ohjelmistotuotanto on yksi sopivimmista liiketoiminnan aloista, joka voidaan transformoida Lean-periaatteiden mukaiseksi. Näin ollen ei aiemmissa tutkimuksissa ole havaittavissa ainakaan yhtä selkeää syytä siitä, miksi edellä mainittuja tuloksia ei voitaisi odottaa myös ohjelmistotuotantoalan yrityksiltä. Erityisesti kun huomioidaan, että Poppendieckin ja Poppendieckin (2003, 2006) mukaan perinteisissä ohjelmistotuotannon prosesseissa on havaittavissa selkeää hukkaa.

### 3.5 Leanin kustannuksia

Lean-implemointi ei yleensä vaadi juurikaan rahallisia lisäinvestointeja, vaan sen kustannukset syntyvät lähinnä investoinneista koulutukseen ja harjoitteluun. Joissain yrityksissä ja olosuhteissa joudutaan kuitenkin panostamaan myös tuotantovälineistöön, jotta saadaan käyttöön riittävän luotettava ja informaation virtausta yrityksen läpi edistävä välineistö (Bozdogan ym., 2000, s. 12)

Cusumanon (1994) mukaan tietyissä olosuhteissa Lean-implemointinilla voi olla myös negatiivisia vaikutuksia niin yrityksen sisällä kuin sen ulkopuolella. Esimerkkeiksi tällaisista Cusumano (1994) nostaa juuri oikeaan aikaan varastoon tuotavat raaka-aineet, jotka saattavat johtaa kuljetusten kokonaismäärän kasvamiseen ja tätä kautta liikenteen ruuhkautumiseen ja suurempiin päästöihin. Samoin raaka-ainetoimitusten viivästyessä ja varaston ollessa minimissä voi tilanne johtaa siihen, että tuotantolaitoksella odotellaan toimitettomana kuljetuksen saapumista. Mikäli tätä ilmaantuu toistuvasti, voi lopputulos johtaa siihen, että tuotantoa joudutaan siirtämään ulkomaille asti, jotta löydetään riittävän luotettavat raaka-aineiden toimittajat. (Kuusela ym., 2011, s. 12.).

Hines ym. (2004) toteavat Lean kriittisyyttä olleen niin pitkään kuin Lean on ollut olemassa. Lean ajattelu on kuitenkin kehittynyt aikojen saatossa ja siinä olleita puutteita on onnistuttu paikkaamaan. Usein kriittinen ajattelun pääkohdat ilmenevät puutteena ymmärtää epävarmuutta, ihmisenäkökulmaa, strategista näkökulmaa ja muutoksen kanssa toimeen tulemistä (Kuusela ym., 2011, s. 12.).

### 3.6 Yhteenveto

Tässä luvussa esitettiin mitä Leanilla tarkoitetaan ohjelmistotuotannossa ja mistä se on saanut alkunsa. Luvussa esitettiin myös miten Lean ohjelmistotuotannossa eroaa teollisuuden yhteydessä käytetystä Leanista, ja kuinka ohjelmistotuotanto voitaisiin transformoida Lean-periaatteiden mukaiseksi. Luvussa esitettiin myös ohjelmistotuotannossa käytetyn Leanin havaittuja hyötyjä ja kustannuksia.

Ensin tarkasteltiin ohjelmistotuotannossa käytettyä Leania tutustumalla sen pääperiaatteisiin pääosin Mary ja Tom Poppendieckin näkemysten mukaan. Poppendieck ja Poppendieck (2003, 2006) teoksia on pidetty ohjelmistotuotannossa käytetyn Lean-ajattelun ensimmäisinä kattavimpina teoksina. Poppendieckien mukaan ohjelmistotuotanto eroaa teollisuuden prosesseista olemalla tuotantoprosessin sijaan kehitysprosessi, ja näin ollen vaatii tarkennuksia ohjelmistotuotannon näkökulmasta. Aivan kuten teollisuustuotannossa, niin ohjelmistotuotannossakin on havaittu hukkaa. Tarkemmin prosesseihin tutustumalla Poppendieckit ovat tunnistaneeet ohjelmistotuotannossa seitsemän erityyppistä hukkaa, sekä kehittäneet seitsemän peruseriaatetta Lean ohjelmistokehitykselle. Poppendieckien tunnistamat hukat ja peruseriaatteen eivät eroa

