

Tatu Kivinen

**KESKENERÄINEN TUOTANTO  
JA VIRTAUSTEHOKKUUS**  
Havainnollistaminen Tuotantopelin avulla

Opinnäytetyö  
Logistiikan koulutus

2019



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Tatu Kivinen	Insinööri (AMK)	Toukokuu 2019
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		68 sivua 1 liitesivu
Keskeneräinen tuotanto ja virtaustehokkuus Havainnollistaminen Tuotantopelin avulla		
<b>Toimeksiantaja</b>		
<b>Ohjaaja</b>		
Petteri Oinas ja Lassi Leppänen		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Tuotantopelin, opinnäytetyötä varten kehitetyn oppimis- ja valmennustyökalun, soveltuvuutta keskeneräisen tuotannon, virtaustehokkuuden ja materiaalien virtausten ilmiöiden havainnollistamiseen. Tarkoituksena oli saada tietoa pelin toimivuudesta ja saada siitä käyttökelpoinen paketti yritysasiakkaiden valmennukseen.</p> <p>Opinnäytetyötä lähestyttiin tapaustutkimuksen tutkimusstrategialla. Tutkimus- ja aineistonhankintamenetelminä olivat Tuotantopelin avulla saadut tulokset, pelitilanteiden havainnointi ja kertomusmenetelmä peliin osallistuneiden raporteista. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys koostui keskeneräisen tuotannon ja virtaustehokkuuden näkökulmasta erilaisten tuotannon dynamiikkaan vaikuttavien lakien ja tehokkuusmallien, lean-filosofian eräiden keskeisten periaatteiden ja virtauksen luomisen työkalujen osalta.</p> <p>Tutkimuksen empiriaosuudessa tutkittiin, kuinka keskeneräisen tuotannon ja materiaalien virtausten ilmiöitä pelin avulla voitiin havainnollistaa, mitkä olivat keskeisimpiä tekijöitä ilmiöille ja kuinka osallistujat ymmärsivät ilmiöitä ja niiden vaikutuksia. Tuotantopeliä pelasi Xamkin neljä logistiikan opiskelijaryhmää kahtena eri päivänä. Pelillä voitiin osoittaa useilla menetelmillä ja työkaluilla vaikutuksia mm. keskeneräisen tuotannon ja läpimenoaikojen suhteen. Keskeisimpiä selittäviä tekijöitä ilmiöille olivat erilaiset tuotannon dynamiikkaan vaikuttavat lait. Pelipäivien ja raporttien tulosten perusteella osallistujat oppivat käytännönläheisellä ja mielekkäällä tavalla erilaisia tuotannonohjaukseen ja materiaalivirtaukseen vaikuttavia työkaluja. Tuotantopeli osoitti olevan toimiva työkalu keskeneräisen tuotannon ja virtaustehokkuuden ilmiöiden havainnollistamisessa ja kouluttamisessa jo sellaisenaan, vaikkakaan kaizenin, jatkuvan parantamisen hengessä, jatkokehittämistä ei kannata unohtaa. Kolmen eri tutkimus- ja aineistonhankintamenetelmän avulla saadut tiedot tukivat toisiaan ja vahvistivat tutkimuksen luotettavuutta. Työtä voidaan pitää hyvin onnistuneena, sillä tavoitteeseen päästiin ja tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
keskeneräinen tuotanto, virtaustehokkuus, tuotannonohjaus, lean-filosofia, jatkuva parantaminen		

<b>Author (authors)</b>	<b>Degree</b>	<b>Time</b>
Tatu Kivinen	Bachelor of Engineering	May 2019
<b>Thesis title</b>		68 pages 1 appendix page
Work in process and flow efficiency Illustration with Tuotantopeli		
<b>Commissioned by</b>		
<b>Supervisor</b>		
Petteri Oinas and Lassi Leppänen		
<b>Abstract</b>		
<p>The objective of this bachelor's thesis was to find out how Tuotantopeli, a learning and coaching game developed for the thesis, was able to illustrate phenomena and effects of work in process, flow efficiency and material flows. The purpose was to gain information how the game works and to get a useful package for business coaching.</p> <p>The thesis was approached with a case study research strategy. The research and data acquisition methods were the results obtained with Tuotantopeli, the observation of game situations and the reports from the participants of the game. The theoretical framework of the study consisted of the work in process and flow efficiency in terms of various production laws and efficiency models, some of the key principles of lean philosophy and tools for creating the material flow.</p> <p>The empirical part of the study studied how phenomena of work in process and material flows could be illustrated by the game, which were the most important factors for the phenomena, and how the participants understood the phenomena and their effects. Tuotantopeli was able to show effects with several methods and tools e.g. in work in process and lead times. The most important explanatory factors for the phenomena were the different laws affecting the dynamics of production. Based on the results of the game days and reports, the participants learned different tools that affect production control and material flow in a pragmatic and meaningful way. The game proved to be a working tool for illustrating and training the phenomena of work in process and flow efficiency as such. The data obtained through three different research and data acquisition methods supported each other and strengthened the reliability of the research. The thesis can be considered very successful, as the objective was achieved, and the research questions were answered.</p>		
<b>Keywords</b>		
work in process, flow efficiency, production control, lean philosophy, continuous improvement		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA TOTEUTUS .....	7
2.1	Aiheen valinta ja rajaus.....	7
2.2	Tutkimuskysymykset.....	8
2.3	Tutkimuksen metodologiset lähtökohdat.....	9
2.3.1	Tutkimusotteet ja -strategia.....	9
2.3.2	Tutkimusmenetelmät.....	10
2.4	Teoreettinen viitekehys.....	12
3	KESKENERÄINEN TUOTANTO JA VIRTAAUSTEHOKKUUS.....	13
3.1	Virtaustehokkuus .....	15
3.1.1	Resurssitehokkuus, virtaustehokkuus ja tehokkuusmatriisi .....	15
3.1.2	Little'n laki.....	19
3.1.3	Pullonkaulojen laki .....	20
3.1.4	Vaihtelun laki .....	21
3.1.5	Työntö- ja imuohjaus (JIT) .....	24
3.2	Lean-filosofia .....	25
3.2.1	Seitsemän Hukkaa.....	27
3.2.2	Standardoitu työ.....	29
3.2.3	Kaizen ja PDCA-malli.....	30
3.3	Työkaluja virtauksen luomiseksi .....	33
3.3.1	Erä koko.....	33
3.3.2	Kanban .....	35
3.3.3	Tuotannon layout.....	36
3.3.4	Tahti aika .....	38
4	TUOTANTOPELI .....	39
4.1	Ensimmäinen kierros: Funktionaalinen layout ja erätuotanto.....	40
4.2	Toinen kierros: Solu-layout ja kanban-menetelmä.....	41

4.3	Kolmas kierros: Tahtiaika ja tuotannon tasapainottaminen.....	41
5	TUOTANTOPELIN TULOKSET, HAVAINNOINTI JA RAPORTIT .....	42
5.1	Tuotantopeli.....	42
5.1.1	Kierrosten tulokset .....	42
5.1.2	Pelin taloudellisten tulosten tarkastelu.....	48
5.2	Havainnointi.....	50
5.3	Kertomukset/raportit .....	54
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	60
7	POHDINTA .....	63
	LÄHTEET.....	66
	KUVALUETTELO .....	68
	LIITTEET	

Liite 1. Tuotantopelin raportin ohje

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on keskeneräisen tuotannon ja virtaustehokkuuden tutkiminen ja niiden havainnollistaminen Tuotantopelin avulla. Tarkoituksena on havainnollistaa keskeneräisen tuotannon ilmiöitä ja vaikutuksia tuotantoympäristössä. Tuotantoympäristöä demonstroidaan Tuotantopelin avulla, jonka tarkoitus on esittää erilaisia tuotannon malleja, ongelmia, työkaluja ja parannusmenetelmiä. Tuotantopeli on tätä opinnäytetyötä varten kehitetty oppimis- ja valmennustyökalu.

Työn tavoitteena on selvittää Tuotantopelin soveltuvuus keskeneräisen tuotannon (jatkossa myös KET) ja materiaalien virtausten ilmiöiden havainnollistamiseen. Tarkoituksena on saada tietoa Tuotantopelin soveltuvuudesta keskeneräisen tuotannon ja virtaustehokkuuden havainnollistamiseen konkreettisilla harjoitteilla ja saada Tuotantopelistä toimiva paketti työelämään liikkeenjohdon, esimiesten ja työntekijöiden kouluttamiseen ja valmentamiseen. Tuotantopeliä käytetään maaliskuussa 2019 Xamkin ”Logistiikan ohjaus LLKT17SP” -opintojaksolla, jossa opiskelijat osana opintojakson sisältöä pelaavat Tuotantopeliä. Tavoitteena on järjestää Tuotantopeli neljälle ryhmälle, joka antaa yksittäistä pelikertaa laajemman kuvan havainnoista ja kokemuksista. Pelin soveltuvuutta tutkitaan itse pelin tulosten lisäksi havainnoimalla pelitilanteita sekä analysoimalla oppilaiden tekemiä raportteja pelin kulusta.

Opinnäytetyön teoriapohja perustuu tuotannon dynamiikan ja virtauksen käsittelyyn, lean-ajatteluun sekä niistä johdettuihin työkaluihin virtauksen luomiseksi. Keskeisinä lähteinä ovat lean-ajatteluun ja tehdasfysiikkaan perustuvat kirjat ja verkkolähteet.

Opinnäytetyö johdattaa lukijan keskeneräisen tuotannon ja virtaustehokkuuden käsitteisiin ja lopulta havainnollistamiseen teorian, empiirisen osuuden ja tulosten kautta. Työn toinen luku esittelee lähtökohtia opinnäytetyölle, kuten aiheen valintaa, tutkimuskysymyksiä sekä tutkimuksellisia lähtökohtia strategioineen, aineistonhankinta- ja tutkimusmenetelmineen. Kolmannessa luvussa, teoriakatsauksessa, tutkitaan virtaustehokkuutta, lean-ajattelua ja menetelmiä virtauksen luomiseksi. Nämä kolme kohtaa ovat teoreettisessa keski-

össä ja tarkastelu tehdään keskeneräisen tuotannon kautta. Neljäs luku esittelee Tuotantopelin ideaa ja pelin kierroksia eri menetelmineen. Viidennessä luvussa käsitellään tämän opinnäytetyön tuloksia, eli pelistä saatuja arvoja ja tuloksia sekä havainnoinnin ja kertomusten avulla saatujen aineistojen antia. Kuudennessa luvussa on yhteenveto tuloksista ja seitsemännessä luvussa opinnäytetyön pohdintaa.

## **2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA TOTEUTUS**

Seuraavissa alaluvuissa esitellään työn lähtökohtia, tutkimuskysymykset ja tutkimuksen metodologiset lähtökohdat.

### **2.1 Aiheen valinta ja rajaus**

Opinnäytetyön aiheen ja koko tutkimusasetelman päävaikuttajana on tekijän suuri mielenkiinto materiaalivirtojen hallintaan ja kehittämiseen. Rungas kokeemus teollisuuden parissa on tuonut usein esille ilmiön, ylenpalttiset varastot ja keskeneräisen tuotannon, jotka ovat ikään kuin myrkyä tuotannon virtauksen ja läpimenoaikojen kannalta. Keskeneräinen tuotanto on seurausta mm. ylituotannosta, koneiden tai palveluiden pullonkauloista, liian vähäisistä resursseista ja heikosta kunnossapidon hallinnasta. Tietyillä toimenpiteillä on mahdollista parantaa mm. materiaalien virtausta, vähentää keskeneräistä tuotantoa, nopeuttaa läpimenoaikoja, vähentää laatuvirheiden kustannuksia, pienentää varastoihin sitoutunutta pääomaa, vähentää työntekijöiden kiirettä ja parantaa työnteon mielekkyyttä.

Tuotantotapojen ja periaatteiden muutosyritykset voivat nostaa suurtakin vastarintaa erityisesti työntekijöissä, mutta myös organisaatioiden päättävällä tasolla. Muutoksen ajaminen ei ole helppoa. Yksin tekemällä ei välttämättä suuria saavuteta työyhteisöissä ja organisaatioissa, vaan suurten linjausten osalta tulee sitouttaa suuri osa, jopa koko henkilöstö kehittämisen ja jatkuvan parantamisen raiteille ja saada ymmärtämään nykytilaa sekä tulevaisuuden tavoitteita. Tekijän näkemyksen mukaan tuotannon dynamiikan ymmärryksen puute on suuri este virtausta parantavien muutosten läpiviemiseen. Jos jotain ei ymmärrä, sitä saattaa helposti vastustaa. Näiden syiden vuoksi yhdessä oivaltamisen teema on suuressa roolissa tämän opinnäytetyön aiheen valinnassa.

Kuinka osoittaa päättäjille ja tekijöille konkreettisesti menetelmien mahdollisuudet, miten luoda kokemuksesta mahdollisimman käsinkosketeltava ja helposti ymmärrettävä, toistuvat keskeisimpiä kysymyksiä ratkaisua pohdiskellessa. Syksyllä 2018 tuli vastaan lean-koulutus, jossa käytettiin legoilla pelattavaa Rekkatehdaspeliä, ja se vaikutti mielenkiintoiselta tavalta opettaa tuotannon asioita. Opinnäytetyön tekijän uskomuksena on, että lähes jokainen ihminen on jossain elämänsä vaiheessa leikkinyt legoilla ja suurella todennäköisyydellä oppinut jotain ja jopa nauttinut tapahtumasta. Tätä työtä varten jatkokehitetty Tuotantopeli perustuu kyseisiin muovipalikoihin ja aiemmin mainittuun Rekkatehdaspeliin. Konseptilla on tarkoitus tuottaa havainnollistava kokemus keskeneräisen tuotannon ja materiaalivirtausten ilmiöistä.

Työn ulkopuolelle rajataan keskeneräinen työ ja tuotanto asiantuntija- ja toimistotyössä. Tuotantopelin tulee olla toteutettavissa ns. työpajakoulutuksena, joten aikarajoituksen vuoksi tässä opinnäytetyössä ei käsitellä tilaus-toimitusketjua tuotantolaitokseen ulkopuolelta saapuvien tavaravirtojen ja tuotteiden alkulähteiden osalta, vaan ilmiötä käsitellään tuotantolaitoksen sisäisten virtojen osalta, painottaen varsinaisen valmistuksen materiaalivirtoja.

## 2.2 Tutkimuskysymykset

Aiheen valinnan, rajauksen ja teoriaan perehtymisen jälkeen on pohdittava, mitä valitusta aiheesta halutaan tietää. Vaikka tutkimusongelma on muodollisesti yksiselitteinen ja selkeä, sitä voi olla vaikea määritellä. Tutkimusongelma voidaan esittää tutkimuskysymyksiä, joilla voidaan kiteyttää mitä tutkittavasta aiheesta halutaan tietää. (Tutkimusongelmat s.a.)

Opinnäytetyön varsinainen tutkimuskysymys on:

- Kuinka Tuotantopelillä voidaan havainnollistaa keskeneräisen tuotannon ja materiaalivirtojen ilmiöitä?

Lisäksi alakysymyksiä ovat:

- Millä tekijöillä on vaikutusta tuotannon virtaukseen ja keskeneräisen tuotannon määrään?
- Miten Tuotantopeli vaikuttaa osallistujien ymmärrykseen keskeneräisestä tuotannosta, materiaalien virtauksesta ja ohjauksesta sekä niiden vaikutuksista?



Tutkimuskysymyksen ja alakysymysten avulla haetaan vahvistusta Tuotantopelin soveltuvuudesta havainnollistamis- ja kouluttamiskäyttöön.

## **2.3 Tutkimuksen metodologiset lähtökohdat**

Tutkimusta tehdessä käytetään erilaisia metodologisia lähtökohtia, kuten tutkimusotteita, -strategioita ja -menetelmiä.

