

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatio

2016

Joel Laiho

LEAN-HARJOITUKSEN SIMULOINTI

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatio

2016 | 39

Sakari Koivunen

Joel Laiho

LEAN HARJOITUKSEN SIMULOINTI

[Click here to enter text.](#)

Tämä insinööri työ käsittelee Lean-ajattelua, sen opetustyötä sekä tuotantoprosessin simulointia. Työssä käydään läpi pääperiaatteita Lean-ajattelusta sekä sen muutamaa työkalua, jotka esiintyvät luentotilaisuuksissa pelattavissa tuotantoa simuloivissa Lego-peleissä. Luennoilla pelatuista kierroksista tehdään tietokonesimulaatio perustuen kierrosten sääntöihin sekä tavoitteisiin.

Työssä perehdytään Lean-ajattelun keskeisiin periaatteisiin sekä tuotannonkehittämisen eri työkaluihin. Näitä työkaluja opetetaan pienille ryhmille Rekkatehdas-nimisen Lego-palikoilla tehtävän harjoituksen avulla. Harjoitusta sovelletaan opetustilanteeseen sopivaksi versioksi mukauttamalla kierrosten kulkua. Pelitilanteista mitataan tuloksia, joiden avulla kuvataan tuotantoprosessin kehitystä. Pelattujen kierrosten pohjalta tehdään tuotantoa kuvaava tietokonesimulaatio. Simulointityökaluna käytetään FlexSim-ohjelmistoa.

Työn tuloksena saavutettiin käytännönläheinen oppimisympäristö. Tuotantoprosessin erilaisia ongelmakohtia havainnoitiin konkreettisten esimerkkien avulla ja pelaajia haastettiin itsenäiseen ajatteluun sekä ongelmanratkaisuun.

ASIASANAT:

Lean-ajattelu, Rekkatehdas, FlexSim, simulointi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Machine Automation

2016 | 39

Sakari Koivunen

Joel Laiho

SIMULATING LEAN EXERCISE

[Click here to enter text.](#)

The topic of this thesis is Lean thinking, its use in education and the simulation of the production process. The thesis discusses the main principles of Lean thinking and a few tools that are used in lectures to simulate production with a Lego game. Computer simulations are based on the rules and objectives of the Lego game that have been played in the lectures.

The thesis focuses on the key principles of Lean thinking and the various tools of production development. These tools are taught to small groups with the help of a game played with Lego pieces. The name of this game is The Truck factory. The game needs to be customized so that it will be the best possible for lecture lectures. The results of the rounds of the game are measured, and the results are used to describe the development of the production process. Simulations describing the production process are made from the results of the played rounds. The FlexSim program was used in the creation of simulations.

As a result of this thesis a practical learning environment was created. A variety of problem areas were detected by means of concrete examples in the production process and the players were challenged to independent thinking and problem-solving.

KEYWORDS:

Lean-thinking, The Truck factory, FlexSim, simulation

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 META-ANALYYSI	7
3 LEAN-AJATTELU	10
3.1 Määritelmä	10
3.2 Asiakaslähtöisyys	12
4 LEAN-TOIMINNAN TAVOITTEET	14
4.1 Hukka	14
4.2 Virtaus	16
4.3 Imuohjaus	17
5 TYÖKALUT	19
5.1 Viisi kertaa miksi-analyysi	19
5.2 5S	20
5.3 Kanban	21
5.4 Just-In-Time	22
5.5 Tuotannon tasapainottaminen	23
6 REKKATEHDAS	25
6.1 Kierros 1	26
6.2 Kierros 2	28
6.3 Kierros 3	30
7 TUOTANNON SIMULOIMINEN	32
7.1 Yleistä	32
7.2 FlexSim	32
8 SIMULOINTI	34
8.1 Layout	34
8.2 Kierrosten toiminta	36
9 POHDINTA	38
LÄHTEET	39

KUVAT

Kuva 1. JIT vaikutus tuotannon eri osa-alueilla (Logistiikan maailma 2016).	23
Kuva 2. Tuotannon tasapainottaminen (Kouri 2009, 18).	24
Kuva 3. Erikoistilattu rekka-auto.	26
Kuva 4. Opiskelijat pelaamassa ensimmäistä kierrosta.	27
Kuva 5. Opiskelijat pelaamassa toista kierrosta.	29
Kuva 6. Kierroksen 1 Layout.	35
Kuva 7. Kierroksen 2 Layout.	35
Kuva 8. Kierroksen 1 tuotannon kulku.	36
Kuva 9. Kierroksen 2 tuotannon kulku.	37

TAULUKOT

Taulukko 1. Kierroksen 1 tulokset.	28
Taulukko 2. Kierroksen 2 tulokset.	30
Taulukko 3. Kierroksen 3 tulokset.	31

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia Lean-ajattelua ja opettaa pienille ryhmille Lean-periaatteita Rekkatehdas-nimisen pelin avulla. Tämän jälkeen pelissä pelatuista kierroksista tehdään simulaatio FlexSim-simulointiohjelmiston avulla. Simuloinnin tarkoituksena on esittää uudelleen pelitilanteissa esiintyneet pullonkaulat sekä ongelmakohdat.

Työssä tutustutaan Lean-ajatteluun sekä tarkastellaan Lean-konseptin pääperiaatteita ja toimintamalleja. Lisäksi työssä läpikäydään erilaisia työkaluja, joiden avulla lähdetään opettamaan tuotantoprosessia Lego-palikoista tehtävän pelin avulla. Peliä on muokattava, jotta se soveltuisi parhaiten luentojen pelitilanteeseen. Tämän jälkeen pelatuista kierroksista tehdään tietokonesimulaatio perustuen kahden ensimmäisen kierroksen sääntöihin sekä tavoitteisiin.

Tämä työ on jaettu neljään osioon. Ensimmäisessä osiossa tutkitaan kahta aikaisempaa aiheisiin liittyvää opinnäytetyötä ja tehdään niiden pohjalta Meta-analyysi. Toinen osio käsittelee Lean-ajattelua, sen peruskäsitteitä ja työkaluja. Kolmas osio koskee Rekkatehdas-peliä ja sen vetämistä keväällä 2014 aloittaneille konetekniikan opiskelijoille. Neljännessä osiossa käsitellään simulointia ja simuloidaan pelin kaksi ensimmäistä kierrosta FlexSim ohjelmistolla.

2 META-ANALYYSI

Meta-analyysin tavoitteena oli tutkia ja analysoida jo aikaisemmin tehtyjä opinnäytetöitä, joissa oli hyödynnetty Lean-ajattelua tuotannon simuloinnissa. Lisäksi tavoitteena oli tarkastella, mitä hyvää ja huonoa opinnäytetöissä on ja, näin ohjata omaa toimintaa oikeaan suuntaan. Valittavana oli useita vaihtoehtoja, joista valitsin Jukka Mattilan Tuotannonohjauksen tehostaminen simulaation avulla (Mattila 2011) sekä Jorma Astikaisen Toiminnan kehittämisen Lean-periaatteella (Astikainen 2014).

Opinnäytetyössään *Tuotannonohjauksen tehostaminen simuloinnin avulla* Jukka Mattila tutkii Lean-ajattelun avulla, millä keinoilla Skaalan ovitehtaan tuotantoa saataisiin tehokkaammaksi. Työn taustana on ovitehtaan tehostaminen tarpeettomia vaiheita karsimalla. Aloitustilanteessa ovitehtaan tuotannossa olevan maalauslinjaston jälkeen on välivarasto, joka sijaitsee kokoonpanolinjaston vieressä lattialla. Maalauslinjastosta tuleva materiaali nostetaan välivarastoon, josta se tarpeen mukaan nostetaan kokoonpanolinjastolle. Välivarasto vaatii paljon tilaa, teettää ylimääräistä työtä, sekä altistaa materiaalin kolhuille ja likaantumiselle. Alkuperäisessä suunnitelmassa maalauslinjastolta piti kulkea suora materiaalivirtaus kokoonpanolinjastolle.

Skaalan tilausohjautuva JIT-mallinen tuotanto sekä Lean-ajattelumalli tukevat ajatusta siitä, että ylimääräinen välivarasto tulisi tuotannon tehokkuuden takia välttää. Tämän takia Mattila keskittyy tutkimaan työssään maalauslinjaston ja kokoonpanolinjaston välisen varaston mahdollista poistoa. Tutkimuksissaan Mattila käyttää simulointimallia, jonka hän rakensi Visual Componentsin 3DCreaten avulla. Hän pyrkii saamaan materiaalivirran kulkemaan suoraan maalauslinjastolta kokoonpanolinjastolle hyödyntämällä tuotannosta jo kerättyä informaatiota, kuten läpimenoaikoja.

Johdannon jälkeen Mattilan työssä kerrotaan tuotantoon liittyvästä teoriasta. Teoriaosuudessa on käsitelty toiminnanohjausta ja siihen liittyvää teoriaa valmistussuunnitelmasta, tuotantokapasiteetista sekä läpäisyajasta. Lisäksi Mattila käsittelee samassa osuudessa massatuotannon, Lean managementin ja Just in time-

tuotannon perusteita. Teoriaosuuden jälkeen hän kertoo itse työvaiheesta, työkalusta sekä simulaation rakentamisesta 3DCreatella. Käsittelyn kohteeksi päätyy myös työpisteen mallintaminen, tuotemallintaminen ja niiden kautta ympäristön mallintaminen. Mattila kuvaa kolmen esimerkin avulla, miten 3DCreatella luodaan materiaalivirroille säännöt, kinematiikat sekä simulaatiomallin avulla saadut tulokset ja ratkaisut. Lopuksi Mattila pohtii työn onnistuneisuutta, Visual Componentsin 3DCreate-ohjelman sopivuutta työhön, simulaatiomallin sopivuutta, siitä saatuja tuloksia ja tulosten perusteella tehtyjen ratkaisujen toimivuutta.