kuitenkaan teollisuuden puolen vastaavista kovinkaan merkittävästi, vaan ovat ikään kuin ohjelmistotuotannon näkökulmasta tehty tarkempi kuvaus Leanista. Verrattuna teollisuustuotannon yhteydessä käytettyihin näkemyksiin Leanista Poppendieckien näkemystä voidaan pitää ikään kuin yhdistelmänä prosessikeskeisempää ja suoraviivaisempaa Womackin ja Jonesin (2003) näkemystä, sekä niin sanottua japanilaisempaa Ohnon (1988) ja Likerin (2004) näkemystä. Poppendieckien näkemys Lean ohjelmistotuotannosta ei kuitenkaan ole ainoa, vaan muun muassa Middleton ja Sutton (2005) lähestyvät Lean ohjelmistotuotantoa suoraan Womackin ja Jonesin (2003) perusperiaatteiden kautta.

Luvussa esiteltiin myös ohjelmistotuotannon transformointia Lean-periaatteiden mukaiseksi. Luvussa esitettiin kaksi eri transformaatiomallia, jotka ovat Bozdogan ym. (2000) sekä Kuusela ja Koivuluoma (2011). Tarkemman tutustumisen jälkeen mallit osoittautuivat hyvin samankaltaisiksi, ja suurimpana erona Kuusela ja Koivuluoma (2011) olivat nostaneet esiin vapaamman siirtymisen syklistä toiseen, siten että osa syklien vaiheista voidaan toteuttaa yhtäaikaaisesti rinnakkain. Bozdogan ym. (2000) on tähän verrattuna suoraviivaisesti vaiheesta toiseen etenevä.

Oikein toteutetulla Lean-lähestymistavalla on havaittu olevan monia hyötyjä. Kuusela ym. (2011) mainitsee hyödyiksi muun muassa tehokkuuden ja tuottavuuden merkittävän kasvun, sekä Leanin johtamisen selkeään ja kokonaisvaltaiseen toiminnan paranemiseen. Hyötyjen lisäksi Leanilla on havaittu olevan kustannuksia myös ohjelmistotuotannon puolella. Kustannuksista Kuusela ja Koivuluoma (2011) sekä Bozdogan ym. (2000) nostavat esille muun muassa Lean-implementoinnin aiheuttamat investoinnit koulutukseen ja harjoitteluun.

## 4 Yhteenveto

Tutkielman tarkoituksena oli esittää kirjallisuuteen perustuva kuvaus siitä, mitä Lean-ajattelulla tarkoitetaan ja miten transformointi Lean-periaatteiden mukaiseen toimintaan voidaan toteuttaa ohjelmistotuotannossa. Tutkielmassa esiteltiin ensin Leanin peruseriaatteet, Lean-ajattelu ja toiminnan transformointi teollisuustuotannon näkökulmasta josta Lean alun perin on lähtöisin. Tämän jälkeen tutkielman pääluvussa esiteltiin samat kohdat ohjelmistotuotannon näkökulmasta.

Tutkielman tutkimusongelma oli *”Miten Lean-ajattelu sopii ohjelmistotuotantoon?”*. Tutkimusongelma oli jaettu kolmeen tutkimuskysymykseen: Mikä on Lean-ajattelun tausta ja sisältö? Mitä tarkoitetaan Lean-ajattelulla ja -periaatteilla ohjelmistotuotannossa? Miten transformaatio Leanin mukaiseen toimintaan voidaan tehdä ohjelmistotuotannossa?