### **2.3.1 Tutkimusotteet ja -strategia**

Tutkimusotteet voidaan jakaa tavoitteiden perusteilla laadulliseen eli kvalitatiiviseen ja määrälliseen eli kvantitatiiviseen tutkimukseen. Laadullisessa tutkimuksessa teorian ja käytännön suhde on induktiivinen, eli laadullisessa tutkimuksessa ilmiölle pyritään löytämään selitys. Laadullisen tutkimuksen tarkoitus on ymmärtää, määrällisen ennustaa ja yleistää. Määrällisessä tutkimuksessa suhde on deduktiivinen, eli teoriaa pyritään soveltamaan ilmiöön. Tutkimuskysymykset ovat laadullisessa tutkimuksessa avoimia ja temaattisia, ja niihin vastaukset tekstiä ja kuvailevaa. Määrällisessä tutkimuksessa tutkimuskysymykset ovat strukturoituja ja vastaukset määrällisiä ja lukuja. (Kananen 2013, 24–25.)

Tutkimusstrategialla tarkoitetaan tutkimuksessa käytettävien ratkaisumenetelmien kokonaisuutta. Tutkimusstrategiat jaetaan kolmeen perinteiseen tutkimusstrategiaan: kokeellinen tutkimus, survey-tutkimus ja tapaustutkimus (case study). (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 132–134.)

Kokeellisessa tutkimuksessa tutkitaan yhden muuttajan suhdetta toiseen muuttajaan. Survey-tutkimuksessa tietoa kerätään vakioidussa muodossa tietyn ihmisjoukon otoksen yksilöiltä ja pyrkimyksenä on selittää, vertailla ja kuvailla ilmiötä kerätyn aineiston avulla. (Hirsjärvi ym. 2009, 134–135.) Tapaustutkimuksessa tutkimuksen alaiset kohteet ovat usein monimutkaisia kokonaisuuksia ja niiden ymmärtäminen vaatii monipuolisuutta niin analyysi- kuin tiedonkeruumenetelmien osalta. Tapaustutkimus eli case-tutkimus on yhdistelmä kahta eri tutkimusotetta, kvalitatiivista ja kvantitatiivista. Case-tutkimuksessa käytetään tutkittavan asian kannalta tarpeellisia analyysi- ja tiedonkeruumenetelmiä, jotka kuuluvat sekä määrälliseen että laadulliseen tutkimukseen. Case-tutkimus on hyvin lähellä triangulaatiota. Triangulaatiolla eli kolmiomittauksella

pyritään saamaan tutkittavasta ilmiöstä mahdollisimman hyvä ymmärrys monimutkaisistakin ongelmista. Lisäksi sen avulla voidaan tutkittavaa ilmiötä tarkastella monista näkökulmista ja sillä voidaan lisätä tutkimuksen luotettavuutta. (Kananen 2013, 33–34.)

Tieteessä luotettavuuskäsitteinä pidetään tutkimustulosten pysyvyyttä (reliabiliteettia) ja oikeiden asioiden tutkimista (validiteettia). Nämä mittarit ovat ikään kuin tutkimuspolun varrella olevia portinvartijoita. Laadullisessa tutkimuksessa luotettavuuskriteereinä pidetään dokumentaatiota, tulkinnan ristiriidattomuutta, luotettavuutta tutkitun kannalta ja saturaatiota (kyllääntymistä, toisin sanottuna havaintoyksiköitä lisätään niin kauan, kunnes vastaukset alkavat toistaa itseään eli kyllääntyä). (Kananen 2013, 114–122.)

Tämän opinnäytetyön tutkimusstrategiana käytetään case- eli tapaustutkimusta, sillä sen avulla voidaan saavuttaa kokonaisvaltainen, holistinen, näkemys tutkittavasta kohteesta. Syynä on myös laaja erilaisten menetelmien käyttö opinnäytetyön toteutuksessa, jolloin case-tutkimus on perustelu strategia tutkimuksen tekoon.

### **2.3.2 Tutkimusmenetelmät**

Tutkimusmenetelmät ovat tapoja ja periaatteita, joilla tutkimuksen joskus hyvin monimuotoisiakin empiirisiä aineistoja kootaan tutkijan käyttöön. Monimuotoisuuden vuoksi tarjolla on lukuisia joukko aineistonhankintamenetelmiä, kuten valmiita dokumentteja, otantaa, harkinnanvaraista näytettä ja haastatteluita. (Aineistonhankintamenetelmät 2014.) Tutkimus- ja aineistonhankintamenetelminä tässä opinnäytetyössä käytetään Tuotantopelin tulosten lisäksi havainnointia ja kertomuksia eli osallistujien tekemiä raportteja.

#### **Havainnointi**

Raporttien eli kertomusten avulla on mahdollista selvittää henkilöiden ajatuksia, tunteita ja uskomuksia, eli mitä ympärillä tapahtuu, miten he sen havaitsevat. Mitä todella tapahtuu, sitä ne eivät kuitenkaan kerro. Havainnoinnilla voidaan selvittää, täsmääkö henkilöiden toiminta kuten he sanovat toimivansa. Suurimpana havainnoinnin etuna on, että sillä on mahdollista saada

välitöntä ja suoraa tietoa tutkittavan kohteen toiminnasta ja käyttäytymisestä. Haastatteluun verrattuna havainnoinnilla voidaan saada tietoa, jota tutkittavat eivät välttämättä halua kertoa suoraan haastattelijalle. Kritiikkiä havainnointimenetelmä on saanut siitä, että havainnoija saattaa häiritä tutkittavaa tilannetta, jopa muuttaa sen kulkua. Tutkimuksen objektiivisuus voi kärsiä, mikäli havaintojen tekijä sitoutuu emotionaalisesti tilanteeseen tai tutkittavaan ryhmään. (Hirsjärvi ym. 2009, 212–213.)

Systemaattisessa havainnoinnissa on tavallista, että havainnointi tehdään rajatuissa tiloissa, esimerkiksi tutkimushuoneessa tai luonnollisessa ympäristössä, kuten työpaikoilla ja luokkahuoneissa. Systemaattisessa havainnoinnissa havaintojen tekijä on ulkopuolinen toimija ja havainnoinnin tulisi olla systemaattista ja jäsenneltyä. Osallistuvassa havainnoinnissa havainnoija osallistuu ryhmän toimintaan ja havainnointi on tilanteessa vapaasti muotoutuvaa. (Hirsjärvi ym. 2009, 213–214.)

Havainnointi valikoitui menetelmäksi, koska se on luonteva valinta tutkia, kuinka Tuotantopeli onnistuu havainnollistamaan opinnäytetyön aiheen mukaisia ilmiöitä ja miten osallistujat reagoivat eri tilanteisiin ja käytettyihin työkaluihin. Tässä työssä havainnointi on pääasiassa systemaattista. Kokonaan osallistuvaa havainnointia ei voi ennalta ajateltuna sulkea pois, sillä Tuotantopelin esittely ja ohjeistus kuuluu opinnäytetyön tekijälle, vaikka pelitilanteessa havainnoijan ei ole tarkoitus pelin kulkuun koskea. Tilanteen mukaan osallistujat voivat kuitenkin tarvita lisäneuvoja pelitilanteiden aikana. Tällöin havainnointi on osittain tarkkailevaa ja osittain aktivoivaa osallistuvaa havainnointia (Vilka 2007, 42–48).

## **Kertomus**

Kertomukset ovat tiedonhaku- ja tutkimusmenetelmä, joilla tutkimusaineistoa voidaan koota vapaamuotoisen kirjoitus- tai kerrontapyyntöä avulla. Kertomuksia voidaan käyttää tutkimuksessa selvittämään ihmisten kokemuksia, käsitteitä tai tapoja kuvaamaan tutkittavaa ilmiötä. Tutkimukseen osallistuvia ihmisiä pyydetään kertomaan tai kirjoittamaan kertomus tutkittavasta ilmiöstä. (Kertomukset 2014.)

Kertomukset valikoituivat mukaan tähän opinnäytetyöhön, sillä niiden avulla saadaan pelin tulosten ja havainnoinnin lisäksi tietoa, kuinka osallistujat itse kokivat ja käsittivät Tuotantopelin kierrosten kulkua ja ilmiöiden vaikutuksia. Kertomukset pyydetään pelin jälkeisinä raportteina osallistujilta pienryhmittäin. Pienryhmiä on arviolta kahdeksasta kymmeneen ryhmää.

## 2.4 Teoreettinen viitekehys

Opinnäytetyön teoriaosuuden kantavana teemana on keskeneräinen tuotanto, jota tarkastellaan yleisellä tasolla. Lisäksi keskeneräiseen tuotantoon vaikuttavia seikkoja tuodaan ilmi kolmen näkökulman kautta, joissa käsitellään virtaustehokkuutta, lean-filosofiaa ja työkaluja virtauksen luomiseen. Kuvassa 1 esitetään teoreettinen viitekehys graafisena esityksenä.



Kuva 1. Teoreettinen viitekehys (Kivinen 2019)

Aihealuetta tarkastellaan kattavasti, jotta saadaan monipuolinen näkemys aiheen ympäriltä. Keskeneräisestä tuotannosta tuodaan esille sen vaikutuksia, niin taloudellisen kuin tuotannollisen näkökulman osalta. Virtaustehokkuutta käsitellään mm. peilaamalla sitä resurssitehokkuuteen ja tiettyihin tuotannon

dynamiikan peruslakeihin. Lean-ajattelu on itsessään niin iso osa virtausta ja virtaustehokkuutta ja arvon tuottamista, että sille on oma osuutensa. Lopuksi käsitellään työkaluja ja menetelmiä virtauksen luomiseksi. Työssä käytetty lähdemateriaali koostuu suomen- ja englanninkielisestä alan kirjallisuudesta sekä verkkoaineistoista. Keskeisimpinä lähdeeteoksina toimivat seuraavat kirjallisuuden teokset:

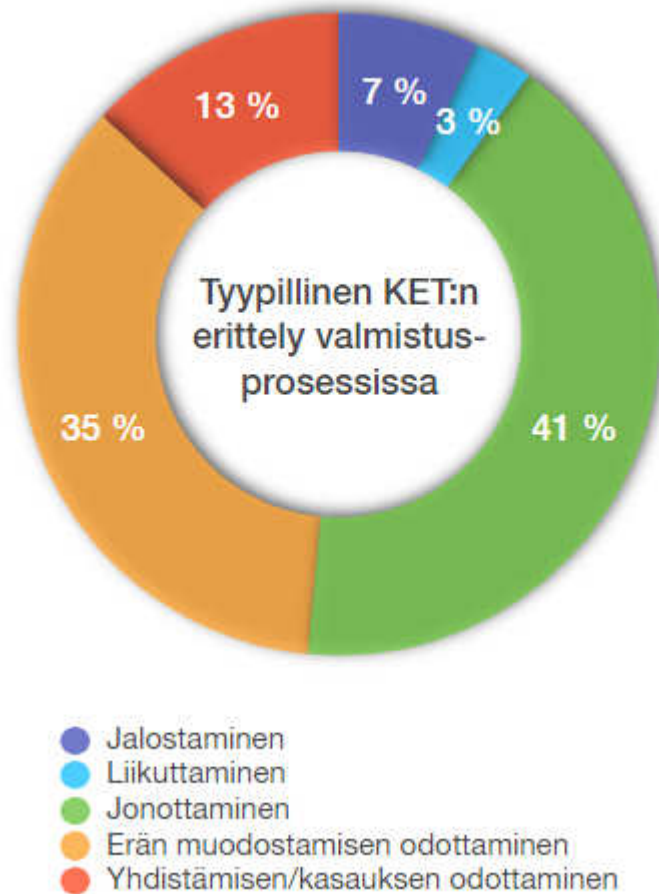
- Niklas Modigin ja Pär Åhlströmin (2015) ”Tätä on Lean”. Lean-filosofiaa helposti lähestyttävästi ja arjen esimerkein esittävä kirja.
- Wallace J. Hoppin ja Mark L. Spearmanin (2011) ”Factory Physics”. Kirjassa on hyvin tekninen ja akateeminen lähestymistapa tehdasfysiikan ja tuotannon dynamiikan ilmiöihin.
- Mike Rotherin (2011) ”Toyota Kata”. Kirjassa kuvataan parannusrutiinia työkaluineen kohti jatkuvan parantamisen mallia.
- Ilkka Kourin (2009) ”Lean taskukirja”. Teknologiateollisuus Ry:n julkaisema taskukirja, joka esittelee leania lyhyesti perusteiltaan.
- Jeffrey Likerin (2013) ”Toyotan tapaan”. Kirjassa perehdytään kattavasti Toyota Production Systemiin ja sen menetelmiin ja toimintatapoihin.

Nämä kirjat ovat valikoituneet tämän opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen runkoteoksiksi tunnettuina ja aihetta läheisesti käsittelevinä lähteinä. Lähteinä on myös muita klassikkoteoksia ja uusia lähestymistapoja tarkastelevia kirjoja.

### **3 KESKENERÄINEN TUOTANTO JA VIRTAUSTEHOKKUUS**

Teoriakatsaus keskittyy vahvasti keskeneräisen tuotannon ja materiaalien virtauksien perusideoihin, mittaamiseen, keskinäisiin suhteisiin ja kuinka niihin voidaan vaikuttaa erityisesti tuotannollisissa ympäristöissä.

Hoppin ym. (2011) mukaan keskeneräinen tuotanto on kaikkea materiaalia tuotannon alkupisteen ja valmisvarastoon siirtämisen välillä. Keskeneräisen tuotannon ollessa nolla, on myös tuotantolaitoksen tuotantokyky nolla. Toisaalta taas liiallinen KET:n määrä voi johtaa ilmiöihin ja seurauksiin, joita tulevissa luvuissa ja lopulta Tuotantopelissä käsitellään. Kuvassa 2 esitetään tyyppillisen valmistusprosessin keskeneräisen tuotannon erittely.



Kuva 2. Keskeneräisen tuotannon jakautuminen eri aktiviteetteihin (Hopp ym. 2011 mukailten)

Hopp ym. esittää keskeneräisellä tuotannolla olevan viisi erilaista aktiviteettiä tuotantoprosessissa (kuva 2). Jalostaminen eli tuotteen prosessointi on vain n. 7 % KET:n ajallisesta osuudesta. Keskeneräinen tuote liikkuu tehtaassa tyypillisesti noin 3 % ja jonottaa työpisteelle tai koneelle pääsyä jopa yli 40 %. Erä-tuotannon vaikutukset nostavat eränmuodostuksen odottamisen toiseksi suurimmaksi noin 35 %:n osuudella. Viimeisenä on tuotteiden yhdistämisen tai kasaamisen odottaminen n. 13 %:n osuudella. Edellinen vaihe tarkoittaa, että tuotteen osat tulevat työpisteelle ”settinä” ja osia aletaan yhdistelemään esim. työpöydällä suuremmaksi kokonaisuudeksi. (Hopp ym. 2011, 604–605.)

Keskeneräinen tuotanto aiheuttaa kustannuksia. Koska KET muodostuu varastoista tai työjonoista (puskuri- ja välivarastot kuljetusten, siirtojen, eräkokojen ja prosessin virhetilojen vuoksi) ympäri tuotantolaitoksen, voidaan KET:n kustannuksia tarkastella varastoinnin aiheuttamien kustannuksien valossa.

Näitä kustannuksia syntyy mm. sitoutuneen pääoman korkona, tilakustannuksina, työvoimakuluina ja hävikkinä esim. huonon laadun ja näpistelyn muodossa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 444–447.)

Lisäksi mukaan keskeneräisen tuotanto ja ylisuuret varastot peittävät Christopherin (2016, 122–123) ongelmia allensa. Piiloon jäävät mm. epävakaan kysynnän vaihtelut, epäluotettavat toimittajat, laatuongelmat ja tuotannon pullonkaulat. Liian suuri KET ei vaadi organisaatiolta toimia jolla ongelmat parantuisivat, vaan tehoton ja heikkolaatuinen toiminta voi jatkua. Pientämällä keskeneräisen tuotannon määrää, toiminta tehostuu, kun ilmaantuneet ongelmat kohdat minimoidaan tai poistetaan.

### **3.1 Virtaustehokkuus**

Virtaustehokkuus on tullut viime vuosina esille erityisesti Niklas Modigin ja Pär Åhlströmin (2015) suositun kirjan ”Tätä on lean” myötä. Kirjassa ei mennä niinkään lean-ajattelun yksittäisiin työkaluihin, vaan yritetään selventää tämän johtamisfilosofian yhtä ydinaluetta, virtaustehokkuutta helppotajuisesti. Luku 3.1 alalukuineen perustuu vahvasti Modigin ja Åhlströmin kirjoituksiin. Tuotannon lakien osalta Hoppin ja Spearmanin (2011) ajatuksia ja löydöksiä tuodaan esiin tehdasfysiikan näkökulmasta.