Mattilan kirjoittama teksti on selkeää, ja hän on käyttänyt paljon kuvia ja kaavioita kuvaamaan haluttuja tietoja tai tehtyjä toimintoja. Tietoa prosessin eri vaiheista ja työn etenemisestä löytyy runsaasti, mutta Lean-ajattelua olisi voinut kuvata enemmän. Työn tarkoituksenahan oli nimenomaan hyödyntää Lean-toimintamallia prosessin kehittämisessä. 3Dcreatella tehty simulointi- ja ohjelmointiosuus on kattava ja hyvin kuvattu aina vaihe vaiheelta.

Jorma Astikainen kirjoitti opinnäytetyönsä toiminnan kehittämisestä *Lean-periaatteella*. Hänen työn päätavoite oli soveltaa pareto-analyysiä ja arvovirtakuvauksen laadintaa Okun Koneistuspalvelu Oy:n tuotannon eräälle tuoteryhmälle. Tämän tuoteryhmän tuotteet muodostavat merkittävän osan yrityksen tuotteista tulevista voitoista. Arvovirtakuvauksessa tuoteryhmän tuotanto kartoitettiin seuraamalla tuotannon kulkua raakamateriaalista valmiiksi tuotteeksi.

Astikaisen opinnäytetyön tavoitteena oli paikallistaa ja poistaa tuotannosta lean-ajattelun mukaiset arvoa lisäämättömät hukat, nopeuttaa läpimenoaikoja, ehkäistä varastojen syntyä sekä tasapainottaa tuotantoa. Hän loi arvovirtakuvauksen valitun tuoteryhmän nykytilasta, jonka avulla eri prosessivaiheita tarkasteltiin ja pyrittiin löytämään hukkaa aiheuttavat toiminnot.

Työssään *Toiminnan kehittäminen Lean-periaatteella* Astikainen esittelee Lean-ajattelun pääperiaatteita ja eri osa-alueita, kuten esimerkiksi Leanin tärkeintä osa-

aluetta hukkaa. Hukkaa hän kuvaa selvällä ja yksinkertaisella kuviolla. Kaaviosta näkee, mitkä kaikki Lean-ajattelu määrittää hukaksi ja kaavio antaa esimerkkejä niiden minimoimisesta. Itse tekemästä työstään Astikainen kertoo suppeammin ja hänen koko opinnäytetyönsä on pituudeltaan melko lyhyt.

3 LEAN-AJATTELU

Lean (engl. hoikka, niukka) on johtamisfilosofia, joka tuli tunnetuksi James Womackin ja Daniel Jonesin kirjoittaman, vuonna 1990 ilmestyneen menestyskirjan *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production* myötä. Teos kertoo, kuinka Toyota nousi autoteollisuuden huipulle uudenlaisen johtamistavan avulla. Lean on menetelmä, jonka tarkoituksena on koota yhteen erilaisia prosessien kehittämiseen ja laatuun liittyviä ajatuksia, sekä perustuu erityisesti asiakasarvon kasvattamiseen prosessin hukkaa ja turhia toimintoja vähentämällä. (Vuorinen 2013, 71.)

Kehittäminen Lean-ajattelun mukaisesti tarkoittaa sitä, että kun asiakkaan asettamat arvot on määritelty ja on tunnistettu, mitkä toiminnot tuottavat tai eivät tuota lisäarvoa tuotteelle tai palvelulle, pyritään eliminoimaan kaikki hukka ja järjestämään arvoa tuottavat toiminnot mahdollisimman sujuvaksi virtaukseksi (Logistiikan maailma 2016).

3.1 Määritelmä

Lean-ajattelu on lähtöisin Toyotan autotehtailta Japanista. Tällä hetkellä se on johtava tuotantoperiaate lähes kaikilla toimialoilla. Lean-toimintamalli on selkeästi mukana tuotannon organisoinnissa ja jatkuvassa kehitystyössä, sekä voimakkaasti sidoksissa yrityskulttuuriin ja henkilöstön osallistumiseen kehityshankkeissa. Yksinkertaisesti Lean-ajattelulla pyritään luomaan toimintaan tarkoituksenmukaisuutta, järkevyyttä ja täsmällisyyttä asiakasnäkökulmasta lähtien. (Kouri 2009, 6.)

Lean on työkalu, jonka tarkoituksena on koota yhteen useita näkemyksiä yhdeksi kokonaiseksi järjestelmäksi. Sen perimmäisenä ideana on auttaa organisaatiota keskittymään olennaiseen eli tuottamaan asiakkaalle lisäarvoa kustannustehokkaasti. Parhaan lisäarvon saavuttamiseksi pyritään minimoimaan hukkaa ja virheitä. (Vuorinen 2013, 72.)

Lean-ajattelun pääperiaatteena on keskittyä vain asiakkaalle lisäarvoa tuotaviin toimintoihin. Näihin toimintoihin keskittymällä säästetään runsaasti aikaa ja kustannuksia. Päähuomio pidetään ihmisten, organisaation ja tekniikan yhdistämisessä. Keskeistä on saada koko henkilöstön voimavarat valjastettua yrityksen käyttöön. Kehittämällä työmenetelmiä, poistamalla jalostamattomat vaiheet toimituksesta ja organisoimalla työt paremmin saavutetaan kustannussäästöjä, parempaa laatua ja kasvatetaan tuotannon nopeutta. (Kajaste & Liukko 1994, 8.)

Lean-toiminnan keskeiset periaatteet ovat (Kajaste & Liukko 1994, 8):

Johtamisperiaatteet

- Ihmiset tekevät tulokset yhteistyössä
- Selkeät tavoitteet, mittarit ja seuranta
- Pitkälle menevä tulosvastuullinen delegointi ja hajautettu organisaatio
- Monitoiminen ja yritteliäs henkilöstö
- Asiakkaan, omistajan ja henkilöstön yhteinen etu

Toimintatavat

- Perustana asiakkaalle tuleva lisäarvo
- Huomion kiinnittäminen kokonaisuuteen
- Jatkuva kustannusrakenteen keventäminen
- Tiedonkulun suoruus ja avoimuus
- Jatkuva oman toiminnan kehittäminen
- Joustavat ja nopeat toimitusketjut
- Henkilöressurssien järkevä yhdistäminen nykyaikaiseen tuotantotekniikkaan

Onnistuessaan Lean yhdistää uudenlaisen tuotantosysteemin uudenlaiseen organisaatiokulttuuriin. Useimmiten pelkkien toimintoihin liittyvien muutosten tekeminen ei johda pysyviin parannuksiin. Organisaatiokulttuuri pitää muuttaa jatkuvan kehittämisen ja täydellisyyteen pyrkimisen filosofiaa noudattavaksi. (Vuorinen 2013, 75.)

3.2 Asiakslähtöisyys

Asiakas määrittää kaikkien tuotteiden ja palveluiden arvon. Organisaation pitää tietä, mitä asiakas haluaa ja mistä ominaisuuksista hän on valmis maksamaan. Asiakasarvon tulee ohjata koko kehitystyötä alusta loppuun asti. (Vuorinen 2013, 73.)

Asiakkaalle aikaansaattava arvo on toiminnan kehittämisen lähtökohtana. Tämä arvo muodostuu kolmesta tekijästä: laatu, hinta ja aika. Näiden arvojen lisäksi tärkeitä tavoitteita ovat myös tuotteen toimitusvarmuus sekä yrityksen kyky reagoida muutoksiin. (Kajaste & Liukko 1994, 9.)

Asiakslähtöisyys ja lisäarvon tuottaminen asiakkaalle kiteytyy siihen, että yrityksen sisällä hahmotetaan mitkä toiminnot lisäävät arvoa asiakkaalle ja miten yrityksen voimavarat saadaan kohdistettua näihin toimintoihin. Arvoa kasvatettaessa suhteessa toiminnan kustannuksiin saadaan parannettua yrityksen kilpailukykyä ja varmistetaan toiminta myös tulevaisuudessa. (Kouri 2009, 7.)

Tuotteen kehitys lähtee asiakkaiden tarpeista. Tuotteita kehitetään markkinoinnin, tuotesuunnittelun ja tuotannon yhteistyöllä. Työstämällä eri vaiheita samanaikaisesti virheiden määrä vähenee ja tuotekehitysajat lyhenevät. (Kajaste & Liukko 1994, 9.)

Asiakkaan ja yrityksen tulisi luoda mahdollisimman paljon eritasoisia kontakteja ja yhteyksiä, jotta saataisiin aikaan todenmukainen ymmärrys asiakastarpeesta (Kajaste & Liukko 1994, 14). Yrityksen koko henkilöstöllä tulisi olla käsitys yrityksen asiakkaista ja heidän tarpeistaan. Henkilöstön ja asiakkaiden yhteiset tarpeet ohjaavat yrityksen toimintaa, siksi asiakaskontakteja tulisi olla jokaisella prosessin tasolla. (Kajaste & Liukko 1994, 9.)