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoitus oli selvittää mistä Lean on lähtöisin ja mikä sen sisältö on? Lean on alun perin Toyotan autoteollisuuden 1940-luvulla kehittämä teollisuuden tuotantomenetelmä. Kirjallisuudessa Leanin perusteoksina pidetään Toyotan alkuperäistä dokumentaatiota, jonka pohjalta Ohno (1988) on julkaistu kirjana. Maailmanlaajuisesti Lean tuli kuitenkin tunnetuksi vasta 1990-luvulla Womack ym. (1990) sekä Womackin ja Jonesin (1996) teoksien myötä. Lean kehitettiin nimenomaan tehostamaan tuotantoa ja sen perimmäisenä ajatuksena onkin tuottaa mahdollisimman vähällä mahdollisimman paljon. Lean perustuu viiteen pääperiaatteeseen, joita ovat arvo, arvovirta, virtaus, imu ja täydellisyys. Helpoin ja eniten Leanin yhteydessä käytetty keino arvon ja tuottavuuden lisäämiseksi on hukkan eliminointi. Tuotantoprosesseissa on havaittu hukkaa. Hukka jakautuu kolmeen tyyppiin: Muda, Mura ja Muri. Mudalla tarkoitetaan lisäarvoa tuottamatonta toimintaa, jota on tunnistettu seitsemän perustyyppiä: ylituotanto, odottelu, tarpeeton kuljetus, ylikäsittely, liiallinen varasto, tarpeeton liike ja viat. Mura on epätasaisuudesta tai varianssista johtuvaa hukkaa. Murilla tarkoitetaan ihmisten, laitteiden tai järjestelmien ylikuormittamisesta johtuvaa hukkaa.

Toisen tutkimuskysymyksen tarkoitus oli selvittää mitä tarkoitetaan Lean-periaatteilla ja -periaatteilla ohjelmistotuotannossa. Tutkielmassa esiteltiin

Lean-ohjelmistotuotannon perusteoksina pidettävien Poppendieck ja Poppendieck (2003, 2006) teosten mukaan teollisuuden ja ohjelmistotuotannon prosessien eroavaisuudet. Koska nämä eroavat toisistaan huomattavasti, niin Poppendieckit ovat esittäneet Lean-periaatteet ohjelmistotuotannon näkökulmasta. Lean-ohjelmistotuotannon seitsemän perusperiaattetta ovat poista hukka, rakenne laatu ohjelman sisälle jo alussa, luo tietoa, lykkää sitoutumista, toimita nopeasti, kunnioita ihmisiä ja optimoi kokonaisuus. Ohjelmistotuotannossa, samoin kuin teollisuudessakin, on todettu olevan hukkaa. Ohjelmistotuotantoon on tunnustettu seitsemän erityyppistä hukkaa, joita ovat osittain tehty työ, ylimääräiset ominaisuudet, uudelleen oppiminen tai tiedon hukka, tuotteen luovutukset, tehtävien vaihdot, viivästykset ja viat. Mikäli verrataan näitä Poppendieckien näkemyksiä Womackin ja Jonesin (2003) tai Likerin (2004) näkemyksiin on havaittavissa selkeitä yhtäläisyyksiä. Poppendieckien näkemys on ikään kuin ohjelmistotuotannon näkökulmasta tehty yhdistelmä näitä molempia.

Kolmannen tutkimuskysymyksen tarkoitus oli selvittää, miten transformaatio Leanin mukaiseen toimintaan voidaan tehdä ohjelmistotuotannossa? Ohjelmistotuotantoa on pidetty yhtenä sopivimmista aloista, joka voidaan transformoida Lean-periaatteiden mukaiseksi. Siirtyminen Lean-periaatteiden mukaiseen toimintaan ei kuitenkaan aina ole täysin ongelmaton. Tämän takia avuksi onkin kehitetty erilaisia transformaatiomalleja ja -ohjeistoa. Lean-transformaation toteuttaminen valmiiksi ja koko organisaation kattavaksi on yleensä vuosia kestävä prosessi. Transformaatio-ohjeistoa tutkielmassa esittää Bhasin ja Burcherin (2006) näkemys, jonka mukaan Lean on enemmän filosofia kuin strategia. Tästä syystä Lean tulisikin nähdä enemmän matkana ja ajattelu-tapana siitä kuinka nähdä liiketoiminta ja sen prosessit sen sijaan, että noudatettaisiin tiettyjä ennalta määrättyjä ohjeita käyttöönotossa. Transformaatiomalleista tutkielmassa esiteltiin Bozdogan ym. (2000) sekä Kuusela ja Koivuluoma (2011). Mallit osoittautuivat pienillä eroavaisuuksilla hyvin samanlaisiksi. Molempien transformaatiomallit koostuvat kolmesta eri pääsyklistä, joita ovat strategisen kohdistamisen sykli (strategic alignment cycle), organisaation ja liiketoiminnan kohdistamisen sykli (organisational & business alignment cycle) ja lean-implementoinnin sykli (lean implementation cycle). Bozdogan ym. (2000) transformaatiomalli on vaihe vaiheelta lineaarisesti etenevä malli. Kuuselan ja Koivuluoman (2011) näkemys on että syklien välisissä siirtymissä on joitain vaiheita jotka voidaan toteuttaa syklien välisessä risteymässä.