#### **3.1.1 Resurssitehokkuus, virtaustehokkuus ja tehokkuusmatriisi**

**Resurssitehokkuudella** tarkoitetaan resurssien mahdollisimman hyvää hyödyntämistä, ja se onkin perinteinen tehokkuuden muoto. Yli 200 vuoden aikana teollisuus on pyrkinyt parantamaan resurssitehokkuutta eri periaatteilla, mm. pilkkomalla työ yhä pienempiin osiin ja hoitamalla työ eri ihmisten tai organisaatioiden eri funktioiden avulla. Toisena periaatteena on tavoiteltu mitta-kaavaetuja. Resursseja on pyritty hyödyntämään tehokkaasti yhdistelemällä pieniä tehtäviä niin, että työntekijät, organisaatio tai sen osat tekevät samantaisia tehtäviä toistuvasti. Näillä tehostamisen periaatteilla on saatu usein merkittäviä vaikutuksia tuotannon yksikkökustannuksiin. Resurssitehokkuudessa mitataan, kuinka paljon resurssia hyödynnetään suhteessa ajanjaksoon. (Modig ym. 2015, 9–10.)

Esimerkkinä voidaan mitata, kuinka tehokkaasti pakkauskonetta käytetään tehtaassa vuorokauden aikana (Modig ym. 2015, 10 mukailten).

- Resurssi: Pakkauskone
- Resurssin käyttöaika: 7 tuntia
- Ajanjakso: 24 tuntia
- Resurssitehokkuus:  $7 \text{ h}/24 \text{ h} \approx 0,29 \approx 29 \%$

Esimerkin mukaan pakkauskonetta käytetään 29 %, eli noin kolmanneksen vuorokaudesta. Mikäli resurssitehokkuutta arvioidaankin työvuoron osalta (8 h), tehokkuus olisi  $7 \text{ h}/8 \text{ h}$ , eli noin 88 %. Ajanjakson mittaukselle voi määrittää tarpeen mukaan. (Modig ym. 2015, 10.)

Taloudelliselta kannalta pyrkimys korkeaan resurssitehokkuuteen on hyvä ajatus, ja syynä siihen on vaihtoehtoiskustannus. Vaihtoehtoiskustannus on tappio, joka koituu, jos resurssi jääkin vähälle käytölle. Modig ym. (2015, 11) esittelee kirjassaan esimerkin röntgenlaitteesta. Laitte maksoi suuria summia rahaa, joten sitä halutaan käyttää mahdollisimman paljon – muutenhan osan rahoista olisi voinut käyttää johonkin muuhun. Resurssitehokkuutta on helppo ymmärtää, sillä jos jotakin hankitaan, sitä toivotaan käytettävän mahdollisimman paljon. Tästä syystä resurssitehokkuus on ihmisille hyvin luonnollinen asia.

Jos resurssitehokkuus on perinteinen muoto tehokkuudesta, on **virtaustehokkuus** uusi, tai niin ainakin Modig ym. (2015, 13) kirjassaan määrittelee. Ilmiönä se ei kuitenkaan ole uusi, sillä jo aikoinaan 1500-luvulla Venetsiassa pystyttiin rakentamaan täydellisesti varustettu alus alle vuorokaudessa. Muualla Euroopassa kesti vastaavan tekemisessä useita kuukausia. Virtaustehokkuutta tarkastellessa huomio on jalostettavassa yksikössä. Esimerkiksi teollisuudessa yksikköinä ovat tuotteet, jotka jalostuvat vaihe vaiheelta valmiiksi tuotteiksi. Palvelutoiminnassa yksikön virkaa toimittaa yleensä asiakas, jonka tarpeet pyritään täyttämään. Näitä yksiköitä kutsutaan virtausyksiköiksi, sillä ne virtaavat organisaation läpi. Virtaustehokkuudessa mitataan, kuinka paljon virtausyksikkö jalostuu prosessissa tietyn ajanjakson aikana. Ajanjakson määrittely alkaa kulloisenkin tarpeen tunnistamisesta ja päättyy kun tarve on tyydytetty. (Modig ym. 2015, 13.)

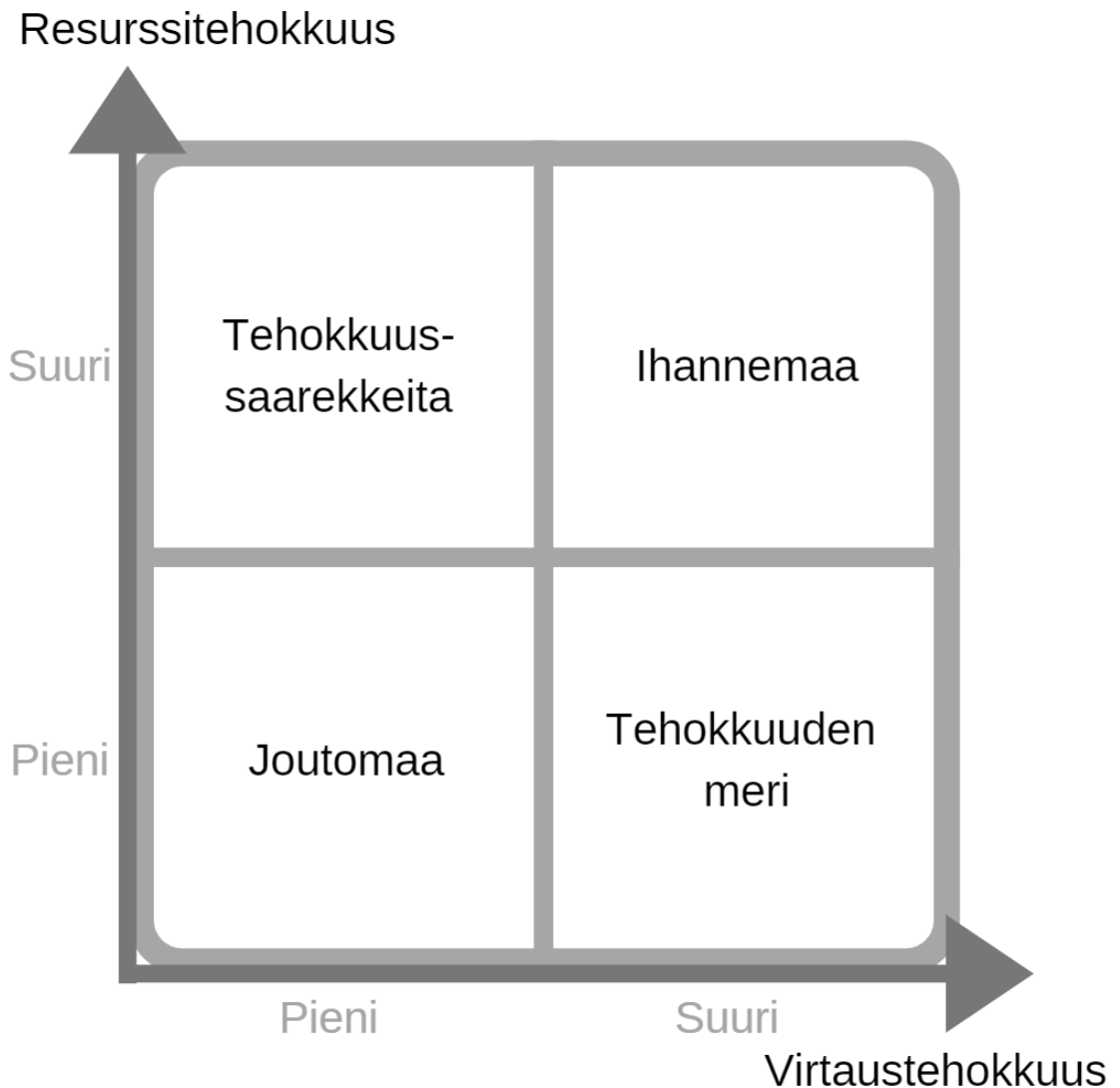


Mitataan esimerkkinä, kuinka nopeasti virtausyksikkö, tässä tapauksessa pakattava tuote saa palvelua aiemman esimerkin pakkauskoneelta (Modig 2015, 13–14 mukaillen).

- Tarve: Tuote kaipaa pakkausta
- Arvoa tuottava aika: Pakkausaika / yksikkö (1 min)
- Ajanjakso: Pakkausjonoon saapuminen ja pakkauksen jälkeen koneelta poistuminen (8 min)
- Virtaustehokkuus:  $1 \text{ min}/8 \text{ min} \approx 0,13 \approx 13 \%$

Esimerkin virtaustehokkuus on noin 13 %. Se tarkoittaa, että tuote saa lisäarvoa 13 % siitä ajasta, jonka se on pakkauskoneen kanssa tekemisissä jonotusaika huomioiden. Tässä esimerkissä pakkauskoneen resurssitehokkuus on korkealla tasolla, sillä koneen eteen on muodostunut jonoa. Virtaustehokkuutta voisi nostaa merkittävästi rajoittamalla keskeneräistä tuotantoa. Jos ajatellaan ajanjaksoksi jonoon saapuessa ja pakkauskoneelta poistuessa kaksi minuuttia, olisi virtaustehokkuus  $1 \text{ min}/2 \text{ min} = 50 \%$ , eli virtaustehokkuus olisi noussut paljon ilman resurssitehokkuuden laskua. Ilman jonoa virtaustehokkuus nousisi tarkastelukohdassa 100 %, mutta tällöin resurssitehokkuus laskee. (Modig ym. 2015, 13–16 mukaillen.)

**Tehokkuusmatriisi** perustuu kahteen aiemmin mainittuun tehokkuuden muotoon. Matriisilla voidaan tarkastella, kuinka organisaatio sijoittuu kahden eri ominaisuuden mukaan: 1) resurssitehokkuus; suuri vai pieni, 2) virtaustehokkuus; suuri vai pieni. Näin ollen matriisiin tulostuu nelikenttä (kuva 3), johon organisaation paikka sijoittuu. (Modig ym. 2015, 100.)



Kuva 3. Tehokkuusmatriisi (Modig ym. 2015, 103 mukaillen)

Tehokkuusmatriisissa (kuva 3) vaaka-akselilla on virtaustehokkuus ja pystyakselilla resurssitehokkuus. Alueet ovat nimeltään tehokkuussaarekkeita, joutomaa, tehokkuuden meri ja ihannemaa. (Modig ym. 2015, 100–102.)

Tehokkuussaarekkeissa olevassa organisaatiossa on suuri resurssitehokkuus ja pieni virtaustehokkuus. Organisaation osia on osaoptimoitu ja ne toisistaan riippumatta pyrkivät käyttämään resurssit tehokkaasti. Resurssitehokkuus alentaa osaltaan tuotannon kustannuksia, mutta se tapahtuu virtaustehokkuuden kustannuksella eli virtausyksikön virtaustehokkuus on pieni. Valmistavassa teollisuudessa se ilmenee niin, että jokainen yksittäinen tuote tai sen osat ovat suurimman osan ajasta varastossa eli ne ovat keskeneräistä tuotantoa. Edellisen vastakohta on tehokkuuden meri, jossa virtaustehokkuus on hyvä, mutta resurssitehokkuudessa on parantamisen varaa. Asiakkaan nopea

ja tehokas tarpeiden tyydyttäminen ohjaa toimintaa. Resursseja on oltava vapaana virtaustehokkuuden maksimoimiseksi ja virtaustehokkuuteen päästään resurssien tehokkaan käytön kustannuksella. Resursseja käytetään vain silloin kun tyydytettäviä tarpeita ilmenee. Joutomaassa olevat organisaatiot ovat ei toivotussa paikassa, sillä sekä virtaus-, että resurssitehokkuus ovat pieniä. Resursseja hyödynnetään huonosti ja virtaus on heikkoa, eli toiminta on tuhlavaa, eikä asiakas saa juuri lisäarvoa. Ihannemaa on paikka, jossa organisaatio on hyvin virtaustehokas ja hyvin resurssitehokas. Ihannemaassa ei ole liikaa keskeneräistä tuotantoa eivätkä resurssit ole toimeettomina. Ihannemaahan on erittäin vaikea päästä. (Modig ym. 2015, 100–102.)

Matkan hankaluutta ihannemaahan tarkastellaan seuraavissa luvuissa kolmen prosessien toimintaa ja tuotannon dynamiikkaa koskevien lakien kautta.

### 3.1.2 Littlen laki

Ensimmäinen tuotannon dynamiikkaa valottava laki on Littlen laki. Littlen lakia voidaan pitää tuotannon dynamiikan osalta merkittävänä kaavana. Littlen laki on Hoppin ym. (2011, 239–240) mukaan eräässä mielessä tehdasfysiikan ” $F = ma$ ”. Se on laajasti sovellettava yhtälö, johon liittyy kolme perussuuretta. Littlen lailla voidaan kuvata keskeneräisen tuotannon määrää työpisteen, linjan tai koko systeemin osalta työn tai ajan yksiköissä. Laki kattaa kaikenlaiset tuotantotavat, ei vain ihanteellisia, teoriassa ilman vaihtelua toimivia tuotantolinjoja. Lain avulla voidaan laskea jonon pituutta, esim. kuinka monta työtä tai yksikköä on keskeneräisessä tuotannossa.

Littlen laki tuotannollisessa ympäristössä (Hopp ym. 2011, 229–230, 239–240):

$$WIP = TH \times CT \quad (1)$$

jossa	WIP	work in process, keskeneräinen tuotanto
	TH	throughput, tuotos/aikayksikkö
	CT	cycle time, kokonaisjaksoaika, läpimenoaika, aika valmistuksen alusta sen loppuun.

Piiraisen (2014b, 84–85) mukaan Littlen lain avulla voidaan jaksoaika laskea joko koko prosessille tai vaikka vain prosessin yhdelle vaiheelle.

Tarkastellaan esimerkkinä kuvitteellista keittiökalustetehdasta, jossa tuotteen valmistus (CT) kestää 32 tuntia keittiön sahauksen aloituksesta eri työvaiheiden aina valmiin keittiön pakkaamisen valmistumiseen. Keittiöitä valmistetaan keskimäärin 10 kpl kahdeksan tunnin työpäivän aikana. Yksi keittiö valmistuu aina 75 min välein, jolloin TH on 0,8 keittiötä/h. Tällöin keskeneräisen tuotannon määrä, WIP, on  $32 \text{ h} \times 0,8 \text{ keittiötä/h} = 25,6 \text{ keittiötä}$ . Kaavaa johtamalla voidaan laskea esimerkiksi em. tehtaan yksittäisen työpisteen tuotteen jaksoaika, eli kauanko tuote tai sen osat tässä tapauksessa odottavat seuraavaa toimenpidettä. Esimerkkinä, melko harvoin myytävää kulmakaappia tilataan vain kaksi kpl viikossa, mutta sen osia tuotetaan syystä tai toisesta työpisteeseen kerrallaan 20 kpl sarjoissa odottamaan tuotantoa. Tällöin kulmakaapin osien jaksoaika,  $CT = WIP/TH = 20 \text{ kpl} / 2 \text{ kpl/vk} = 10 \text{ viikkoa}$ . (Hopp ym. 2011, 239–240 mukaillen.)

### 3.1.3 Pullonkaulojen laki

Toinen tuotannon dynamiikkaa ja erityisesti sen esteitä havainnollistava laki liittyy pullonkauloihin. Pullonkaulojen lain tai esteiden teorian (TOC, theory of constraints perustuu Eliyahu M. Goldrattin (1989) ajatuksiin, jotka esiintyivät ensikerran kirjassa *The Goal*) mukaan prosessin kokonaisjaksoaika on riippuvainen ensisijaisesti prosessin vaiheesta, jonka jaksoaika on pisin. Pullonkaula ikään kuin kuristaa virtauksen, jolloin siinä prosessin vaiheessa virtaus on pienintä. Kuristamisen seurauksena virtaus heikentyy ja pullonkaulasta eteenpäin koko tuotantoprosessi taantuu pullonkaulavaiheen tasolle. (Modig ym. 2015, 37–38.)

Pullonkaulan sisältävästä prosessista voidaan tunnistaa kaksi ominaispiirrettä (Modig ym. 2015, 38):

1. Riippumatta siitä, onko prosessin virtausyksikkönä materiaalia, informaatiota vai ihmisiä, syntyy pullonkaulan eteen aina jono. Etenkin ihmisten ja materiaalin yhteydessä on usein selvää, mikä prosessin vaihe

on pullonkaula. Informaation osalta pullonkaulaa on hankalampi havaita, mutta sama lainalaisuus pätee siihenkin.