Asiakaspalvelua pystytään parantamaan parantamalla työntekijöiden oma-aloitteisuutta. Oma-aloitteisuutta kehittäviä toimenpiteitä ovat (Kajaste & Liukko 1994, 14.)

- koulutus ja tiedotus
- mittaamisen aloittaminen
- tunnustus ja palkitseminen
- jatkuvuuden varmistaminen.

Negatiivisia kokemuksia saanut asiakas kertoo tavallisesti kokemuksistaan huomattavasti useammalle kuin tyytyväinen asiakas. Asiakas on tyytyväinen silloin, kun tuotettava tuote tai palvelu on halutun lainen ja hänen odotuksensa ovat täyttyneet. (Kajaste & Liukko 1994, 14.)

4 LEAN-TOIMINNAN TAVOITTEET

Lean on asiakaslähtöinen prosessinjohtamismalli, joka perustuu virtauksen maksimointiin ja hukkan poistamiseen. Lean on siis toiminta- ja ajattelutapa, jossa pyritään maksimoimaan virtausta ja jalostusarvon osuutta poistamalla hukkaa. Lean ajatellaan yleensä vain hukkan poistomenetelmänä, eikä välttämättä tiedosteta sen perimmäistä tarkoitusta eli läpimenoajan lyhentämistä. Läpimenoajan lyhentäminen on yksi keskeisistä tavoitteista. Mikäli läpimenoaika ei lyhene, ei välttämättä saavuteta taloudellista parannusta. (Six Sigma 2013.)

Lean-toiminnan kehittäminen aloitetaan usein analysoimalla ja kehittämällä arvoketjua. Tarkoituksena on määrittää työlle arvoa antamaton toiminta eli hukka sekä muuttaa layoutia ja ohjausperiaatteita, jotta virtaus on lyhyttä ja selkeää. (Kouri 2009, 8-9.)

4.1 Hukka

Lean managementissa tuottavuuden parantaminen perustuu erilaisten hukkien poistamiseen tuotannosta. Hukalla tarkoitetaan kaikkea ylimääräistä ja arvoa lisäämätöntä toimintaa. Poistamalla hukat tuotannosta saadaan parannettua työn tuottavuutta ja laatua. (Kouri 2009, 10.)

Useimmissa prosesseissa on lähes 90 % hukkaa. Hukaksi lasketaan kaikki toiminta, joka lisää kustannuksia, mutta ei luo toiminnalla lisäarvoa. (Tuominen 2010, 86.)

Leanin peruseriaatteiden mukaan hukalla on kolme ilmenemismuotoa. Niiden japaninkieliset sanat ovat muda, mura ja muri. Yleisimmin käytetty termi on muda. Se tarkoittaa tuhlaavaisuutta tai työtä, jolla ei saada tuotteelle lisäarvoa. Muralla käsitetään työn epätasaisuudesta johtuvaa hukkaa ja murilla tarkoitetaan ihmisten tai koneiden ylikuormitusta. (Ceriffi 2016.)

Nykyään hukka luokitellaan seitsemään tuotannossa tapahtuvaan hukkaan (Kouri 2009, 10-11):

- **Ylituotanto**
Tuotteiden valmistaminen välitöntä tarvetta enemmän. Suuret eräkoot, keskeneräinen tuotanto ja varastoon valmistaminen lisäävät muiden hukkien syntymistä. Estää myös todellisten epäkohtien havaitsemista tuotannosta, piilottaa ongelmia ja lieventävät ongelmien vaikutusta.
- **Tarpeeton varastointi**
Tarpeettomat varastot lisäävät tuotannon kustannuksia, pidentävät läpimeno aikoja sekä piilottavat mahdollisia ongelmia.
- **Ylikäsittely**
Asiakkaan näkökulmasta ylikäsittely tarkoittaa merkityksettömien asioiden tekemistä.
- **Tarpeeton kuljettaminen**
Materiaalien ja tuotteiden ylimääräistä liikuttelua tulisi välttää eri tuotantovaiheiden välillä.
- **Tarpeeton viivästyminen**
Tarpeetonta viivästyminen aiheuttaa kone- ja laitehäiriöt sekä materiaali puutteet.
- **Laatuvirheet**
Aiheuttavat turhaa materiaalin kulutusta ja kapasiteettia, joka johtaa asiakkaan tyytymättömyyteen.
- **Tarpeeton liike työskentelyssä**
Mikäli liike ei tuota lisäarvoa, se on silloin hukkaa.

Mukaan voidaan laskea vielä kahdeksas hukka. Tämä hukka on käyttämättä jätetyt työntekijän ideat sekä luovuus. Työntekijällä on paras tieto ja taito menetelmien toiminnasta ja niiden kehittämisestä, siksi työntekijää tulisi aina hyödyntää prosessin kehittämisessä. (Kouri 2009, 11.)

4.2 Virtaus

Virtauksella tarkoitetaan prosessissa keskeytymätöntä materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon virtausta ilman väli- tai tuotevarastoja. Virtaus käynnistyy asiakkaan tilauksesta ja se päättyy, kun valmis tuote on toimitettu asiakkaalle. Täydellisen virtauksen tavoite on helppo ymmärtää. Sillä tarkoitetaan valmistusta pienissä erissä, prosessit pyritään sijoittamista lähelle toisiaan, sekä materiaalit pidetään liikkeessä keskeytyksettä vaiheiden ja prosessien välillä. Ihanteellinen erä koko on yksi ja se pyritään aina pitämään samana. (Tuominen 2010, 72.)

Läpäisyaikaa mittaamalla saadaan mitattua virtauksen tehokkuus. Tuotannon läpäisyajalla tarkoitetaan kalenteriaikaa, joka kuluu tuotteen valmistuksen aloittamisesta sen valmistumiseen. Läpäisy aikaan vaikuttaa myös keskeneräisen tuotannon määrä. Läpäisy aika on sitä pidempi, mitä enemmän tuotannossa on keskeneräistä tuotantoa. (Kouri 2009,20.)

Virtausta tehostamalla saadaan nopeasti esiin tuotantoprosessin ongelmakohdat, konehäiriöt sekä laatuongelmat. Virtauttamalla pakotetaan kehittämään tuotannon luotettavuutta, poistamaan laatuhäiriöt sekä lisäämään tuotannon suunnitelmallisuutta. (Kouri 2009, 20.)

”Luo jatkuva prosessin virtaus tuodaksesi ongelmat esille” (Tuominen 2010, 73). Virtauksen luomisella tarkoitetaan erillään olevien toimintavaiheiden yhteen liittämistä selkeästi sekä mahdollisimman lyhyesti. Etäisyyksien ollessa pienet, tiimityö lisääntyy, saadaan palautteita ongelmista ja prosessin hallinnasta. Näin syntyy painetta ratkaista ongelmat, ajatella ja kehittyä. Kun virtaus toimii, valmistetaan asiakkaan tarpeen mukainen määrä pienissä erissä ilman turhia väliavarastoja. Sidotun pääoman määrä ja turhan työn tarve vähenee. (Tuominen 2010, 73.)

Hyvin toimivalla virtauksella saavutetaan monia hyötyjä (Tuominen 2010, 72-73):

- **Kehittää laatua**
Työntekijä valmistaa vain yhden osan kerrallaan ilman välivarastointia. Tällöin on helppo tarkastaa työn tulosta, jos virhe syntyy, se havaitaan nopeasti, analysoidaan ja korjataan välittömästi.
- **Lisää joustavuutta**
Lyhyen läpimenoajan ansiosta, voidaan reagoida nopeasti asiakkaan tarpeisiin. Tarvittavat muutokset voidaan toteuttaa välittömästi.
- **Parantaa tuottavuutta**
Hyvin virtaavassa valmistussolussa on vähän lisäarvoa tuottamatonta toimintaa. On helppo tunnistaa ja mitata lisäarvoa tuottavan työn määrää.
- **Vapauttaa lattiatilaa**
Työpisteessä kaikki on sijoitettu lähelle toisiaan. Ylimääräisille varastoille ei ole tarvetta tai tilaa. Kaikki tila käytettävissä esim. kapasiteetin lisäykseen.
- **Parantaa turvallisuutta**
Valmistus on turvallisempaa valmistamalla yhtä kappaletta kerrallaan. Vältetään ylimääräiseltä nostelulta ja vaikeasti siirrettäviltä tavaraeriltä.
- **Parantaa työmotivaatiota ja -viihtyisyyttä**
Työntekijä näkee työnsä tulokset.
- **Pienentää varastokustannuksia**
Pääomaa vapautuu investointeihin, eikä turhiin varastointeihin tai kuljetuksiin.

4.3 Imuohjaus

Imun avulla tuotetaan kysyntää vastaava määrä prosessissa, jossa ei ole esteitä tai hukkaa. Kustannustehokasta imua esiintyy vain olosuhteissa, joissa toiminta on joustavaa ja prosessiajat ovat lyhyitä, jolloin mahdollistetaan virtauksen synty. Imu edellyttää vakautta ja standardisointia, joilla luodaan perusta johdonmukaisuudelle ja toistettavuudelle, ongelmien tunnistamiselle, poistamiselle, jatkuvalla kehittämiselle sekä ennustettaville tuloksille. (Tuominen 2010, 88.)