Onnistuneen transformoinnin tuloksena Lean voidaan implementoida käyttöön nopeallakin aikataululla jopa suurissa yrityksissä siten, että voidaan saada aikaan ohjelmistotuotannon näkökulmasta näkyvää toiminnan parantamista sekä hukan eliminointia. Yhdessä nämä johtavat yrityksen liiketoiminnassa ajan ja kustannusten säästöön ja korkeampaan asiakkaan kokemaan tyytyväisyyteen ja arvoon.

Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää Lean-ajatteluun, Lean-periaatteisiin, Lean-ohjelmistokehitykseen ja Lean-transformaatioon tutustuesssa. Tutkielma antaa pohjan tutustua Leaniin ja sen keskeisimpien työkalujen



käyttöönottoon sekä Lean-transformaation toteuttamiseen teollisuustuotannossa ja ohjelmistotuotannossa. Tutkimuksessa käytetty lähdemateriaali on suurelta osin alan perusteoksina tunnettua materiaalia, jonka pohjalle myöhempi tutkimus ja kirjallisuus on rakennettu. Tämän tutkimuksen puitteissa ei ole mahdollisuutta käsitellä yksityiskohtaisesti kaikkia Lean-ohjelmistokehityksen kohtia, vaan tarkoitus on esittää tärkeimmistä kohdista tiivis yhteenveto.

Lähdemateriaalissa oli vain vähän tutkittua tietoa liittyen käyttökokemuksiin transformaation aikana tai sen jälkeen. On kuitenkin huomattava, että näiden tarkempi tarkastelu vaatisi varmasti oman tutkielmansa, jotta voitaisiin saada aiheesta riittävän kattava kuvaus. Leaniin liittyvät näkemykset eroavat myös jonkin verran toisistaan, ja tämä saattaa johtaa aiheeseen perehtyvää helposti harhaan, sekä johtaa jopa transformoinnin epäonnistumiseen. Suurimpana erona näkemyksissä on ero filosofisemman japaninaisen ja prosessikeskeisemmän länsimaisen näkemyksen välillä. Tutkielmassa on pyritty huomioimaan molemmat näkökulmat, sekä niiden suurimmat yhtäläisyydet ja erotaisuudet.

Tutkimuksen tuloksia tarkastellessa tulisi ottaa huomioon, että iso osa käytetystä lähdemateriaalista perustuu vain muutamahan alan perusteokseen. Ohjelmistotuotannon näkökulmasta Lean ja sitä koskevat tutkimukset ovat varsin nuoria eikä yleensä vuosia kestävien Lean-transformaatioiden tuloksista ole vielä suurta määrää tehtyä tutkimusta. Tutkielmasta on rajattu pois myös se, että ohjelmistotuotannossa Leania voidaan käyttää myös yhtäaikaisesti, joiden muiden Agile-käytänteiden rinnalla.

Osaksi näiden syiden perusteella ehdotankin jatkotutkimusaiheiksi kolme eri aihetta, jotka herättivät itsessäni ajatuksia tutkielmaa tehdessä. Nämä tutkimusaiheet ovat:

1. Spesifimpi nimenomaan ohjelmistotuotantoalalta tehty tutkimus Lean transformaation jälkeen saavutetuista hyödyistä ja haitoista.
2. Laadullinen tutkimus japanilaisen ja länsimaisen Lean näkemyksen käyttöönotosta. Mitä ongelmia, hyötyjä ja eroja näiden kahden näkemyksen välillä havaittu?
3. Määrällinen tutkimus suomalaisista Leania käyttävistä ohjelmistotuotantoyrityksistä. Paljonko yrityksiä on? Onko Lean käytössä missä prosesseissa? Onko Lean yhdistetty johonkin muihin tuotanto- tai kehitysmenetelmiin, kuten esim. Agileen?