2. Pullonkaulavaiheen jälkeen vuorossa olevat toiminnot joutuvat odottamaan vuoroaan. Seurauksena näiden vaiheiden sekä resurssi- että virtaustehokkuus heikkenee, sillä toimintoja ei hyödynnetä täysin.

Pullonkaulan eräs ominaispiirre on sen vaeltaminen. Kun pullonkaulatoimintoon lisätään resursseja, tai työskentelyä nopeutetaan, ilmaantuu pullonkaula jossakin muualla. Täten pullonkaula ei milloinkaan katoa – eikä ilmiöstä Modigin ym. (2015, 38) mukaan pääse eroon.

Torkkolan (2015, 100) mukaan todellista pullonkaulaa ei ole yksinkertaista tunnistaa. Jonoja voi syntyä myös muualle kuin todelliseen tai oletettuun pullonkaulaan, johtuen virheiden ja suuren vaihtelun luomasta kaoottisesta tilasta. Siitä huolimatta pullonkaulateoria on käytännöllinen johtamisen yksinkertaistamiseksi.

### 3.1.4 Vaihtelun laki

Kolmas tuotannon dynamiikan ymmärtämistä koskeva laki on laki vaihtelun resurssitehokkuuden ja läpimenoajan välisestä yhteydestä. Keskeisin näistä kolmesta tekijästä on vaihtelu, koska sillä on suuri merkitys virtaustehokkuuden osalta. Erittäin merkityksellisen vaihtelusta tekee se, että sillä on varsin kielteinen vaikutus yritysten ja organisaatioiden kykyyn yhdistää hyvä resurssi- ja virtaustehokkuus. (Modig ym. 2015, 40.) Myös Hopp ym. (2011, 317–318) käsittelevät aihetta nimellä law of utilization, käyttöasteen laki, ja se kuuluu seuraavasti: jos työaseman käyttöastetta lisätään ilman, että muita muutoksia tehdään, KET ja jaksoaika kasvavat voimakkaan eksponentiaalisesti.

Jotta voi ymmärtää virtaustehokkuutta, tulee ymmärtää vaihtelua ja sen vaikutuksia. Vaihteluun on loputtomia syitä ja sitä esiintyy aina prosesseissa. Vaihtelun aiheuttajia voidaan tunnistaa kolmessa pääluokassa; resurssit, virtausyksiköt ja ulkoiset tekijät (Modig ym. 2015, 40):

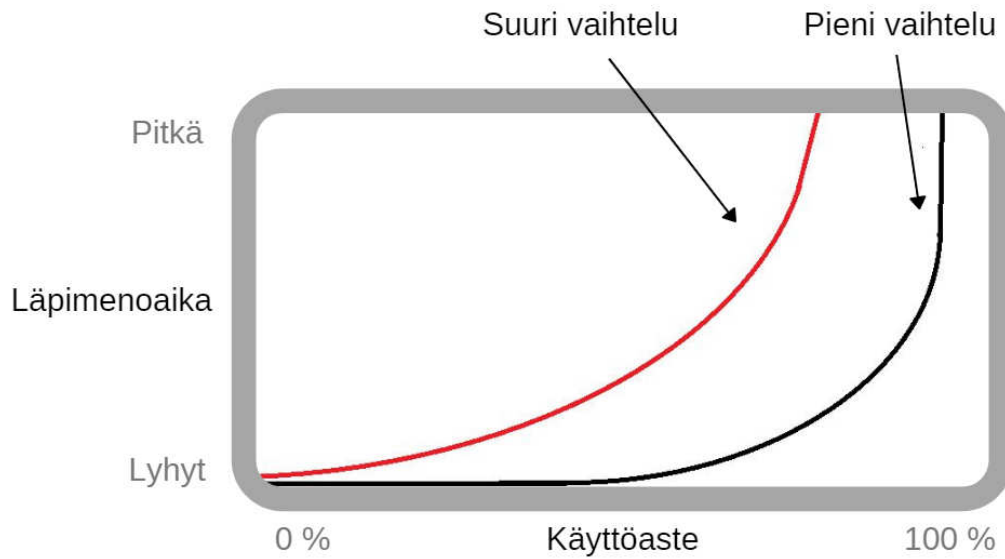
- Resurssit: Tuotannossa koneet voivat hajota, joka aiheuttaa systeemiin vaihtelua, käyttöjärjestelmien nopeuksissa voi olla eroa, pitkään palveleet työntekijät voivat olla nopeampia, kun aloittelija saattaa kokeilla erilaisia toimintatapoja, joskus ihmiset ovat enemmän, toisinaan taas vähemmän motivoituneita, virkeitä tai haluttomia.

- Virtausyksiköt: Kaikki asiakkaat eivät halua samanlaista palvelua, korjaamalla autoissa on erilaisia ongelmia, byrokratiassa, esim. rakennuslupahakemus voi olla virheellisesti täytetty sekä joidenkin asioiden käsittely vain kestää luonnostaan kauemmin kuin toisten.
- Ulkoiset tekijät: Asiakkaat haluavat palveluita eri aikoihin tai asiakkaat saapuvat paikalle epätasaisesti, joidenkin tuotteiden myynti ja valmistus on kausiluontoista, esim. jouluoluen kysyntä tai ravintolaan voi tulla varoittamatta urheilujoukkue päivälliselle.

Oli vaihtelun syy mikä hyvänsä, se ulottaa vaikutuksensa joko palvelu- tai saapumisaikaan, joita voidaan havainnollistaa Modigin ja Åhlströmin (2015, 41) esimerkeillä:

- Autotehtaan tuotannossa esiintyvät laatuongelmat teettävät uudelleen käsittelyä, joka aiheuttaa vaihtelua käsittelyaikaan.
- Rakennuslupahakemuksessa käsittelyaika vaihtelee. Esimerkiksi ikkunatyypin vaihto on yksinkertainen toimenpide, kun taas uudisrakennuksen rakentaminen lähelle rantaviivaa ei.
- Tulipaloja on vaikea ennustaa, mikä aiheuttaa vaihtelua palokunnan palveluiden tarpeeseen ja saapumisaikaan.

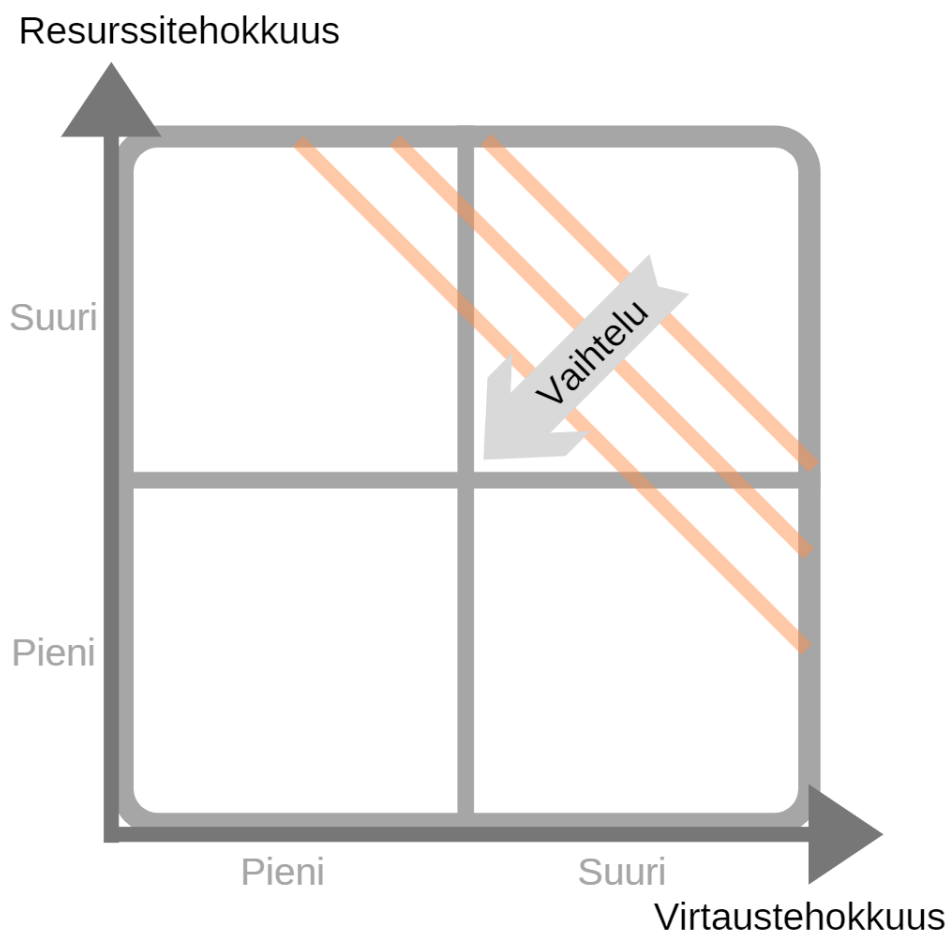
Saapumis- ja käsittelyajan vaihtelun välillä on yhteys. Varsinkin, jos prosessissa on useita vaiheita, niin ensimmäisessä vaiheessa työskentelyajan vaihtelu heijastuu seuraavaan vaiheen aloitusaikaan. Vaihtelun vaikutusta virtaus- tehokkuuteen ei voi vähätellä, ja sillä voidaan esittää vaihtelun, resurssitehokkuuden ja läpimenoajan välistä yhteyttä. Sir John Kingman esitteli 1960-luvulla em. yhteyksiin perustuvan Kingmanin kaavan, jota tämän opinnäytetyön osalta käsitellään havainnollistavan kaaviokuvan avulla (Kuva 4). (Modig ym. 2015, 41–42.)



Kuva 4. Vaihtelun vaikutus läpimenoaikaan ja resurssien käyttöasteeseen (Hopp ym. 2011, 317; Modig ym. 2015, 42 mukaillen)

Kuvassa 4 nähdään kahden systeemin läpimenoajan ja käyttöasteen välisen yhteyden käyrää. Vaaka-akseli kuvaa käyttöastetta ja pystyakseli läpimenoaika. Punainen käyrä osoittaa suuren vaihtelun systeemiä ja harmaa käyrä pienen vaihtelun systeemiä. Yhteys läpimenoajan ja käyttöasteen välillä ei ole lineaarinen, vaan kasvava eli eksponentiaalinen. (Hopp ym. 2011, 317–318; Modig ym. 2015, 42–43.)

Vaihtelun vaikutusta aiemmin esiteltyyn tehokkuusmatriisiin (luku 3.1.1) ja erityisesti sen oikeaan yläkulmaan voidaan tarkastella kuvan 5 avulla.



Kuva 5. Vaihtelun vaikutus tehokkuusmatriisissa (Modig ym. 2015, 106 mukailten)

Kuvassa 5 on aiemmin esitelty tehokkuusmatriisi, johon on lisätty oranssit viivat osoittamaan tehokkuusrajaa eri vaihtelutasoilla. Kuvasta selviää, että mitä suurempaa vaihtelu organisaatiossa on, sitä alemmas (alavasempaan) tehokkuusraja painuu ja sitä vaikeampi on yhdistää suurta virtaus- ja resurssitehokkuutta. (Modig ym. 2015, 106.)

### 3.1.5 Työntö- ja imuohjaus (JIT)

Työntöohjauksella tarkoitetaan tuotantotapaa, jossa tehdään keskitettyjä päätöksiä materiaalien kulusta tuotannon läpi ja tavarat ”työnnetään” seuraavaan työvaiheeseen. Työntöohjauksen suunnittelussa keskeisenä materiaalitovelaskenta, jonka avulla tuotannon määriä suunnitellaan mm. myyntiennusteiden ja senhetkisten varastotasojen pohjalta. Materiaalitovelaskennassa ennustamisella voidaan sanoa olevan jonkinlainen rooli. (Sakki 2009, 108, 130.)

Työntöohjauksen perustuessa materiaalitovelaskentaan, imuohjaus perustuu pääasiallisesti tämänhetkiseen tarpeeseen. Just-in-time (JIT) on vahvasti



imuohjaukseen liittyvä käsite, joka on syntynyt japanilaisessa autoteollisuudessa. JIT-ajattelu koskee tuotantoa muutenkin kuin pelkän materiaalinohjauksen osalta. JIT ottaa kantaa myös tuotesuunnitteluun, tuotannon laitteisiin, laatuksymykseen, valmistuksen virtaukseen, varastomääriin ja tuottavuuteen. Yleinen tavoite on lyhentää tuotannon kokonaisläpimenoaika. JIT:n toinen tavoite on vähentää keskeneräisen tuotannon määrää, jolloin varastoimisen kulut laskevat ja tilantarve vähenee. Eräs laadullinen tavoite on löytää keinot nopeaan virheiden korjaamiseen, koska pienten varastojen myötä niitä ei voi hyväksyä. (Sakki 2009, 127–129.)

JIT syntyi, kun Toyotan autotehtaan piti pystyä reagoimaan päivittäisen kysynnän vaihteluun ja JIT-ajattelu oli juuri mitä Toyota tarvitsi. Periaatteet, työkalut ja menetelmät, joita JIT-ajattelu sisälsi, antoi yritykselle mahdollisuuden valmistaa tuotteitaan pieniä määriä lyhyellä läpimenoajalla asiakkaan erityistarpeiden täyttämiseksi. Asiakasmääritelmä oli laajennettu myös sisäiseen asiakkuuteen. JIT ei toimi, ellei prosessin edeltävä vaihe tee sitä, mitä seuraava vaihe vaatii. Jokaista tuotantolinjan tai yritysprosessin henkilöä tai vaihetta kohdellaan asiakkaana, jolle toimitetaan juuri se mitä tarvitaan juuri sillä hetkellä, kun tarve ilmenee. (Liker 2013, 23.)

### **3.2 Lean-filosofia**

Lean-ajattelu on kehitelty Japanista lähtöisin olevan Toyotan autotehtaiden tuotantoperiaatteiden pohjalta. Sittemmin muu autoteollisuus alkoi käyttämään sitä ja tällä hetkellä se on laajalti käytetty tuotantoperiaate lähes kaikilla toimialoilla. Leania noudattavat yritykset ovat tavallisesti toimialansa nopeimmin kasvavia ja kannattavimpia yrityksiä. Leanissa kantava ajatus on asiakkaalle tuotettu lisäarvo, eli yrityksessä pyritään hahmottamaan ja kehittämään niitä toimintoja, jotka tuottavat asiakkaalle lisäarvoa. Leanissa ei ole tarkoitus tehdä asioita kovemmallalla tahdilla, vaan poistaa tekemisestä kaikkea turhaa ja arvoa lisäämätöntä työtä. Myös laatuajattelu on leanissa keskeistä; laadun varmistamisen eteen tehdään kaikki mahdollinen ja jokainen työntekijä on vastuussa laadusta. (Kouri 2009, 6–10.)

Lean tuli käsitteenä ensimmäistä kertaa esille vuonna 1988 John Krafickin artikkelissa *Lean-tuotantojärjestelmän riemuvoitto*. Artikkelissa Krafick vertaili eri

autonvalmistajien tuottavuustasoja ja murskasi myytin, jonka mukaan massa-tuotannolla ja huipputekniikalla saisi tuottavuutta. Hän pystyi osoittamaan, että Toyotan tehtaiden pienillä varastoilla, pienillä puskureilla ja yksinkertaisella tekniikalla voitiin taata sekä hyvä laatu että hyvä tuottavuus. (Modig ym. 2015, 78–79.)

Kansainvälisesti leanin leviäminen tapahtui Modig ym. mukaan (2015, 79) erityisesti vuonna 1990, jolloin James P. Womack, Daniel T. Jones ja Daniel Roos julkaisivat myyntimenestyskirjan *The Machine That Changed the World*. Kirjassa avataan laajasti mistä lean-tuotannossa on kyse, perustuen kirjoittajien vuosien tutkimustyöhön. Womackin, Jonesin ja Roosin (2007) mukaan lean muodostuu neljästä periaatteesta:

1. tiimityö
2. viestintä
3. hukkien poistaminen ja tehokas resurssien hyödyntäminen
4. jatkuva parantaminen.