Imuohjauksen ajatus on siinä, että varastot aiheuttavat kustannuksia ja piilottavat ongelmakohtia prosessissa. Lean-ajattelun mukaan imuohjaus on

tuotannonohjausmenetelmä, jossa toiminta perustuu asiakastarpeen tahtiin, jolloin varastojen ja tuotantoerien määrä on rajoitettu. Tuotteita valmistetaan ja siirretään ainoastaan, mikäli niille on tarve, eli tuotantoketjun seuraava vaihe pyytää sitä. (Logistiikan maailma 2016.)

Käytännössä imuohjaus toteutetaan erilaisten ohjauskorttien, joista yleisin on Kanban-järjestelmä. Imuohjaus on helpointa toteuttaa materiaalivirran osissa, joissa tarve on tasaista ja täydennykset ovat nopeita. Tilanteissa, joissa kysyntä vaihtelee voimakkaasti ja täydennysajat ovat pitkät on haasteellista toteuttaa imuohjausta. (Logistiikan maailma 2016.)

5 TYÖKALUT

Lean-ajatteluun sisältyy joukko erilaisia työkaluja, joilla pyritään tunnistamaan ja pienentämään prosessien välistä hukkaa. Nämä työkalut ovat vain ja ainoastaan apuväline tavoitteiden saavuttamista varten. Työkalujen soveltaminen eri käyttökohteissa tulisi olla organisaatiokohtaista.

Lean-ajattelun jatkuva kehittäminen perustuu oikeanlaiseen työkalujen ymmärtämiseen sekä käyttämiseen. Tavoitteena on oppia käyttämään kutakin työkalua oikein ja ymmärtämään työkalun periaate sekä miten ne liittyvät Lean-kokonaisuuteen. (Tuominen 2010, 86.)

Leanin vahvuuksia on, että moni sen perustyökaluista on helposti ymmärrettävissä, jokaisen omaksuttavissa ja sovellettavissa. Haasteelliseksi se tekee henkinen puoli, miten yritysjohto ja eri portaiden esimiehet itse sisäistävät oman roolinsa toimintatapojen muuttamisessa ja he saavat luotua oikeanlaisen ilmapiirin ja asenteen työntekijöissä. (Laatumatkalla 2011.)

5.1 Viisi kertaa miksi-analyysi

Tuotannon toiminnassa tulee aina ongelmia, joko työkoneiden tai itse tuotteen kohdalla. Nämä ongelmat tulee korjata, jotta laadukas tuote saataisiin toimitettua asiakkaalle. Toistuvat ja merkittävät ongelmat pyritään ratkaisemaan systemaattisesti, jotta niistä päästään lopullisesti eroon. Systemaattinen ongelmanratkaisu tehostaa ongelmien käsittelyä, kehittää osallistujien osaamista ja ongelmanratkaisukykyä. (Kouri 2009, 30.)

Miksi prosessi epäonnistui? Lähdetessä selvittämään, mikä meni vikaan tavoitteiden saavuttamisessa, voidaan kysyä yksinkertaisesti viisi kertaa miksi. Käyttämällä *viisi kertaa miksi*-analyysia saadaan syvempi ymmärrys asioiden taustoista ja mahdollisista syy- ja seuraussuhteista. (McCarthy & Rich 2008, 6.)

5 kertaa miksi – juurisyyn selvittäminen (Kouri 2009, 31):

Lähtötilanne: Öljyä tehtaan lattialla

1. Miksi?

Tiiviste on mennyt rikki.

2. Miksi?

Edellisen huollon yhteydessä tiiviste rikkoutui.

3. Miksi?

Varaosista ei löytynyt sopivaa tiivistettä.

4. Miksi?

Tiivisteet olivat päässeet loppumaan.

5. Miksi?

Varaosavaraston hallinta ei toimi.

5.2 5S

Lean-toiminnassa ajatellaan, että tuottavaa ja laadukasta työtä voidaan tehdä ainoastaan siistissä ympäristössä. Tätä varten on kehitetty käytännön työkalu 5S. Tämän työkalun avulla huolehditaan työpisteen siisteydestä, järjestyksen kehittämisestä sekä niiden ylläpidosta. 5S:n avulla pyritään kehittämään systemaattisuutta sekä kurinalaisuutta työntekijässä. (Kouri 2009, 26.)

Oikein käytettynä 5S parantaa työturvallisuutta. Ylläpitämällä työpisteen järjestystä vähennetään turhaa työvälineiden etsimiseen kuluvaa aikaa. Siisteys ja täsmällisyys ovat tärkeässä osassa Lean-ajattelussa. Organisoimalla oikein 5S helpottaa työn tekemistä sekä tehostaa tuotantovälineiden valvontaa ja seurantaa. (Kouri 2009, 26.)

5S-portaat (Six Sigma 2013):

1. Lajittele (Sort, Seiri)

Tyhjennä työpiste kaikesta ylimääräisestä sinne kuulumattomista asioista ja esineistä.

2. Järjestä (Store, Seiton)

Järjestä työpiste siten, että pisteelle on merkitty oma paikka jokaiselle tarvittavalle työkalulle ja niin, että työkaluihin on helppo päästä käsiksi.

3. Puhdista (Shine, Seiso)

Huolehdi työpisteen siisteydestä. Puhdista ja tarkata kaikki työkalut ja laitteet sekä työalue säännöllisesti. Tämä koskee myös työvaatteita ja suojavarusteita.

4. Standardoi (Standardize, Seiketsu)

Luo työpisteelle tietty siisteystaso pitääksesi se aina puhtaana ja järjestyksessä. Visuaalinen ja selkeä standardi helpottaa työntekijää noudattamaan vaadittua siisteystasoa.

5. Sitoudu (Sustain, Shitsuke)

Kouluta ja motivoi työntekijät käyttämään 5S-menetelmää. Tämä on tärkein kohta viidestä ässästä, sillä jos tämä ei onnistu, niin kaikki muutkin kohdat kaatuvat.

5.3 Kanban

Kanban on signaalia tarkoittava japaninkielinen sana. Se on visuaalinen työkalu, jolla tarkastellaan jonkin asian todellista tilaa, ja sitä käytetään imuohjatussa tuotannossa kertomaan, milloin on juuri oikea aika aloittaa. Kanbanin toteutuksessa voi olla hyvin erilaisia muotoja. Merkkinä voidaan käyttää kortteja, valoja, tauluja tai muita visuaalisia keinoja tilanteesta riippuen. Kanban on tuotannon aloitusjärjestelmä, jonka avulla ajoitetaan, milloin pitäisi tuottaa, mitä pitäisi tuottaa ja millaisia määriä pitäisi tuottaa. Tämä mahdollistaa JIT-tuotannon. Kanban ei ole pelkästään varastohallintajärjestelmä, vaikka se yleensä sinne yhdistetäänkin. (Lean sanomat 2015.)

Kanbanin kolme perussääntöä (Lekman 2009):

1. Näkyvöitä työkulku

- Pilko työt pieniksi sopivankokoisiksi tehtäviksi
- Kirjaa kukin tehtävä lapulle ja kiinnitä se kanban- taululle
- Kuvaa tauluun sarakkeilla missä työvaiheessa kukin tehtävä on

2. Määritä WIP taulun jokaiselle sarakkeelle

- Work in Progress tarkoittaa suurinta mahdollista tehtävien määrää, joita kyseisellä sarakkeella voi olla, jottei kasaantuva työ hidasta muita työvaiheita

3. Kirjaa ylös tehtävien läpimenoajat

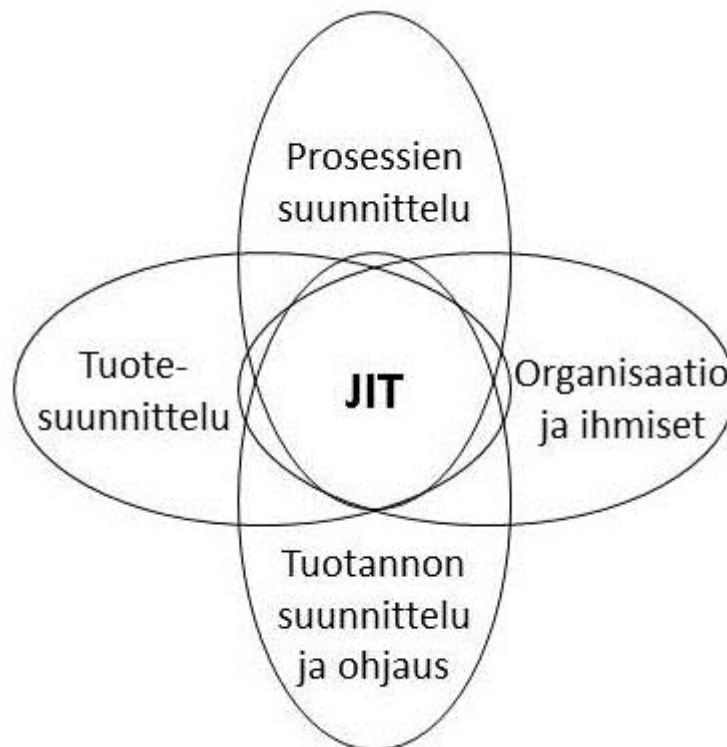
- Läpimenoaika tarkoittaa keskimääräistä aikaa, joka kuluu yhden tehtävän valmistumiseen. Kun läpimenoaika on mitattu, optimoidaan prosessi pikkuhiljaa ja kokeillaan erilaisia WIP-arvoja läpimenoajan lyhentämiseksi ja ennustettavuuden parantamiseksi.