## LÄHTEET

- Agile Alliance. (2001). Agile manifesto. Haettu 10.03.2013 osoitteesta <http://agilemanifesto.org/>
- Antanovich, A., Sheyko, A., Katumba, B., (2010) Bottlenecks in the Development Life Cycle of a Feature - A Case Study Conducted at Ericsson AB
- Bhasin, S., Burcher, P., (2006) Lean viewed as a philosophy, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 1 (17) , 56-72
- Bozdogan K., Milauskas R., Mize J., Nightingale D., Taneja A., Tonaszuck D., (2000) *Transitioning to a Lean Enterprise: A Guide for Leaders*, Volume 1 Executive Overview. Massachusetts Institute of Technology.
- Cusumano, M., (1994) The Limits of lean. *Sloan Management Review*, Summer 1994, s. 27-32.
- Fujitsu, (2010). Lean creates a solid platform for growth. <http://www.fujitsu.com/downloads/SVC/fs/casestudies/fujitsu-lean.pdf>
- Hibbs, C., Jewett, S., & Sullivan, M. (2009) *The Art of Lean Software Development*. O'Reilly Media Inc.
- Hines, P., Holweg, M., Rich, N., (2004) Learning to evolve. A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*. 24 (10).
- Kuusela, R., Huomo, T. & Korkala, M., (2011) Lean thinking principles for cloud software development. VTT Technical research center of Finland.
- Kuusela, R. & Koivuluoma M., (2011) Lean transformation framework for software intensive companies: responding to challenges created by the cloud. 37<sup>th</sup> Euro Micro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA), 378-382.
- Lehtinen, M. (2011) Lean-ohjelmistokehityksen käyttöönoton jälkeisiä ohjelmistokehitysnopeutta rajoittavia tekijöitä. Tietotekniikan pro gradu - tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Liker, J. K., (2004) *The Toyota way - Toyotan tapaan*. (Käännös 2010). Readme.fi
- Maglyas A., Nikula U., Smolander K., (2012) Lean Solutions to Software Product Management Problems. *IEEE Software*, 29 (5), 40-46.
- Mehta, M., Anderson, D. & Raffo, D., (2008) Providing Value to Customers in Software Development Through lean Principles. *Software Process Improvement and Practice*, 13, 101-109.
- Middleton P., (2001). Lean software development: two case studies. *Software Quality Journal* 9(4), 241-252.
- Middleton P., (2010). Lean software management: BBC worldwide case study. In Proc. of Lean Software & Systems Conference, Atlanta, s. 23-44.
- Middleton, P. & Sutton, J., (2005) Lean software strategies: Proven techniques for managers and developers. Kraus Productivity Organization Ltd.

- Ohno, T. (1988) Toyota production system beyond large-scale production. Diamond Inc.
- Parnell-Klabo, E., (2006) Introducing Lean Principles with Agile Practices at a Fortune 500 Company. In: Agile 2006 Conference, Minneapolis 23-28 June 2006.
- Perera, G. and Fernando, M. (2007). Enhanced agile software development: Hybrid paradigm with Lean practice. In International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS) 2007, s. 239-244.
- Poppendieck, M. & Cusumano M. (2012) Lean software development: A tutorial. IEEE Software, 29 (5), 26-32.
- Poppendieck, M. & Poppendieck, T., (2003) Lean software development: An agile toolkit. Addison-Wesley.
- Poppendieck, M. & Poppendieck, T., (2006) Implementing Lean software development: From concept to cash. Addison-Wesley.
- Rodrigues, P., Markkula, J., Oivo, M. & Turula, K., (2012) Survey on Agile and Lean usage in Finnish software industry. Proceedings of the ACM-IEEE international symposium on Empirical software engineering and measurement, s. 139-148
- Salo, O., (2006) Enabling Software Process Improvement in Agile Software Development Teams and Organisations. VTT Publications 618.
- Womack, J.P. & Jones, D.T., (1996) "More and more with less and less - less human effort, less equipment, less time, and less space - whilst coming closer and closer to providing customers with exactly what they want"
- Womack, J.P. & Jones, D. T. (2003) Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation, Revised and updated. Simon & Schuster Inc.
- Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (1990). The machine that changed the world. New York : Rawson Associates.