Lean on johdettu Toyotan tuotantosysteemistä eli Toyota Production Systemistä (TPS). Likerin (2013, 36–41) perehtyessä TPS:ään ja Toyotan tapaan, hän löysi 14 periaatetta, joilla Toyotan tavan mukaan tuotantojärjestelmää johdetaan. Ne jakaantuvat neljään osaan, ja kuuluvat seuraavasti:

#### **Osa I: Pitkän tähtäimen filosofia**

1. Tee päätöksiä pitkällä tähtäimellä ja lyhyen tähtäimen taloudellisten tavoitteiden kustannuksella.

#### **Osa II: Oikea prosessi tuottaa oikeat tulokset**

2. Luo jatkuva virtaus ongelmien esiintuomiseksi.
3. Käytä imuohjausta ylituotannon välttämiseksi.
4. Tasapainota työmäärää (toimi kuin kilpikonna, älä kuin jänis).
5. Luo kulttuuri, jossa ongelmat korjataan välittömästi, jotta laatu on kerralla kunnossa.
6. Standardoitu työ on perusta jatkuvalle parantamiselle ja henkilöstön sitouttamiselle.
7. Jotta ongelmat eivät jää pimentoon, käytä visuaalista ohjaamista.
8. Käytä sellaista teknologiaa, joka on perusteellisesti testattua ja joka palvelee sekä ihmisiä että prosessia.

#### **Osa III: Lisäarvon tuottaminen organisaatioon ihmisiä ja yhteistyökumppaneita kehittämällä**

9. Kasvata johtajia, jotka ymmärtävät prosessin perinpohjaisesti, noudattavat filosofiaa ja opettavat sitä eteenpäin muille.
10. Kehitä poikkeuksellisia yksilöitä ja ryhmiä, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa.

11. Kunnioita ja auta alihankkijoita ja yhteistyökumppaneita kehittymään tarjoamalla heille haasteita.

#### **Osa IV: Taustaongelmien jatkuva ratkaiseminen auttaa organisaation oppimista**

12. Mene itse paikan päälle ja näe perusteellisesti, kuinka asiat toimivat (genchi gembutsu).
13. Tee päätökset hitaasti ja toteutukset nopeasti.
14. Tee yrityksestä oppiva organisaatio väsymättömän arvioinnin ja jatkuvan parantamisen avulla.

On mahdollista käyttää TPS- tai lean-työkaluja ja silti noudattaa vain muutamia Toyotan tavan periaatteita. Näin voidaan saavuttaa nopeita harppauksia suorituskyvyssä, mutta ne eivät ole kestäviä. Organisaatio, joka pystyy noudattamaan kaikkia periaatteita ja TPS:ää, on saavuttanut kilpailuedun, jota voi ylläpitää. (Liker 2013, 41.)

Sakin (2009, 129) mukaan leanissa keskeinen ajatus on kaiken turhan poistaminen. Valmistuksessa on paljon vaiheita, joissa tuote ei jalostu, mutta jotka aiheuttavat kustannuksia. 5–95-säännön mukaan tuotteen läpimenoajasta 95 % kuluu välivarastointiin, virheiden korjaamiseen ja turhaan sähläämiseen. Turhat vaiheet poistamalla tuottavuutta voidaan parantaa.

Martinin (2018, 23–24) mukaan lean-tuotanto on liiketoimintastrategia, jota käytetään tuotantologistiikan suunnittelussa monimutkaisten asioiden yksinkertaistamiseksi. Lean on ihmiskeskeinen ajattelutapa, jossa koneiden ja ihmisten toiminta hiotaan hyvin toimivaksi kokonaisuudeksi korkean suorituskyvyn ja tuottavuuden saavuttamiseksi.

#### **3.2.1 Seitsemän Hukkaa**

Japanilainen sana muda, hukka, tarkoittaa arvoa tuottamatonta, turhaa työtä. Lean-ajattelussa työtahdin kasvattaminen ei ole keskiössä tehokkuuden parantamisen osalta, vaan poistamalla erilaisia hukkia voidaan parantaa työn tuottavuutta ja laatua. Hukan eri muodot estävät tehokkaan työn tekemisen, joten ne on syytä tunnistaa ja poistaa systemaattisesti. (Kouri 2009, 10.) Tuomisen (2010, 7) mukaan useimmat prosessit toimivat tehottomasti, vain 10 % tuottaa lisäarvoa ja jopa 90 % tekemisestä on hukkaa.

Toyota Production Systemissä valmistusprosessia tutkitaan ensin asiakkaan näkökulmasta. Ensimmäinen kysymys kuuluu aina: ”mitä asiakas haluaa tästä prosessista?” Ajatuksena on miettiä arvon määrittämistä loppuasiakkaan eli ulkoisen asiakkaan, ja sisäisen asiakkaan eli seuraavien työvaiheiden kannalta. (Liker 2013,27.)

Hukka voidaan jakaa tuotannossa seitsemään helposti tunnistettavaan lajiin (Liker 2013, 28–29; Tuominen 2010, 7; Kouri 2009, 10–11):

1. **Ylituotanto.** Liian suurien, ennenaikaisen tai tarpeettomien osaerien valmistaminen. Ylituotanto kerryttää turhaa varastoa, joka kasvattaa varasto- ja kuljetuskustannuksia ja aiheuttaa tarpeetonta henkilöstön palkkaamista.
2. **Tarpeettomat varastot.** Työpisteissä ja varastoissa on liikaa materiaalia, osia, keskeneräistä tuotantoa tai valmiita tuotteita. Niistä seuraa mm. pidempi läpimenoaika, tuotteiden vanhenemista ja viiveitä. Liian suuret varastot ovat eräänlainen turvasatama, jotka peittävät ongelmia, kuten tuotannon epätasapainon, konerikot ja pitkät asennusajat.
3. **Odottaminen.** Kone odottaa työntekijää tai työntekijä koneen suoritusta. Odottaminen voi johtua myös aiemman työvaiheen ongelmista, seuraavan työvaiheen ruuhkautumisesta eli pullonkaulasta, kuljetuksen odottamisesta tai työntekijän poissaolosta työpisteestä.
4. **Tarpeeton kuljettaminen.** Raaka-aineiden, keskeneräisen tuotannon tai valmiiden tuotteiden siirtely prosessista toiseen, varastoon tai varastosta. Turhaa liikuttelua on vältettävä, sillä se ei lisää arvoa asiakkaalle.
5. **Laatuvirheet.** Valmistetaan viallisia osia tai korjataan niitä. Korjaaminen, uudelleentyöstäminen, viallisten hävittäminen, korvaavien tuotteiden valmistus ja osien tarkastaminen ovat hukkaa materiaalien, ajan ja työvoiman käytön osalta.
6. **Ylikäsittely.** Asiakkaan näkökulmasta merkityksettömien asioiden tekeminen, kuten: tehoton työskentely huonon työkalun tai tuotesuunnittelun takia, valmistetaan enemmän tai laadukkaampaa mitä asiakas vaatii tai prosessoidaan tuotetta turhalla, arvoa lisäämättömällä työllä.
7. **Tarpeeton liike työskentelyssä.** Liike on hukkaa, mikäli se ei tuota lisäarvoa tuotteeseen. Näin ollen esim. osien ja työkalujen etsiminen, kurkottelu, pinoaminen ja turha kävely on hukkaa.

Hukkaa käsittelevässä kirjallisuudessa tulee toisinaan ilmi myös kahdeksas hukka, **työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen** (esim. Liker 2013; Kouri, 2009). Kun työntekijöiden ideoita ja taitoja työvaiheista, menetelmistä, niiden parantamisesta jätetään käyttämättä, syntyy hukkaa. Työntekijöillä on usein hyvä, jopa paras tieto työvaiheiden toiminnasta.

Toyotan Taiichi Ohno (Likerin 2013, 29 mukaan) piti ylituotantoa pahimpana hukkana, sillä siitä seuraa suurin osa muista hukista. Ylituotanto johtaa varastojen ja KET:n kasvuun, joka on virtauksen kannalta huono. Suuri keskeneräisen tuotannon määrä piilottaa prosessista ongelmia ja estää tuotannon todellisten epäkohtien näkemisen ja niihin puuttumisen (Kouri 2009, 10). Jos monet työpisteet ovat täynnä reserviä, ei niissä välttämättä jakseta pohtia prosessin parannuksia, sillä konerikkojen tai odottelun vuoksi voidaan työtä jatkaa kuin mitään ei olisi tapahtunutkaan. Virheellisistä tuotteistakaan ei juuri tarvitse välittää, sillä poikkeamanhan voi heittää helposti roskiin. Siinä vaiheessa asiasta välittäminen voi muuttua, kun huomataan, että viallisia osia onkin jopa viikkojen tuotannon edestä varastossa. (Liker 2013, 29.)

Torkkolan (2015, 27) mukaan seitsemän hukan -lista tulee ilmi nopeasti, kun aletaan etsiä tietoa leanista. Monet saattavat pitää hukkien jahtaamista jopa lean-ajattelun pääasiallisena tavoitteena. Torkkolan neuvona on, ettei hukan poistamisella kannata aloittaa, sillä hukka on seuraus. Ensin tulisi ymmärtää mikä hukan aiheuttaa. (Torkkola 2015, 27.) Myös Piiraisen (2014) mukaan hukkien eri luokat ja lajit ovat seurauksia eli oireita, eikä syitä.

### **3.2.2 Standardoitu työ**

Kouri (2009, 16–17) esittää, ettei yrityksen kehitys pysähtyisi, tulisi työntekijöiden jatkuvasti tuoda esiin uusia kehitysideoita ja havaita ongelmia. Työtavat ja -menetelmät tulee olla vakiinnutettuja ennen kuin niitä voidaan kehittää luotettavasti. Täten kaikkien työntekijöiden tulee toimia samalla tavalla, jotta voidaan selvittää kuinka toimintatavat vaikuttavat tuottavuuteen, laatuun ja turvallisuuteen. Mikäli työntekijät toimivat keskenään eri tavalla, on lopputulokseen vaikuttavien tekijöiden arviointi hankalaa. Käänteisesti, standardoitu eli vakioitu työ takaa tuotteiden laadun.

Standardoidun työn hyviä puolia Kourin (2009, 16) mukaan:

- Hyviä työskentelytapoja voidaan entisestään kehittää.
- Oppiminen ja tiedon välittäminen tehostuvat.
- Turvallisuus paranee työtapaturmien vähentyessä.
- Työn laatu sekä tuottavuus paranevat.

Työn standardoinnilla ei ole tarkoitus vähentää työntekijöiden oma-aloitteisuutta, vaan heitä haastetaan kehittämään entistä parempia menetelmiä. Työn standardoinnissa merkittävä tekijä on työohjeet. Niiden on oltava selkeitä, havainnollistavia ja yksinkertaisia. Ohjeissa on hyvä käyttää kuvia ja kaavioita työskentelyn selkeyttämiseksi ja ohjeet tulee olla työpisteessä helposti saatavilla. (Kouri 2009, 16–17.)

Lean-ajattelussa ja esimerkiksi Toyotan tavassa käsitellä työssä syntyvää kaaosta on yhtenä keinona standardoitu työ. Työ tulee standardoida tasapainoiseksi siten, että se ei anna täydellistä ohjausmahdollisuutta vain yhdelle työntekijäryhmälle. Esimerkiksi, jos vain insinöörit suunnittelisivat työstandardit, se olisi taylorismia. Tosin, jos jokaisessa vaiheessa edellytettäisiin kaikkien työntekijöiden konsensusta, toiminta olisi liian organista ja kaoottista. (Liker 2013, 146–147.)

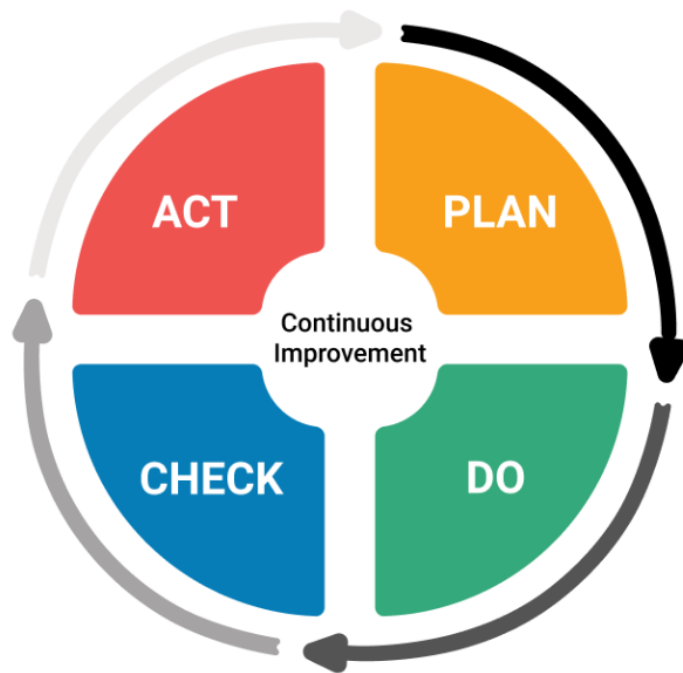
Standardoitu työ oli Toyotalle välttämätöntä, sillä se oli luonut JIT-valmistustavan, koska varaa ylenmääräisille varastoille ei ollut. JIT-mallissa on valtava riski materiaalien tai osien loppuessa. Tavarankäytön loppuessa koko linjasto olisi pysäytettävä, eikä siihenkään Toyotalle ollut varaa. Siksi oli välttämätöntä ei vain pelkästään vähentää virheitä, vaan eliminoida ne kokonaan. Standardoitu työ on ennen kaikkea muodostunut menetelmäksi virheiden eliminoinniseen. (Liker & Convis 2012, 57.)

### **3.2.3 Kaizen ja PDCA-malli**

Kaizen-konsepti on velvollisuus suorituskyvyn jatkuvaan parantamiseen. Kaizenin ydinajatus on, että mikään ei ole täydellistä, vaan kaikkea voi aina parantaa. Se on olennaisen tärkeä ajatus, sillä lean-ajattelussa jokaiselle johtajalle opetetaan, ettei prosessi ole koskaan valmis tai täydellinen, vaan sitä on jatkuvasti kehitettävä parempaan suuntaan. Riippumatta parannuskertojen määrästä, prosessi on täynnä hukkaa; tämän päivän täydellinen vaihe on jo huomenna muuttunut ja systeemiin on hiipinyt lisää hukkaa mukaan. (Liker ym. 2012, 31.)

Kaizen ajattelua tukemaan, William Edward Deming, amerikkalainen laatuopineeri, opetti ja kannusti Toyotaa omaksuma ongelmanratkaisumalliksi systemaattista lähestymistapaa. Malli tuli tunnetuksi myöhemmin erityisesti Demingin ympyränä ja PDCA-mallina tai -ympyränä. (Liker ym. 2012, 23; Womack ym. 2007, 291.)

Kourin (2009, 14–15) mukaan kaizen on lean-kehitystoimintaan kuuluva toiminnan jatkuva ja systemaattinen parannusmenetelmä. Jokainen työntekijä on vastuussa tuotteen ja toiminnan laadusta ja kehittämisestä. Kehitystoiminta perustuu pienryhmätyöskentelyyn, jossa ryhmä perehtyy esille tuleviin ongelmiin, suunnittelevat ratkaisut niihin ja toteuttavat ne. Ongelmat nähdään tilaisuuksina kehittää laatua, tehokkuutta ja työturvallisuutta. Jatkovaa parantamista toteutetaan käytännössä PDCA-menetelmällä (Kuva 6).



Kuva 6. PDCA-syklin graafinen esitys (kanbanize.com s.a.)