5.4 Just-In-Time

Just-In-Time-toiminnalla (JIT) pyritään valmistamaan materiaaleja siirtelemällä ja kuljettamalla niitä vain todellisen tarpeen mukaan. Tuotannon tarkoituksena on valmistaa ja kuljettaa vain se määrä, mitä tarvitaan, silloin kun tarvitaan, sinne missä tarvitaan mahdollisimman lyhyessä ajassa. JIT tavoittelee kysynnän nopeaa täyttämistä laadukkaalla työllä ja ilman ylimääräistä hukkaa. Tavoitteena pidetään nollavarastoja, mahdollisimman nopeaa läpäisyä, virheettömyyttä, tuotannon virtauttamista, joustavaa tuotantoa ja kaiken tuhlauksen lopettamista. Tavoitteet tulevat ymmärtää visiona, jota tavoitellaan mutta ymmärretään sen vievän aikaa. (Logistiikan maailma 2016.)

JIT-tuotannon (kuva 1) vaikutus eri osa-alueilla (Logistiikan maailma 2016):

- **Tuotesuunnittelu**
Tuotteiden soveltuvuus soluissa sekä valmistuksessa, standardiosien ja modulaarisen tuoterakenteen käyttö
- **Prosessien suunnittelu**
Eräkoon pienentäminen, asetusaikojen vähentäminen ja keskeneräisen tuotannon vähentäminen
- **Ihmiset**
Joustava työvoima, moniosaaminen ja työnkierto
- **Tuotannon suunnittelu ja ohjaus**
Imuohjaus ja tuotannon määrien tasoitus



Kuva 1. JIT vaikutus tuotannon eri osa-alueilla (Logistiikan maailma 2016).

5.5 Tuotannon tasapainottaminen

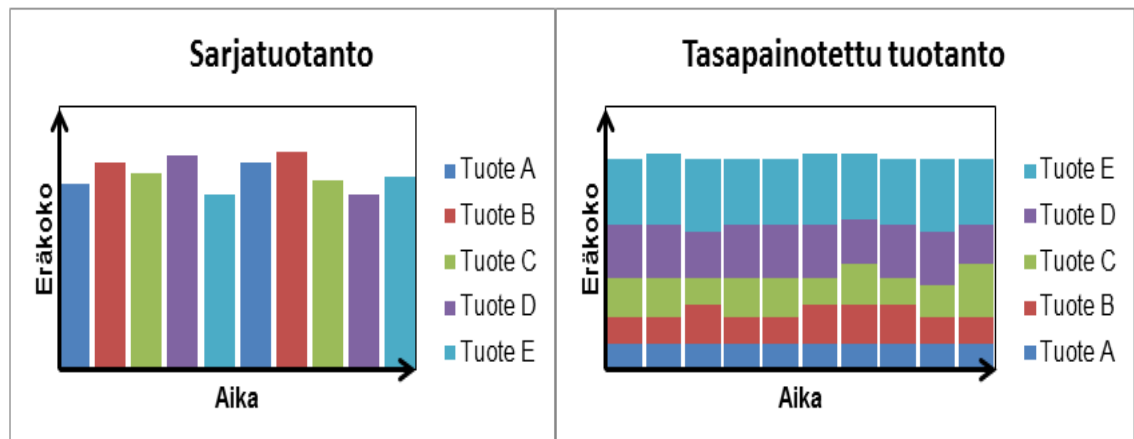
Tuotannon tasapainottamisen tarkoituksena on valmistaa tuotteita asiakastarpeen mukaisesti pienissä säännöllisesti toistuvissa erissä. Tällä toiminnalla pyritään välttämään turhat varastoinnit sekä minimoimaan keskeneräisten tuotteiden määrä tuotannossa. Tasoitetun tuotannon edellytyksenä on lyhyet asetusajat sekä -kustannukset. (Kouri 2009, 18.)

Tuotannon tasoitus on käytännössä pienerätuotantoa. Tarkoituksena on tuottaa tasaisin väliajoin eri tuotteita tai variaatioita. Tämä mahdollistaa mahdollisuuden vastata vaihtelevaan kysyntään aiheuttamatta muutosta päivittäisessä työtahdissa. Erityistä huomiota tulee kuitenkin kohdistaa asetustekniikoiden ja asetusajojen kehittämiseen, sillä pienerätuotanto lisää päivittäin tehtävien asetusten määrää. (Kouri 2009, 19.)

Tuotannon tasapainottamisen etuja (Tuominen 2010, 79):

- Työvoiman ja koneiden kuormitus tasoittuu
- Materiaalin kulutus tasoittuu
- Varastointitarpeen väheneminen
- Tuotannonvirtaus nopeutuu
- Toimittajien ja alihankkijoiden toiminta helpottuu

Alla olevista pylväsdiagrammeista (kuva 2) selviää sarjatuotannon ja tasapainotetun tuotannon ero.



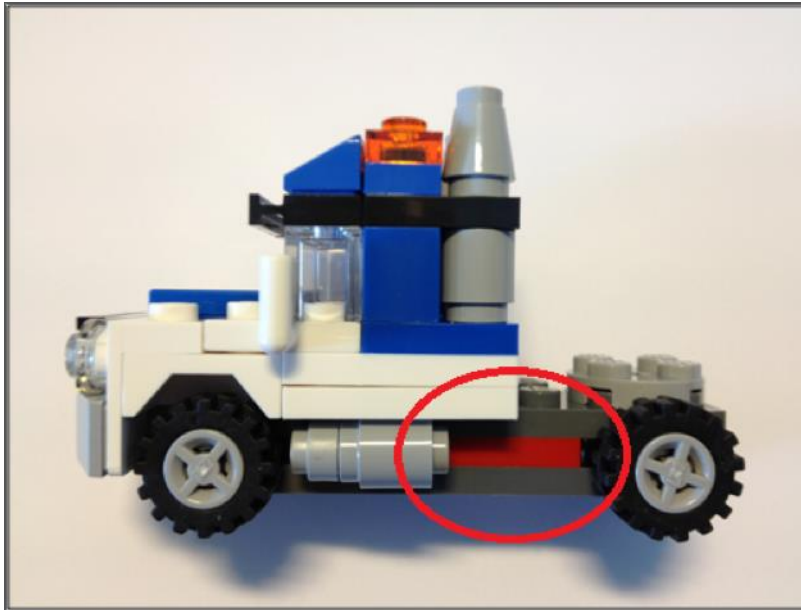
Kuva 2. Tuotannon tasapainottaminen (Kouri 2009, 18).

6 REKKATEHDAS

Rekkatehdas on käytännön harjoitus, jonka avulla saadaan hyvä käsitys tuotannon ongelmakohdista ja niiden ratkaisemisesta. Peli on jaettu kierroksiin, joilla jokaisella on oma tarkoituksensa ja ohjeistuksensa. Kierrosten tarkoituksena on esittää, kuinka Lean-konseptien ja työkalujen lisääminen vaikuttaa toimintaan. Jokaiselta kierrokselta otetaan tuloksia ylös. Mitattavia arvoja ovat kierroksen kokonaisaika, keskeneräisten osien lukumäärä, erikoistoimituksen läpimenoaika, eräko, toimitettujen rekka-autojen lukumäärä, pelaajien lukumäärä, pelitilan pöytien lukumäärä, huonolaatu ja tuottavuus. Tuloksia vertailemalla nähdään hyvin eri työkalujen vaikutus tuotantoprosessissa.

Pelitilaan sijoitetaan 4 pöytää työpisteiksi. Jokaisella pöydällä on omat kokoamisohjeet rekan rakentamista varten. Rekka-auto kootaan huolella vaihe vaiheelta siten, että ensimmäinen aloittaa, toinen jatkaa, kolmas jatkaa ja neljäs viimeistelee. Arvioinnin yksi osa on laskea tehokkuus. Tätä varten tarvitaan dataa. Tehokkuusmalli tarvitsee läpimenoaja, WIP:n, laadun sekä kokonaistehokkuuden. Jokaisella kierroksella kootaan erikoisauto (kuva 3), jonka läpimeno aika mitataan. Peli päättyy, kun tämä erikoistoimitus on valmistunut.

Pelin pelaamiseen tarvitaan vähintään 8 osallistujaa. Operaattoreita eli palikoiden kokoajia on neljä. Operaattoreiden lisäksi on materiaalin käsittelijä, joka siirtää valmiit kappaleet seuraavaan toimintoon sekä tuo tarvittaessa lisää osia kokoonpanoon. Mukana on myös tehdaspäällikkö, joka valvoo toimintaa sekä asiakas, joka tilaa tuotteen ja vastaanottaa valmiit rekat. Viimeisenä tarvitaan ajanottaja, joka huolehtii tarvittavien aikamääreiden mittauksesta.



Kuva 3. Erikoistilattu rekka-auto.