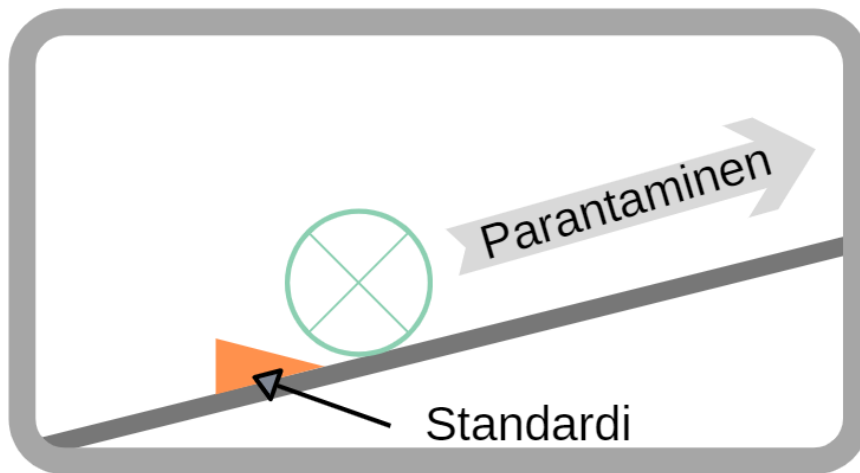
PDCA-sykli koostuu jatkuvasta neljän toiminnon sarjasta, kuten kuva 6 esittää. Syklin eri vaiheiden tarkoitukset (Kouri 2009, 15; Liker 2013, 264; Rother 2011, 121):

- Plan/suunnittele: Tuodaan ongelmia esille, pohditaan parannusvaihtoehtoja ja määritellään vaiheet parempien menetelmien saavuttamiseksi.
- Do/suorita: Toteutetaan vastatoimenpiteet pilottihankkeena muutoksesta.

- Check/arvioi: Arvioidaan pilottihankkeen hyvät ja huonot puolet ja korjataan tarvittaessa.
- Act/toteuta: Jalkautetaan hyväksi havaitut toimintatavat kaikkialle ja aloitetaan uusi sykli.

Sykliä toistetaan kaizen-ajattelun mukaisesti osana jatkuvaa parantamista kerta toisensa perään (Kouri 2009, 15).

Rotherin (2011, 10–11) mukaan jatkuva parantaminen ei ole vain viikoittain tai kuukausittain toteutettava kaizen-työpaja, vaan hän määrittelee jatkuvan parantamisen siten, että kaikkia prosesseja parannetaan päivittäin. Parantamisen tulee olla jatkuvaa, vaikka tavoitteet olisivat jo saavutettu. Prosesseja ei voi jättää vain oman onnensa nojaan ja toivoa, että korkea laatu, matalat kustannukset ja vakaus niissä säilyisi. Rother (2011, 10–11) myös esittää aiemmassa luvussa esitellyn standardoidun työn (luku 3.2.4.) yhteyden jatkuvaan parantamiseen (Kuva 7).



Kuva 7. Kiila esittää standardia jatkuvan parantamisen matkalla (Rother 2011, 11 mukailen)

Suosituksen mukaan standardien avulla voidaan ylläpitää prosessien tilaa. Rotherin (2011, 10–11) mukaan **se ei kuitenkaan toimi niin**, sillä prosessilla on luontainen taipumus heiketä siitäkin huolimatta, että standardi olisi määritelty, opetettu kaikille ja laitettu näkyville. Ajatuksena on, että pelkästään nykytason ylläpito tarkoittaa markkinoiden ja kilpailijoiden kehittyessä hiljalleen takaisinpäin liukumista. Kiila ei varsinaisesti liiku taaksepäin, vaan koko asetelma skaalautuu eteenpäin, jolloin kiila on suhteellisesti alempana. Tätä vastaan on käytettävä jatkuvaa parantamista, vaikka vain pienin askelin.



### 3.3 Työkaluja virtauksen luomiseksi

Virtaava tuotanto edellyttää luotettavaa koneiden ja laitteiden toimintaa, pieniä eräkokoja (luku 3.3.1.), mahdollisimman lyhyitä tuotantoreittejä (luku 3.3.3.) ja odotusaikojen poistamista tuotannosta (luku 3.3.2. ja 3.3.4.). Virtauksen lisääminen tuo nopeasti esille prosessin ongelmakohtia, kuten konevikoja ja laatuhäiriöitä, ja se pakottaa toiminnan suunnitelmallisuuteen sekä kehittämään luotettavuutta ja parantamaan laatua. (Kouri 2009, 10–11.)

Virtautetulla tuotannolla saavutettavia etuja Kourin (2009, 10–11) mukaan ovat:

- Toimitusaikojen lyhentäminen.
- Pienemmät varastoihin sitoutuneet pääomat.
- Laadun kehittyminen.
- Tuottavuuden parantuminen.
- Toiminnan systematisoituminen.

Virtauksen parantumisesta seuraava tuotannon läpimenoajan lyhentäminen ei perustu nopeampaan työskentelyyn, vaan odotteluaikojen poistamiseen tuotannosta. Tuote odottaa tavallisesti 99 % läpimenoajastaan. (Kouri 2009, 11.)

Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan menetelmiä ja työkaluja, joilla tuotannon virtausta voidaan parantaa.

#### 3.3.1 Eräkkö

Tuotannon kehittäminen edellyttää lean-ajattelussa virtauksen luomista. Virtauksella tavoitellaan tuotteen nopeaa valmistumista välittömän tarpeen mukaan. Tätä varten osia tai tuotteita tulee valmistaa pienissä erissä tilauskannan tai varastotarpeiden perusteella. Virtaavan, keskeytymättömän pien-erätuotannon ansiosta keskeneräinen tuotanto ja varastot pysyvät mahdollisimman pieninä. Lean-ajattelun tavoitteena on yhden kappaleen eräkkö, jolloin välivarastoille ei olisi tarvetta. (Kouri 2009, 20.)

Yhden kappaleen eräkoon, tai 1X1-virtauksen, kuten Rother (2011, 76) asian ilmaisee, tavoittelu on hyvä periaate. 1X1-virtaus itsessään paljastaa missä esteitä on ja mihin parannushuomioid tulee keskittää. 1X1-virtaus ei ole vain osa ihannetilaa, vaan se toimii myös välineenä sinne pääsemiseksi.

Kun yksiosaista virtausta yritetään toteuttaa, samalla käynnistetään toimintoja hukkien poistamiseksi. Likerin (2013, 95–96) mukaan eräitä jatkuvan yksiosaisen virtauksen hyötyjä ovat:

1. Sisäänrakennettu laatu: Laadun hallinta on yksiosaisessa virtauksessa paljon helpompaa, sillä jokainen työntekijä on tarkastajan asemassa ja korjaa kaikki havaitut ongelmat työpisteessään ennen luovuttamista seuraavaan vaiheeseen.
2. Luo todellista joustavuutta: Yksiosaisen tuotteen läpimenoaika on niin lyhyt, että reagointi asiakkaan tarpeisiin on joustavaa. Siirtyminen erilaisiin tuotevalikoimiin käy tarvittaessa erittäin nopeasti tuotantoprosessin osalta.
3. Tuottavuuden parantaminen: Suuren eräkoon tuotannossa on vaikea arvioida, kuinka monta ihmistä tarvitaan tietyn määrän valmistamiseksi, koska tuottavuutta ei lasketa tuotteen arvonlisäyksen suhteen, eli ihmisiä ”hyödynnetään” ylituottamaan osia tai tuotteita varastoon odottamaan. Yksiosaisessa virtauksessa on vain vähän lisäarvoa tuottamattomaa toimintaa, kuten viallisten osien etsintää tai osien edestakaista siirtelyä.
4. Lattiatilan vapautuminen: Suurin osa tilan tuhlauksesta syntyy varastoista. Yksiosaisessa tuotannossa työpisteet voidaan sijoittaa lähekkäin ja vain pieni tila kuluu varastoihin.
5. Turvallisuuden parantuminen: Pienemmät eräkoot parantavat turvallisuutta, koska esim. suuria haarukkatrukkeja, jotka aiheuttavat suuren osan vaaratilanteista, ei tarvita erien siirtämiseen.
6. Moraalin parantuminen: Yksiosaisen virtauksen ansiosta työntekijöiden moraalitilanne parantuu, koska he tekevät enemmän lisäarvoa tuottavaa työtä. Myös välittömästi nähtävät työn tulokset lisäävät tyytyväisyyttä ja tuloksellisuuden tuntua.
7. Varastokustannusten pienentyminen: Koska varastotasot pienenevät, myös pääomaa vapautuu muualle investoitavaksi ja varaston vanhene-  
misen riskit vähenevät.

Suurien erien valmistuksessa on tyypillistä, että vain osa erästä on valmiina ja loput vielä työn alla. Eräs syy siihen on massatuotannon menetelmät – on hankittu liian suuria koneita, joiden tehokas käyttö vaatii suuret valmistuserät. Ratkaisuna voidaan harkita useita pienempiä koneita, joilla tuotantoon saadaan joustavuutta. (Tuominen 2010, 33.)

Yhden kappaleen erä koko ei kuitenkaan sovi kaikkialle. Esimerkiksi Toyota, vaikka yhden kappaleen virtaus edustaa sille ideaalista tuotantotilaa, käyttää sarja- ja erätuotantoa edelleen sellaisissa kohteissa, joissa vaaditaan työkalun vaihtoa, esim. puristus- ja prässäysprosesseissa. Tällöin pieniä välivarastoja tarvitaan. Kuitenkin tavoitteena on 1X1-virtaus, joten Toyota pyrkii jatkuvasti pienentämään erä- ja sarjakokoja, ja siten pienentämään välivarastoja. Siinä

prosessin vaiheessa, jossa jatkuvaa yhden osan virtausta ei voida käyttää, voidaan käyttää imusysteemiä, kanban-menetelmää. (Karjalainen 2010, 6–7.)

### 3.3.2 Kanban

Kanban on japaninkielinen sana, jolla tarkoitetaan korttia, lippua tai merkkiä. Kanban on työkalu, jolla voidaan hallita materiaalien ja tuotannon kulkua imuohjatussa järjestelmässä. Sillä toteutetaan tuotantoon asiakaslähtöinen imuohjaus. Kanban-menetelmä tuotannossa sai alkunsa, kun Toyotan johtajia oli vierailemassa Amerikassa 1950-luvulla. He ihastuivat sen aikaisiin supermarketeihin, joissa henkilökunta täydensi hyllyjä sen mukaan, kun tarvetta ilmenee. Toyotan Taiichi Ohno keksi keinon, jolla voidaan ilmoittaa, että työvaihe on käyttänyt osat ja tarvitsee niitä lisää. Hän käytti signaaleina yksinkertaisesti kortteja, tyhjentyneitä laatikoita ja kääryjä, niitä kutsutaan kanbaneiksi. Yleisesti kanban käsitetään signaaliksi, esim. lähetetään tyhjä laatikko työpisteeseen, jossa operaattori täyttää sen oman työvaiheensa tuotannolla. (Liker 2013, 106–107.)

Toyota käyttää imuohjauksen luomiseksi kanban-järjestelmää. Kanbanin tarkoitus on tarjota avoin ja näkyvä tapa säädellä prosessien vaiheiden välistä tuotantoa. Se johtaa siihen, että osia tai tuotteita valmistetaan vain tarpeellinen määrä. Menetelmän näkymättömänä tarkoituksena on tukea toimintojen parantamista. Kanbania ei kannata ottaa käyttöön koko tehtaassa kerrallaan, vaan vaihe kerrallaan. Tällöin ongelmia ilmenee vain rajallisesti ja niitä voidaan ratkaista riittävällä nopeudella. Kanban itsessään parantaa systeemiä vain vähän; se vain heijastaa ja valaisee nykyistä tilannetta. Esimerkiksi, se ei pienennä varastoa, vaan se käyttää ja organisoii sitä. Säättämällä kanbanin avulla keskeneräisen tuotannon määrää mahdollisimman pieneksi, voidaan lopulta lähestyä prosessin parantuessa 1X1-virtausta. Toyotan työntekijä onkin kommentoinut kanbanista: ”*Kanbanin tarkoitus on eliminoida kanban*”. (Rother 2011, 89–90.)

Kanban-järjestelmässä ohjaus- tai valmistussignaali saadaan kanban-kortilta. Kortti määrittelee valmistettavan tuotteen tai osan sekä valmistusmäärän. Parhaiten kanban soveltuu melko tasaisesti kuluvien vakionimikkeiden valmistamiseen. (Kouri 2009, 22.)

Varastosijainti:	B-879		Työvaihe:
Tuotenumero:	9435-334		Sorvaus A-3
Tuotenimi:			Seuraava työvaihe:
Tuotteiden määrä:	Laatikon tyyppi:	Kortti:	Hionta B-7
5	A	1/5	

Kuva 8. Esimerkki kanban-kortista (Kouri 2009, 22)

Kanban-korttien (esimerkki kuvassa 8) määrä vaikuttaa siihen, kuinka monta erää nimikettä voi olla varastossa. Muuttamalla kanbanien määrää tai niissä olevaa eräkokoaa, voidaan suoraan vaikuttaa keskeneräisen tuotannon ja varastojen määrään. (Kouri 2009, 22.)

### 3.3.3 Tuotannon layout

Layoutilla tarkoitetaan tuotannon koneiden, laitteiden, varastojen ja käytävien sijoittelua tuotantolaitoksessa. Tuotantolaitteiden ja työnkulun kannalta layoutit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: funktionaalinen layout, tuotantolinjalayout ja solulayout. (Haverila ym. 2009, 475.)

#### Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa (myös teknologinen layout) koneet ja työpisteet sijoitellaan työtehtävien samankaltaisuuden perusteella. Esimerkiksi tehtaassa sorvit sijaitsevat sorvaamossa ja hitsauspaikat hitsaamossa. Tuotteita valmistetaan joko yksittäiskappaleina tai sarjoina, ja tyyppillisessä funktionaalisisessa layoutissa onkin, että tuotantomäärät ja -tyypit voivat vaihdella runsaasti. Vaihtelevasta kuormituksesta ja työnkulusta johtuen automaation käyttö on rajoitet-

tua materiaalinkäsittelyssä. Funktionaalisen layoutin tuotannonohjaus perustuu työkoneille ja -laitteille jonottavien töiden järjestelyyn. Nämä jonot kasvattavat keskeneräisen tuotannon määrää ja tuotannon läpimenoaika pitenee. Materiaalien käsittelykustannukset ovat korkeat, sillä työpisteiden väliset suuret etäisyydet lisäävät siirto- ja käsittelytarvetta. Lisäksi laadunhallinta on hankalaa suurten välivarastojen ja työpisteiden välisten etäisyyksien vuoksi. Funktionaalinen layout on edullinen ja helppo tapa toteuttaa tuotantolinjaan verrattuna. Kapasiteetin ja tuotekirjon kasvattaminen on joustavaa, toisaalta, vastapainona tuotantolinjaan, tuottavuus ja kuormitusaste jää heikommaksi. (Haverila ym. 2009, 476–477.)

### **Tuotantolinjalayout**

Tuotantolinja on erikoistunut tiettyjen tuotteiden valmistukseen ja siinä koneet ja laitteet on sijoitettu tuotteiden valmistuksen mukaiseen järjestykseen. Työvaiheiden välillä käytetään mekaanisia kuljettimia ja työnkulku on selkeää. Tuotantolinjan perustaminen vaatii suurta volyyymia ja korkeaa kuormitusastetta. Kun nämä edellytykset täytetään, voidaan suurista perustamiskustannuksista huolimatta saada yksikköhinta alhaiseksi. Automaatiota voidaan käyttää valmistamisessa ja kappaleenkäsittelyssä. Tuotantolinja on herkkä häiriöille, koska pienikin vika voi vaikuttaa koko linjan tuottavuuteen. Tuotantolinjan kapasiteetin kasvattaminen on haasteellista linjan perustamisen jälkeen. (Haverila ym. 2009, 475–476.)

### **Solulayout**

Solulayoutia voidaan ajatella eräänlaisena kahden edellisen layoutin välimuotona. Solut muodostavat itsenäisen ryhmän eri koneista ja työpisteistä, ja solut voivat olla erikoistuneita tiettyjen työvaiheiden tai tuotteiden valmistamiseen. Funktionaaliseen layoutiin verrattuna solujen läpäisyajat ovat merkittävästi pienempiä ja materiaalivirta on selkeää ja ohutta. Tuotannonohjaus on selkeää ja helppoa, sillä kuormituspisteitä muodostuu vain yksi solua kohti. (Haverila ym. 2009, 477–478.)

### 3.3.4 Tahtiaika

JIT-ajattelun eräs peruskonsepti on tahtiin liittyvä käsite, tahtiaika. Esimerkiksi, jos asiakkaat ostavat keskimäärin yhden Toyota-auton minuutissa, olisi tahtiaika yksi minuutti. Ihannetapauksessa kokoonpanolinjalta tulisi uusi auto minuutin välein ja jokaisen auton osia saapuisi työvaiheisiin saman tahtiajan mukaan. Kuitenkin, jokaisessa prosessissa on hukkaa, jolloin asiakkaan tarpeen tyydyttämiseksi vaaditaan käytännössä tahtiaikaa nopeampaa toimintaa. (Liker ym. 2012, 79.)

Rother (2011, 71) esittää, että tahtiaika on prosessin tuottamien tuotteiden ryhmän kysynnän vauhti. Useimmiten tahtiaikaa käytetään kokoonpanoprosesseissa, joissa palvellaan ulkoisia asiakkaita. Tahtiaika on tehokkaan toiminta-ajan vuoroa kohtaan ja kysynnän vuoroa kohtaa osamäärä, ks. kaava 2.

$$\text{tahtiaika} = \frac{\text{tehokas toiminta-aika vuoroa kohti}}{\text{kysyntä vuoroa kohti}} \quad (2)$$

Rotherin (2011, 71) esimerkissä asiakasvaatimus on keskimäärin 450 tuotetta vuoroa kohti ja tehokas toiminta-aika on 26 100 sekuntia vuorossa. Tällöin tahtiajaksi saadaan  $26\,100 \text{ s}/450 \text{ kpl} = 58 \text{ s/kpl}$ , eli tahtiaika on 58 sekuntia. Kun tahtiaika on laskettu, tulee siitä vähentää mm. vaihtoajat, suunnittelematon tauko-aika ja osien hylkäämiseen ja korjaamiseen kulunut aika. Tällöin saadaan todellinen nopeus linjalle, eli suunniteltu jaksoaika, jonka nopeudella tuotannon tulisi toimia.

Kun tiedetään valmistusyksikön valmistukseen käytettävä aika, voidaan tahtiajan avulla laskea, kuinka monta työvaihetta vähintään prosessissa tulisi olla, jotta asiakastarve saadaan tyydytettyä. Esimerkiksi valmistusaika on 370 sekuntia ja tahtiaika on 42 sekuntia. Jakamalla valmistusaika tahtiajalla saadaan teoreettinen työpisteiden määrä. Eli esimerkin tilanteessa teoreettinen työpisteiden minimimäärä  $= 370 \text{ s}/42 \text{ s} = 8,8 \sim 9$  työvaihetta. (Martin 2014, 137–138.)

## 4 TUOTANTOPELI

Tuotantopelillä on tarkoitus esitellä ja opettaa osallistujille aluksi perinteistä tuotannonohjausta ja sittemmin muutamia lean-filosofiassa käytettyjä periaatteita ja työkaluja, kuten layoutin muutos, eräkoon vaikutus, kanban-menetelmä ja tuotannon tasapainotus tahtiaikaan perustuen. Ajatuksena on tuoda osallistujille kokemuksia eri layoutien ja tuotantofilosofioiden vaikutuksista ja siten antaa ideoita prosessien parantamiseen. Peli on kokonaisvaltainen yhdistelmä pelielementtejä, keskustelua ja oppimista. Pelin alkuperä johtaa tanskalaiseen oppimispelejä tarjoavaan yritykseen. Opinnäytetyöntekijä on muutoksillaan luonut pelistä oman version, Tuotantopelin. Alkuperäisen pelin kopiot on saatu tätä opinnäytetyötä varten lainaan Xamkilta Kouvolan ja Kotkan toimipisteistä.

Peli on tarkoitettu kahdeksasta henkilöstä ylöspäin, järkevä yläraja lienee 12 henkilössä. Pelaajat jaetaan eri rooleihin ennen kierrosten alkua. Koska kierroksia ja rooleja on useita, on edullista, että osallistujat kokeilevat eri rooleja eri kierroksilla.

Pelin roolit:

- **Ohjaaja (1 hlö):** Ohjeistaa pelaamisen ja opettaa peliin liittyvää teoriaa.
- **Operaattori (4 hlöä):** Pelin eri toiminnoissa eli työpisteissä olevat autojen kasaajat valmistavat autoja ja tilaavat tarvittaessa osia materiaalihenkilöiltä. Jokaisessa toiminnossa on yksi operaattori.
- **Materiaalinkäsittelijä (1–2 hlöä):** Siirtävät osia varastosta toimintoihin ja valmistuvia autoja toimintojen välillä.
- **Tehdaspäällikkö (1 hlö):** Ohjaa ja tiedottaa operaattoreita ja toimittaa valmiit autot asiakkaalle.
- **Asiakas (1 hlö):** Ostaa tehtaalta autoja ja reklamoi tehdaspäällikölle, jos vastaanottaa virheellisiä autoja.
- **Ajanottaja/kirjuri (1 hlö):** Ottaa aikaa valmistuneista autoista ja kirjaa virheellisten autojen määriä.

Ylijäävät osallistujat purkavat valmistuneita autoja takaisin varastoon. Näin varmistetaan varaston riittävyys ja pelin sujuva eteneminen.

Pelin neljässä eri toiminnossa autot jalostuvat asteittain ja ovat lopulta valmiita toimitettavaksi. Jokainen toiminto saa oman työohjeensa, jonka avulla autoja kasataan. Kopiot työohjeista toimivat keräilylistoina materiaalihenkilöille toimintojen palvelemista varten. Ennen varsinaista peliä osallistujat harjoittelevat autojen kasaamista eri toiminnoissa. Jokaisen kierroksen alussa toimintoihin

jaetaan viiden auton osat ja materiaalihenkilöt pyrkivät täydentämään toimintojen varastoja tarpeen mukaan.

Tuotantopeli on jaettu kolmeen kierrokseen, joilla jokaisella on omat tarkoitukset ja ohjeistukset. Kierrosten tarkoituksena on esittää, kuinka eri menetelmät ja työkalut vaikuttavat tehtaan toimintaan. Pelistä pidetään kirjaa kierroskohtaisesti ja tulokset ovat keskustelun, pohdinnan ja oppimiskokemusten tukena.

Kirjattavia asioita ovat:

- **Kierroksen kokonaisaika:** Tuotannon aloituksesta erikoistilauksen toimitukseen saakka.
- **Keskeneräinen tuotanto / Work In Process:** Prosessissa olevien puolivalmiiden autojen lukumäärä kierroksen lopussa.
- **Läpimenoaika:** Kokonaisaika, jonka erikoistilaus (asiakas tilaa tietyssä vaiheessa kierrosta erikoistilauksen) kulkee prosessin läpi tilauksen aloituksesta toimitukseen saakka.
- **Eräkoko:** Huomioidaan kierroksen eräkoko, eli kuinka monen auton (puolivalmiit ja valmiit toimitettavat) erissä ne kulkevat prosessin toimintojen läpi. Eräkoko määritellään kierrosten säännöissä.
- **Toimitukset:** Toimitettujen autojen lukumäärä asiakkaalle.
- **Henkilöstö:** Peliin osallistuneiden henkilöiden lukumäärä.
- **Tila:** Tehtaan toimintojen pöytien/tilan lukumäärä kierroksen aikana.
- **Tuottavuus:** Teholukema toimitusten lukumäärä/henkilö/aikayksikkö.
- **Huono laatu:** Huonolaatuisten osien lukumäärä sekä virheellisesti kasatut autot asiakkaalla. Tämän opinnäytetyön peleissä oli sääntönä, että erikoistilauksen jälkeiset autot ovat huonolaatuisia.

Tuloksia tarkastellaan kierrosten välillä ja lopuksi saadaan kokonaisarvio tehtaan toiminnasta ja mahdollisista parannuksista. Tuloksia saadaan myös taloudellisen suorituskyvyn osalta. Tulokset tukevat osallistujia myös ilmiöiden ja menetelmien pohdinnassa ja kommentoinnissa. Ideana huonossa laadussa on kuvata piileviä laatuvirheitä, joita asiakas havaitsee ikään kuin lyhyen käytön jälkeen, eikä niitä siten ole ollut mahdollista havaita tuotantovaiheessa.

#### 4.1 Ensimmäinen kierros: Funktionaalinen layout ja erätuotanto

Ensimmäisellä kierroksella päätavoite on havainnollistaa perinteisen, funktionaalisen layoutin toimintaa ja eräkoon vaikutusta. Osallistujat laittavat toimintojen pöydät erilleen toisistaan ja niiden järjestys on tarkoituksella ristissä korostaakseen funktionaalista layoutia. Eräkoko on ensimmäisellä kierroksella kolme autoa, niin toimintojen välillä kuin asiakastoimituksissakin.



## 4.2 Toinen kierros: Solu-layout ja kanban-menetelmä

Toisella kierroksella tuodaan peliin mukaan uusia elementtejä. Funktionaalisesta layoutista siirrytään solu-layoutiin. Osallistujat siirtävät toimintojen pöydät toisiinsa kiinni numerojärjestykseen, jolloin autot siirtyvät ilman materiaalinkäsittelijää toiminnosta toiseen. Kanbanin avulla pyritään rajoittamaan keskeneräistä tuotantoa, koska kanban antaa signaalin operaattorille joko kasata autoa tai odottaa kasauksen aloitusta. Tuotantopeliä varten on valmistettu omat kanban-kortit eri toimintoihin, esimerkkinä toiminnon 2 kanban-kortti kuvassa 9.

TUOTANTO-KANBANKORTTI		
<b>OSAN SELITE</b>		<b>Osanumero</b>
Kuorma-auto 2/4		2/4
<b>Määrä</b>	1	
<b>Työohje</b>		
<p><b>#2 KASAA AUTOA</b></p> <p>Valmis auto tähän ruutuun</p>		
<b>Toimittaja</b>	Kuorma-autotehdas	
<b>Suunnittelija</b>	Seppo Uunnittelija	
<b>Valmistava työpiste</b>		#2
<b>Seuraava työpiste</b>		#3

Kuva 9. Toiminnon #2 kanban-kortti (Kivinen 2019)

Kun toiminnon operaattori kasaa auton kanbanin (kuva 9) päälle, peittyy ohje ”kasaa autoa”. Seuraavan työvaiheen imiessä auton pois kanban-kortilta, ilmestyy operaattorille jälleen visuaalinen ohje: ”kasaa autoa”.

## 4.3 Kolmas kierros: Tahtiaika ja tuotannon tasapainottaminen

Kolmannella kierroksella säännöt ovat samat kuin toisella kierroksella. Uutena elementtinä tulee asiakkaan vaatimus toimitusajasta, jota käsitellään tahtiaikana. Asiakas haluaa tietyllä tahdilla autoja itselleen, johon tehtaan tuotanto

pyrkii vastaamaan. Toisen kierroksen analysoinnin jälkeen on mahdollista huomata eri toimintojen välinen epätasaisuus. Osallistujat saavat itse ryhmässä pohtia, kuinka asiakkaan vaatimuksen mukaiseen tahtiaikaan on mahdollista päästä ja tehdä muutoksia toiminnoissaan. Ajatuksena on, että ryhmät muodostavat uudet työohjeet toiminnoittain ja pyrkivät poistamaan pullonkauloja sekä nopeuttamaan tuotantoa.

## **5 TUOTANTOPELIN TULOKSET, HAVAINNOINTI JA RAPORTIT**

Opinnäytetyön tuloksia tarkastellaan itse Tuotantopelin tuottamien arvojen lisäksi havaintojen ja kertomusten muodossa. Tuotantopelin osalta tuloksia tarkastellaan luvussa neljä esitelyjen kirjattavien asioiden valossa. Havainnointi tarkoittaa opinnäytetyöntekijän havaintoja pelin vaiheista, pelaajista ja ilmiöistä pelikierrosten aikana. Pelin jälkeen opiskelijoiden kirjoittamia raportteja analysoidaan kertomusmenetelmän avulla.

### **5.1 Tuotantopeli**

Tätä opinnäytetyötä varten Tuotantopeliä pelasi neljä ryhmää kahtena päivänä. Koska pelin kopioita oli kaksi, voitiin yhtenä pelipäivänä peluuttaa kahta ryhmää samaan aikaan. Ryhmät 1 ja 2 pelasivat ensimmäiseksi tiistaina 12.3.2019 ja ryhmät 3 ja 4 perjantaina 15.3.2019.

#### **5.1.1 Kierrosten tulokset**

##### **Ensimmäinen kierros**

Ensimmäinen kierros oli ajallisesti pisin, koska funktionaalinen layout ja suurempi eräkoko oli hidas tapa tuottaa autoja. Työntöohjauksen seurauksena jonoja ilmeni paikoitellen joka toiminnossa. Taulukko 1 osoittaa ensimmäisen kierroksen tuloksia.

Taulukko 1. Ensimmäisen kierroksen tuloksia ryhmittäin (Kivinen 2019)

TULOKSET - TUOTANTOPELI	KIERROS 1			
	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3	Ryhmä 4
<b>Kokonaiskierrosaika</b>	0:19:56	0:23:04	0:14:55	0:23:21
<b>WorkInProgress</b>	13	9	14	10
<b>Läpimenoaika</b>	0:15:00	0:18:20	0:10:49	0:16:58
<b>Eräkkoko</b>	3	3	3	3
<b>Toimitettu</b>	15	15	9	15
<b>Henkilöstö</b>	11	11	9	10
<b>Tila</b>	4	4	4	4
<b>Huono laatu</b>	13	9	14	10
<b>Tuottavuus (autoja/hlö/päivä)</b>	98,51	85,13	96,54	92,51

Kaikilla neljällä ryhmällä tuottavuus oli melko samalla tasolla ensimmäisen kierroksen aikana, vaikka kierrosajoissa eroa olikin (Taulukko 1). Suuri eräkkoko teki läpimenoajasta pitkän suhteessa kokonaiskierrosaikaan

### Toinen kierros

Toisella kierroksella muutettiin tehtaiden layoutia funktionaalisesta soluun ja pienennettiin eräkkoko kolmesta yhteen. Lisäksi mukaan tuotannonohjaukseen tuotiin kanban-järjestelmä, jolla saatiin keskeneräistä tuotantoa vähennettyä ja virtausta lisättyä (taulukko 2).

Taulukko 2. Toisen kierroksen tuloksia ryhmittäin (Kivinen 2019)

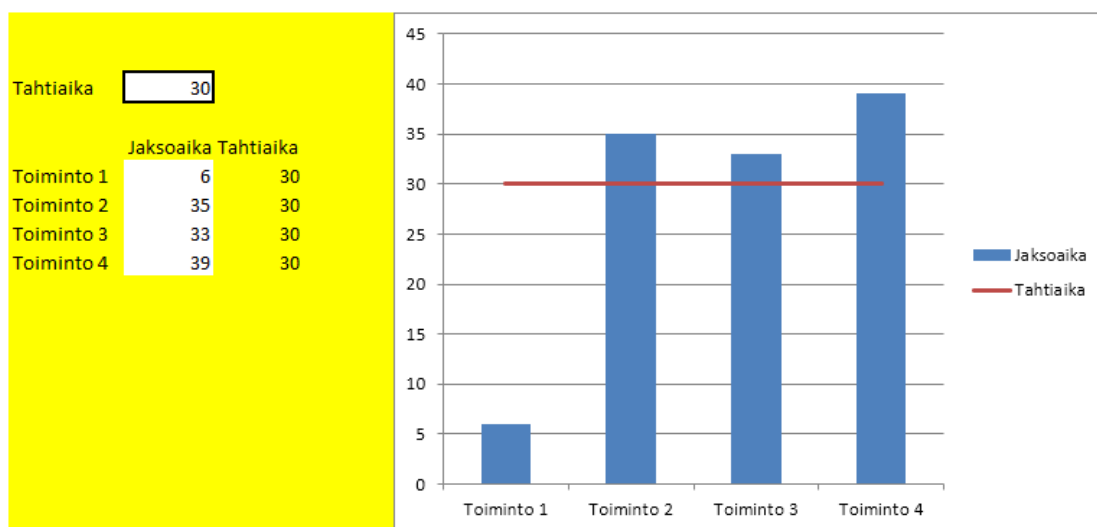
<b>TULOKSET - TUOTANTOPELI</b>		<b>KIERROS 2</b>			
		<b>Ryhmä 1</b>	<b>Ryhmä 2</b>	<b>Ryhmä 3</b>	<b>Ryhmä 4</b>
<b>Kokonaiskierrosaika</b>		0:13:08	0:14:03	0:16:35	0:19:45
<b>WorkInProcess</b>		3	2	3	1
<b>Läpimenoaika</b>		0:03:07	0:04:21	0:03:45	0:04:18
<b>Eräkkoko</b>		1	1	1	1
<b>Toimitettu</b>		14	14	14	14
<b>Henkilöstö</b>		11	11	9	10
<b>Tila</b>		1	1	1	1
<b>Huono laatu</b>		3	2	3	1
<b>Tuottavuus (autoja/hlö/päivä)</b>		139,55	130,44	135,08	102,08

Muutosten ansiosta tuotantoon saatiin imuohjaus ja kierroksen kaksi tuloksien (taulukko 2) perusteella keskeneräisen tuotannon (work in process) määrä, huonolaatuiset autot ja eräkkoko putosivat merkittävästi, kuten Littlen lain mukaan saattoi odottaa. Kolmen ensimmäisen ryhmän tuottavuus oli jälleen lähellä toisiaan. Neljännellä ryhmällä parannus oli pienempi, mutta kuitenkin yli 10 %.