6.1 Kierros 1

Ensimmäisellä kierroksella (kuva 4) tuotanto tehtiin kolmen kappaleen erissä. Aina kun operaattori sai kolme kappaletta valmiiksi, kutsui hän materiaalin käsittelijän siirtämään kappaleet seuraavaan toimintoon. Keskeneräiset tuotteet valmistettiin aina siinä järjestyksessä, missä ne oli operaattorille toimitettu. Työpisteet oli asetettu ristiin kauaksi toisistaan. Peliä pelattiin, kunnes asiakas oli saanut viisi valmista autoa. Tämän jälkeen asiakas tilasi erikoistoimituksen. Erikoistoimituksessa auton pohjan osa vaihdettiin valkoisesta punaiseksi osaksi. Ajanottaja huolehti tämän erikoistoimituksen valmistumisen ajan ylös kirjaamisesta. Erikoistoimituksen saavuttua asiakkaalle kierros päättyi ja tuotantoon jääneiden materiaalien sekä valmistuneiden rekka-autojen lukumäärä laskettiin.

Ensimmäinen kierros osoittautui todella hankalaksi ja kesti huomattavasti pidempään kuin muut kierrokset. Myös erikoistoimituksen läpimenoaika oli todella pitkä. Kierroksen tarkoituksena oli kuvata korostetusti huonon tuotantoprosessin kulkua. Kaukana toisistaan sijaitsevat työpisteet hankaloittivat niin raaka-aine materiaalien saamista kuin keskeneräisten osien etenemistä tuotantoprosessissa. Aikaa kului todella paljon turhaan materiaalien siirtelyyn. Toinen korostettu ongelma prosessissa oli ylimääräiset

välivarastot. Välivarastojen suuri lukumäärä vei paljon tilaa ja heikensi suuresti tuotannon virtaavuutta.



Kuva 4. Opiskelijat pelaamassa ensimmäistä kierrosta.

Operaattoreihin kohdistunut työmäärä oli hyvin erikokoista. Ensimmäisellä operaattorilla oli vain neljä osaa koottavana, kun muilla oli paljon enemmän. Kierroksen pullonkaulat näkyivät hyvin toiseen ja kolmanteen työpisteeseen kasaantuneiden keskeneräisten töiden määrällä. Kasaantunut työmäärä ja kierroksen pituus sai aikaan turhautumista ja valittelua osallistuneiden opiskelijoiden keskuudessa.

KIERROS 1			
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
Kokonaiskierrosaika	0:49:00	0:44:03	0:28:44
WorkInProgress	32	40	34
Läpimenoaika	0:32:00	0:31:10	0:17:09
Eräkoko	3	3	3
Toimitettu	40	26	25
Henkilöstö	12	12	9
Tila	4	4	4
Huono laatu	32	38	33
Tuottavuus (Osa/Hlö/päivä)	97,96	70,83	139,21

Taulukko 1. Kierroksen 1 tulokset.

6.2 Kierros 2

Toisen kierroksen (kuva 5) tavoitteena oli osoittaa parannusten, kuten Kanbanin erinomaisuus ja sen vaikutus epäbalansoidussa tuotannossa, sekä kuinka pienempi eräkoko vaikuttaa toimintaan. Tuotannon eräkooksi vaihdettiin yksi. Layoutia muutettiin yhdistämällä neljä pöytää yhdeksi riviksi. Pelaajat istuvat vieressä numerojärjestyksessä. Heidän oikealle puolelleen asetetaan Post It-laput. Tämä lappu toimi Kanban-signaalina. Signaali toimi siten, että operaattori kokoaa palansa ja asettaa valmiin osan lapulle. Vasta kun viereinen lappu on tyhjä, saa operaattori kasata uuden osan. Tällä kierroksella asiakas tilasi 10 autoa, kun tilaus on valmistunut, hän tilaa erikoistoimituksen, jonka jälkeen kierros päättyi.

Toinen kierros oli jo paljon tehokkaampi kuin ensimmäinen. Kokonaiskierrosaikaa saatiin parannettua melkein puolella. Tuotantoon jääneiden keskeneräisten rekka-autojen määrä saatiin vähennettyä kolmeen, sen aikaisemmin ollessa yli kymmenkertainen. Erikoistoimituksen läpimenoaika putosi myös kymmenkertaisesti. Kanban-signaalin avulla ylituotanto pysyi kurissa, eikä suuria määriä rekka-autoja valmistettu turhaan. Myös keskeneräisten tuotteiden määrä putosi hyvin pieneksi.



Kuva 5. Opiskelijat pelaamassa toista kierrosta.

Operaattoreihin kohdistunut työmäärä oli edelleen hyvin epätasainen. Ensimmäinen operaattori oli hetkessä valmis, kun muilla taas kesti huomattavasti kauemmin. Työn kasaantuminen ilmeni erityisesti operaattorilla numero kolme. Kanbanin avulla saatiin poistettua ylimääräiset välivarastot ja suurilta keskeneräisten töiden kasaantumisilta vältyttiin. Opiskelijoissa oli huomattavissa innostuneisuutta, kun tuotantoa onnistuttiin tehostamaan.

KIERROS 2			
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
Kokonaiskierrosaika	0:15:24	0:17:31	0:11:51
WorkInProgress	3	3	3
Läpimenoaika	0:03:24	0:04:30	0:03:25
Eräkoko	1	1	1
Toimitettu	14	14	15
Henkilöstö	8	8	8
Tila	1	1	1
Huono laatu	3	3	3
Tuottavuus (Osa/Hlö/päivä)	163,64	143,86	227,85

Taulukko 2. Kierroksen 2 tulokset.

6.3 Kierros 3

Kolmannen kierroksen tarkoituksena oli haasta opiskelijoita, saada heidät itse ajattelemaan, sekä haastaa heitä parantamaan tuotantoprosessin aikoja ja tehokkuutta. Opiskelijat saivat itse määrittä, mitä työkaluja käyttäisivät parannukseen. Kierroksen ohjeistuksena oli samat ohjeet kuin toisellakin kierroksella. Pöytien asettelu tuli olla sama ja asiakkaan piti tilata 10 auton erä, jonka jälkeen tilattiin vielä yksi erikoistoimitus.

Jokaisella ryhmällä oli samankaltaisia visioita omasta kierroksestaan, mutta onneksi pieniä eroavaisuuksia saatiin mukaan ja tulokset ovat hieman erilaiset ryhmien välillä. Kaikki ryhmät halusivat kellottaa, miten kauan kussakin toiminnossa kestää kasata

omat palikat. Näin he saivat tasoitettua operaattoreiden työtaakkaa. Tuotantoa tasapainottamalla jokainen ryhmä paransi läpimenoaikoja ja tuotannon tehokkuutta. Kokonaiskierrosaikaa saatiin parannettua reilusti toisen kierroksen ajasta. Myös erikoistoimituksen läpimenoaika sai hyvää parannusta.

Kolmas kierros oli kaikista tärkein ja myös onnistunein kierros. Opiskelijat pitivät siitä eniten, ja heidän työmotivaationsa oli korkealla. He pääsivät korjaamaan näkemänsä ongelmakohdat, joista he valittelivat aikaisemmillä kierroksilla. Tuloksiin saatiin eroavaisuuksia jokaisen ryhmän näkemyksen mukaisesti.

KIERROS 3			
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
Kokonaiskierrosaika	0:09:40	0:09:31	0:09:17
WorkInProgress	4	0	0
Läpimenoaika	0:02:30	0:01:30	0:03:05
Eräkoko	1	1	1
Toimitettu	14	11	17
Henkilöstö	8	8	8
Tila	1	1	1
Huono laatu	3	0	0
Tuottavuus (Osa/Hlö/päivä)	260,69	208,06	329,62

Taulukko 3. Kierroksen 3 tulokset.

7 TUOTANNON SIMULOIMINEN

Tuotantoyrityksissä käytetään tuotannon simulointia toiminnan ohjauksen suunnitteluun ja kehittämiseen. Esimerkiksi tuotannon ohjaus tai koulutukset ovat hyviä kohteita, joita voidaan haluta simuloida. Simulointia hyödynnetään yleensä silloin, kun halutun kohteen tutkiminen on liian vaarallista, se on liian kallista, kohde on vaikea tai tutkittava kohde liikkuu suurella nopeudella tai on liian hidas käytännön testeihin. Nykypäivän tietokoneen korkean laskentakapasiteetin ansiosta käyttäjä saa nopeasti simuloinnista tuloksia graafisesti tai numeraalisesti. Tuloksista saatu data on helppo tutkia ja hyödyntää erilaisilla jatkotoimenpiteillä. Suurimpana käyttökohteena tuotannon simuloinnilla on pullonkaulojen, materiaalivirtojen tai erilaisten tuotantotekniikoiden ohjaukset. (Mattila 2011, 21.)

7.1 Yleistä

Tuotannon simulointi on tapa tutkia tuotantojärjestelmien toimintaa edullisesti, nopeasti sekä turvallisesti. Tuotantojärjestelmien tietokonesimuloinneilla pyritään jäljittelemään tehtaan todellista tai suunnitteilla olevaa toimintaa. Simuloinnilla saadaan teknisiä ja taloudellisia tunnuslukuja tuotekustannuslaskentaan, tuotannonohjaukseen ja investointien suunnitteluun. Simulointi sisältää tapahtumien päivittämisen graafisesti 3D-animaatioilla, joilla tulosten tulkitseminen nopeutuu sekä helpottuu. Samaa mallia ymmärtävät niin työntekijät kuin yrityksen johtokin. Simuloinnin avulla saadaan osoitettua tuotannon pullonkaulat, laskettua työvoima ja koneiden käytettävyys, arvioitua mahdollisten konerikkojen vaikutus sekä keskeneräisen työn määrä. Tuotantoa simuloimalla voidaan suunnitella tuotannon hienokuormitusta sekä imuohjauksen toimivuutta. (Delfoi 2016.)

7.2 FlexSim

FlexSim on joustava ja tehokas ohjelmisto tapahtumapohjaiseen 3D-simulointiin. Sitä käytetään niin logistiikassa kuin palveluntuotannossa. Sen avulla voidaan kehittää, analysoida ja visualisoida riskittömästi ja nopeasti prosesseja, layoutia, tuotannonohjausta tai muita tuotantojärjestelmän ominaisuuksia. Ohjelmistossa on

FlexSim Run-Time -versio, jonka avulla voidaan analysoida ja visualisoida helposti valmiin mallin avulla järjestelmien toimintaa. (Delfoi 2016.)

Ohjelmiston tärkeimmät ominaisuudet (Delfoi 2016):

- Mahdollista mallintaa kaikki kuviteltavissa olevat järjestelmät riittävällä tarkkuudella. Ohjelmiston joustamattomuus tai mallin laajuus ei ole esteenä.
- Tehokkaan muistin ja prosessorien käytön ansiosta työskentely on nopeaa.
- Kattavat ja toimivat visualisointimahdollisuudet, tarvittaessa pelitasoinen realismisuus.
- Mahdollistaa olemassa olevien 2D- ja 3D-tiedostojen hyödyntämisen.
- Laaja maailmanlaajuinen käyttäjäkunta.
- Valmiit liityntämahdollisuudet kaikkiin yleisimpiin taulukko- ja tietokantaformaatteihin.

Edistyneet ominaisuudet (Delfoi 2016):

- Avoin arkkitehtuuri ja integroitu C++-ohjelmointikieli
- Oman sisäisen FlexScript-ohjelmointikielen avulla voidaan myös muokata mallin logiikkaa.
- Sisältää ExpertFit-työkalun jakaumien sovittamiseen.
- Mallin kehittäjällä tarjolla 2D- ja 3D- sekä hierarkiapuunäkymä.
- Sisältää itsediagnostiikan koodin tehokkuuden arviointiin.
- Joukko muita kehittämistä ja käyttöä helpottavia ominaisuuksia.

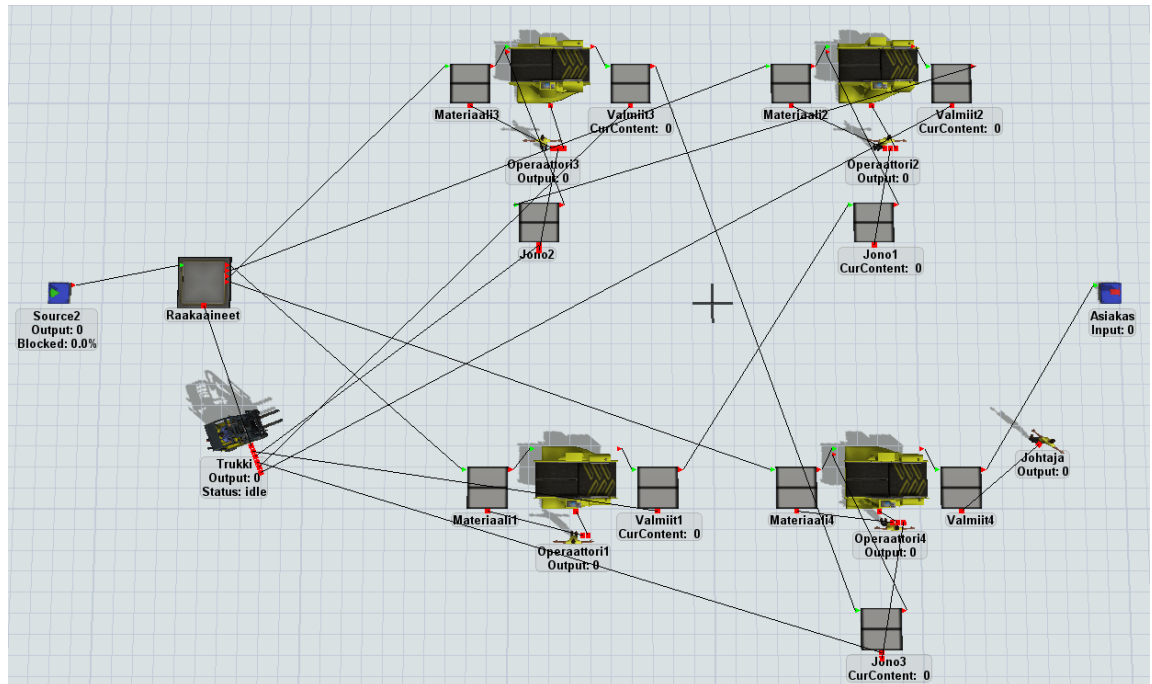
8 SIMULOINTI

Simuloinnin päätavoitteena oli toteuttaa uudelleen Rekkatehdas-pelissä pelattujen kahden ensimmäisen kierroksen pullonkaulat sekä ongelmakohdat. Tarkoituksena oli tarkastella tuotantoprosessia tietokoneen avulla sekä esittää visuaalisesti sen toimintaperiaatteita. Simulointi toteutettiin FlexSim-ohjelmiston avulla.

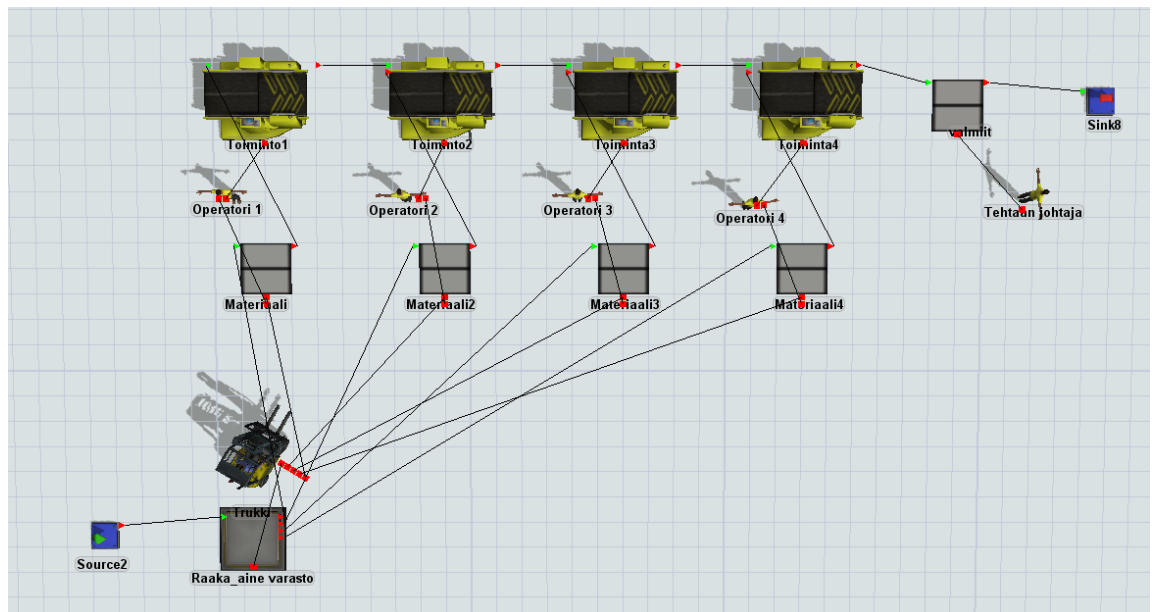
8.1 Layout

Layoutilla kuvataan tuotantotilan järjestystä sekä laitteiden, työpisteiden, kulkureittien ja muiden tarvittavien asioiden sijoittumista työtilaan. Layoutilla on suuri merkitys tuotannon sujuvuuden sekä tehokkuuden kannalta. Hyvässä layoutissa ollaan huomioitu turvallisuus niin työntekijöiden kuin vierailijoidenkin osalta. Siinä tulee organisoida materiaalivirta siten, että materiaalit eivät kulje pitkiä matkoja. Tavoitteena on minimoida tuotteen läpäisyajat ja työntekijöiden turhat liikkeet. Hyvin suunniteltu layout auttaa hyödyntämään käytettävissä olevan työtilan tehokkaasti. (Logistiikan maailma 2016.)

Simuloinneissa (kuvat 6 ja 7) esitetään työpisteiden, varastojen sekä kulkureittien sijaintia. Kuvia vertailemalla nähdään kierrosten välisten erojen suuruudet. Lean-ajattelun tuomat muutokset ovat selkeästi havaittavissa. Ne selkeyttivät koko tuotantoprosessia poistamalla ylimääräiset varastot sekä turhan liikkeen.



Kuva 6. Kierroksen 1 Layout.

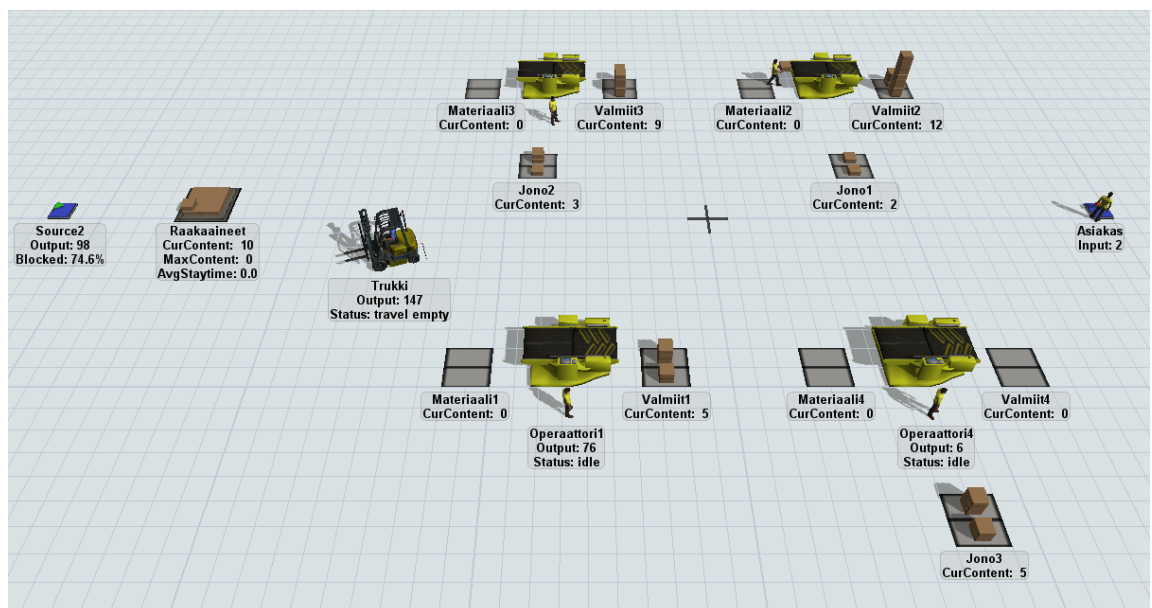


Kuva 7. Kierroksen 2 Layout.

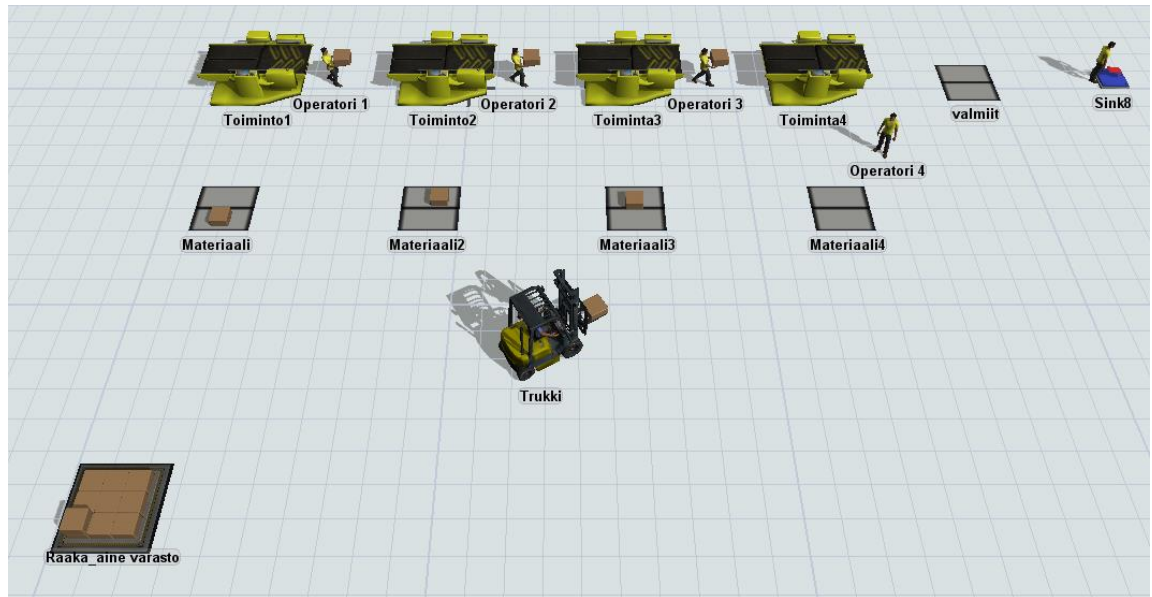
8.2 Kierrosten toiminta

Simuloinnissa onnistuttiin uudelleen toteuttamaan pelattujen kierrosten kulku. Tavoitteena oli visualisoida kierrosten tapahtumat ja näin päästä tutkimaan tietokoneella kierrosten toimintaa, ongelmakohtia sekä pullonkauloja.

Simuloinneissa nähdään samat ongelmakohdat, jotka on havaittu jo pelitilanteissa (kuvat 8 ja 9). Simuloinneissa korostui erityisesti trukin kulkema matka sekä välivarastojen määrä. Ensimmäisellä kierroksella toisen ja kolmannen toimipisteen välivarastoihin kasaantui suuri määrä keskeneräisiä tuotteita hidastaen prosessin kulkua. Ensimmäisellä toimipisteellä tuotantonopeus oli huomattavasti suurempi kuin muilla. Tästä johtuen materiaalin kuljettajan eli trukin pääpaino kohdistui siihen muita enemmän.



Kuva 8. Kierroksen 1 tuotannon kulku.



Kuva 9. Kierroksen 2 tuotannon kulku.

9 POHDINTA

Opinnäytetyö oli kokonaisuutena hyvin haastava. Aikaa oli vähän ja tehtävää oli paljon. Työn tekeminen oli kuitenkin alusta alkaen hyvin mielenkiintoista sekä opettavaista. Tarjolla oli paljon lähdemateriaalia Lean-ajattelusta, joten teoriaosuuden koostaminen kävi odotettua helpommin. Alustavana suunnitelma oli, että Rekkatehtaan koko toiminta olisi simuloitu kahdella eri ohjelmistolla. Ajatuksesta kuitenkin luovuttiin liian suuren työmäärän takia ja työssä keskityttiin tarkemman simuloinnin luomiseen yhden ohjelman avulla.

Itse rekkapeliä jouduttiin soveltamaan opetustilanteisiin sopivaksi. Alkuperäisten neljän kierroksen pituus olisi ollut monta tuntia, eikä jaetuilla ryhmillä ollut mahdollisuutta osallistua niin pitkiin luentoihin. Pelissä toteutettiin kaksi toisistaan mahdollisimman paljon eroavaa kierrosta ja mukaan lisättiin vielä kierros, jossa opiskelijat pääsivät itse suunnittelemaan prosessin kehitystä. Opiskelijoilta saadussa palautteessa keuhuttiin pelin tuomaa käytännön esimerkkiä sekä mahdollisuutta itse kehittää prosessia oman näkemyksen mukaisesti.

Simuloinnissa onnistuttiin luomaan pelitilanteisiin samaistuvat kokonaisuudet. Layoutit rakennettiin kahden ensimmäisen kierroksen pohjalta. Simulaatioiden avulla pystyttiin uudelleen osoittamaan pelitilanteissa syntyneet tuotannon pullonkaulat sekä ylimääräisen materiaaleihin kohdistuneet liikkeet. Simulaatiota oltaisiin voitu viedä vieläkin pidemmälle ja toteuttaa alkuperäisen ohjeen mukaisesti kaikki neljä kierrosta. Kokonaisuudessaan opinnäytetyössä saavutettiin onnistuneesti kaikki asetetut tavoitteet.

LÄHTEET

Astikainen, J. 2014. Toiminnan kehittäminen Lean-periaatteella. Joensuu: Karelia ammattikorkeakoulu. Viitattu 23.3.2016.

<https://www.theseus.fi/handle/10024/78453>

JIT ja imuohjaus. Viitattu 01.06.2016.

[http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_\(Just-in-time\)_ja_imuohjaus](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_(Just-in-time)_ja_imuohjaus)

Kahdeksan hukan muotoa. Viitattu 03.06.2016.

<http://www.ceriffi.fi/palvelut/kahdeksan-hukan-muotoa>

Kajaste, V. & Liukko, T. 1994. Lean-toiminta suomalaisten yritysten kokemuksia. Tampere: Tammer-paino Oy.

Kouri, I. 6/2009. Lean taskukirja. Helsinki: Kopio-Niini Oy

Lekman, L. 2009. Mikä ihmeen Kanban?. Viitattu 04.06.2016.

<https://lekman.fi/2009/09/26/mika-ihmeen-kanban/>

Mattila, J. 2011. Tuotannonohjauksen tehostaminen simulaation avulla. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Viitattu 12.6.2016.

<https://www.theseus.fi/handle/10024/26195>

McCarthy, D & Rich, N. 2008. Lean TPM a blueprint for change. Great Britain: Butterworth-Heinemann

Mitä Lean on? 2013. Six sigma. Viitattu 03.06.2016.

<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/>

Moisio, J. 2011. Lean Työkalut – Uutta vaiko vanhaa prosessityössä?. Viitattu 03.06.2016.

<http://laatumatkalla.fi/2011/01/lean-tyokalut---uutta-vaiko-vanhaa-prosessityossa/>

Takatalo, P. 2015. Tuotannon ohjaus Kanbanin avulla. Viitattu 03.06.2016.

<http://www.leansanomat.fi/wp/?p=286>

Tuominen, K. 2010. Lean Kohti täydellisyyttä. Helsinki: Readme.fi

Vuorinen, T. 2013. Strategiakirja 20 työkalua. Helsinki: Talentum Media Oy.

Väisänen, J. 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Viitattu 01.06.2016.

<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyokalua/>