### **Kolmas kierros**

Toinen pelikierros osoitti pullonkauloja tuotannossa. Asiakasvaatimuksena kolmannelle kierrokselle tuotiin 30 sekunnin tahtiaika ensimmäisen toimitetun auton jälkeen. Pelin kehitysvaiheessa se arvioitiin haastavaksi alittaa, muttei mahdolliseksi, lisäksi 30 s on mukavan pyöreä luku ajanoton ja hahmottamisen kannalta. Täydellisen tahtiajan alittamisen sijaan ajatuksena oli tuottaa ryhmillä painetta kovalla aikavaatimuksella, jotta he panostaisivat huolella tuotannon tasapainottamiseen. Pullonkaulojen lakiin nojaten ryhmät pyrkivät parhaansa mukaan tasoittamaan tuotannon jaksoaikoja toiminnoittain. Ensimmäiseksi ryhmät selvittivät, kuinka kauan nykyisten työohjeiden mukainen valmistus toiminnoittain kesti. Kuvassa 10 esitetään esimerkkinä ryhmän kaksi kellotukset alkuperäisten kasaustandardien mukaan.

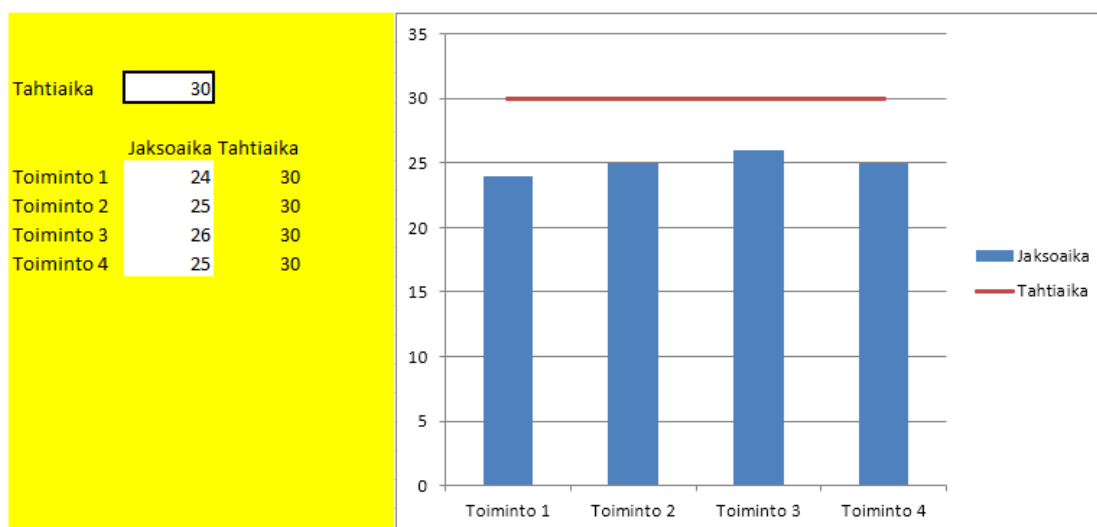
## Tahtikuva



Kuva 10. Tahtikuva ennen tuotannon tasapainotusta (Kivinen 2019)

Ajanoton jälkeen (kuva 10) ryhmät pohtivat, kuinka saada jokaisen toiminnon jaksoaika alle tahtiajan eli alle 30 sekunnin. Ryhmillä oli erilaisia lähestymistapoja asian ratkaisuun, kuitenkin pääpainottaen osien siirtelyä toimintojen kesken, jotta jaksoajat tasoittuisivat ja tuotannon pullonkauloja saataisiin poistettua, tai ainakin pienennettyä. Kuva 11 esittää ryhmän kaksi tasapainotetun tuotannon jaksoajat.

## Tahtikuva



Kuva 11. Ryhmän kaksi tasapainotetun tuotannon jaksoajat (Kivinen 2019)

Kuvan 11 perusteella asiakkaan 30 sekunnin vaatimukseen olisi mahdollista päästä. Todellisuudessa, vaihtelun takia, se ei ollut niin helppoa. Oletettavasti

suurin vaihtelun aiheuttaja oli kasaamisen harjoittelun puute uusien standardien (työohjeiden) luomisen jälkeen – tehokkaan valmistuksen oppimiskäyrä oli vielä alkutekijöissään. Taulukossa 3 havainnollistetaan ryhmien tuotantojen toimituskykyä asiakasvaatimukseen peilaten.

Taulukko 3. Ryhmien kokonaisjaksoajat 3. kierrokselta (Kivinen 2019)

Auto #	ryhmä 1	ryhmä 2	ryhmä 3	ryhmä 4
2	26	26	43	31
3	26	34	40	40
4	37	52	49	29
5	38	27	35	33
6	38	41	43	38
7	38	35	37	29
8	31	39	41	46
9	40	48	47	28
10	34	43	41	51
11	35	44	42	25
12	31	33	35	28
13	42	34	52	31
14	45	37	35	38
15	30	47	37	39
16	53	46		43
17		26		
18		37		
<b>keskiarvo</b>	36,3	38,2	41,2	35,3
<b>keskihajonta</b>	7,0	7,6	5,1	7,3
<b>minimi</b>	26	26	35	25
<b>maksimi</b>	53	52	52	51
<b>vaihteluväli</b>	27	26	17	26
<b>onnistuneet, kpl</b>	3	3	0	5

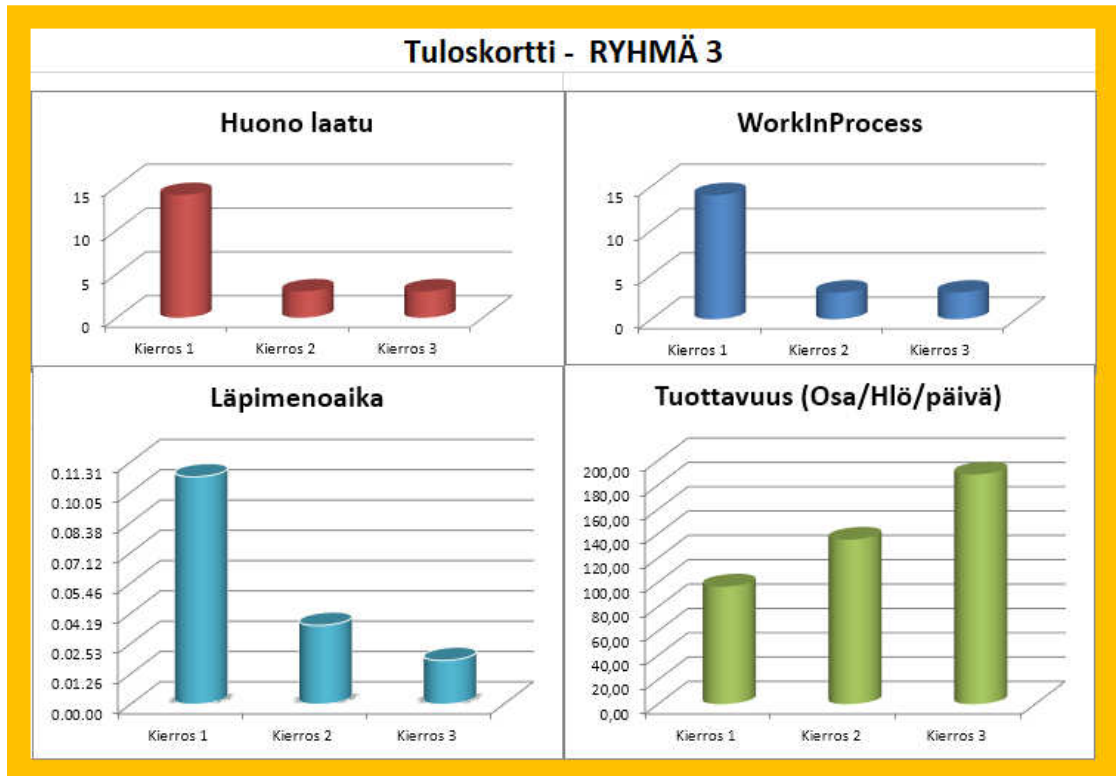
Kolmannen kierroksen kaikki toimitukset (ensimmäisen toimitetun auton jälkeen) jaksoaikoinen esitetään taulukossa 3. Jaksoajoista on laskettu ryhmittäin sekunteina keskihajonta, minimi- ja maksimiarvot, niiden vaihteluvälit ja täydellisesti onnistuneet asiakastoimitukset (alle 30 s). Taulukosta voi tehdä johtopäätöksen, että 30 sekunnin vaatimus on melko ankara, mutta siihen on mahdollista päästä. Lisäksi on mielenkiintoista huomata, että ryhmä 3 oli hitain keskiarvoltaan, eikä yhteenkään täydelliseen toimitukseen ylletty, mutta heillä

keskihajonta ja vaihteluväli oli selvästi pienin. Tuotannon vaihtelu, ennustettavuus ja stabiilius oli ryhmällä 3 ehdottomasti parhaalla tasolla, vaikka suorituskyky olikin heikointa. On syytä huomioida, että Tuotantopelin tarkoitus ei ollut kilpailla ryhmittäin toisiaan vastaan, vaan esittää eri menetelmiä, ideoita ja parannuksia osallistujille.

Taulukko 4. Tulokset kolmannelta kierrokselta (Kivinen 2019)

<b>TULOKSET - TUOTANTOPELI</b>		<b>KIERROS 3</b>			
		<b>Ryhmä 1</b>	<b>Ryhmä 2</b>	<b>Ryhmä 3</b>	<b>Ryhmä 4</b>
<b>Kokonaiskierrosaika</b>		0:11:05	0:12:40	0:12:43	0:10:34
<b>WorkInProgress</b>		0	1	3	3
<b>Läpimenoaika</b>		0:02:49	0:03:40	0:02:05	0:02:28
<b>Eräkoko</b>		1	1	1	1
<b>Toimitettu</b>		16	18	15	16
<b>Henkilöstö</b>		11	11	9	10
<b>Tila</b>		1	1	1	1
<b>Huono laatu</b>		0	1	3	4
<b>Tuottavuus (autoja/hlö/päivä)</b>		188,98	186,03	188,73	218,04

Kolmannen kierroksen tulokset (taulukko 4) osoittavat, että keskeneräisen tuotannon määrä ei keskiarvallisesti enää merkittävästi muuttunut toisesta kierroksesta. Ryhmät onnistuivat tasoittamaan jaksoaikoja, jolloin pullonkaulavaiheet eivät olleet enää niin rajoittavia ja se näkyy suoraan läpimenoaikojen selkeänä parantumisena. Keskeisimpinä parannuksina kierroksen kolme osalta ja opinnäytetyön aiheen kannalta voidaan pitää keskeneräisen tuotannon pieneneminen noin 85 % ja läpimenoajan pieneneminen noin 82 % ensimmäiseen kierrokseen verrattuna. Kuvassa 12 on esillä ryhmän kolme edistymistä pelin eri kierroksilla graafisen tulokortin muodossa.



Kuva 12. Ryhmän kolme saavutukset tuloskorttina (Kivinen 2019)

Kuva 12 osoittaa, että huono laatu ja work in process eli keskeneräinen tuotanto kulkevat käsikädessä. Näiden pelikertojen sääntönä oli, että erikoistilauksen jälkeen tietyt osat ovat viallisia pelin loppuun saakka. Ryhmän kolme läpimenoaika putosi reilusti kierrosten edetessä. Lisäksi tuottavuudessa oli havaittavissa tasaista ja vahvaa kasvua. Muut ryhmät saivat hyvin samankaltaisia tuloskortteja aikaiseksi peleistään.

### 5.1.2 Pelin taloudellisten tulosten tarkastelu

Taloudellisten tulosten tarkasteluun on otettu sattumanvaraisesti ryhmä kolme. Kaikilla neljällä ryhmällä tulokset olivat verrattain hyvin samankaltaisia, jolloin ei ole asianmukaista eikä mielekäästä käydä kaikkia ryhmiä läpi tämän opinnäytetyön pituuden kannalta. Taulukko 5 esittää ensimmäisen kierroksen kokonaiskierrosajan suhteen normalisoituja tuloksia.



Taulukko 5. Ryhmän kolme normalisoidut taloustulokset

<b>NORMALISOITU - TALOUSRAPORTTI RYHMÄ 3</b>			
	<b>Kierros 1</b>	<b>Kierros 2</b>	<b>Kierros 3</b>
Myynti	225,00 €	314,82 €	439,88 €
Kokonaisliikevaihto	225,00 €	314,82 €	439,88 €
Kustannukset			
<i>Materiaali</i>	72,00 €	100,74 €	140,76 €
<i>Työvoima</i>	81,00 €	113,34 €	158,36 €
<i>Viat</i>	238,00 €	51,00 €	51,00 €
Omakustannushinta	391,00 €	265,08 €	350,12 €
Kate	- 166,00 €	49,74 €	89,76 €
Muut kustannukset			
<i>WIP</i>	70,00 €	15,00 €	15,00 €
<i>Tila</i>	2,00 €	0,50 €	0,50 €
Kokonaiskustannukset	463,00 €	280,58 €	365,62 €
<b>Voitto</b>	- 238,00 €	34,24 €	74,26 €
<b>Voitto-%</b>	-106 %	11 %	17 %

Taulukosta 5 voidaan tarkastella ryhmän kolme taivalta kuorma-autotehtaan talousjohtamisen osalta eri "kausilla", pelin kierroksilla. Talouslukujen asetuksina käytettiin tässä esimerkissä:

- Auton myyntihinta 25 €
- Materiaalit/auto 8 €
- Palkkakulut/hlö 9 €
- Huono laatu/viat 17 €
- WIP / keskeneräinen tuotanto 5 €
- Tila 0,5 €

Ensimmäisen kierroksen tulokset olivat yrityksen kannalta kestämättömät, kuten pelin lähtökohdilta voitiin odottaakin. Toisen kierroksen parannukset nostivat ryhmän 3 tehtaan jo terveelle pohjalle ja kolmannen kierroksen tasapainoituksen jälkeen jo varsin hyvälle myyntivoiton tasolle. Keskeneräisen tuotannon

ja sen piilottamat laatuvirheet olivat suurin tappion aiheuttaja ensimmäisellä kierroksella. Muilla kierroksilla materiaalit ja palkkamenot olivat suurimmat kulu-  
luerät.

## 5.2 Havainnointi

Havainnointi oli mielekästä ja luontaista pelin ohjeistuksen ja seuraamisen ohella, vaikkakin melko intensiivistä. Kahden ryhmän pelatessa yhtäaikaaisesti pelipäivää kohden vaadittiin järjestelmällistä lähestymistä havainnoinnin suorittamiseen. Havainnointia varten oli varattu kirjoituslupa, jonka avulla huomioiden kirjaaminen kävi helposti. Jokaista ryhmää kohti kerättiin tietoa eri kierroksilta ja tarvittaessa niiden väliltä.

Peliä pelattiin toteutusviikolla tiistaina ja perjantaina, ja varsinkin jälkimmäisenä pelipäivänä oli alkuvaiheessa osallistujilla huolena: ”Kauanko tämä tilaisuus kestää?”. Pelipäiville aikaa oli varattu koko paketin läpivientiin 8.15–14.15. Molemmat ryhmät olivat aluksi hieman, jos eivät nyt ihmeissään, niin huvittuneita, kun ilmeni, että kyseessä on legopalikoihin perustuva opetuspele. Eri päivinä ryhmät olivat melko samaa kokoluokkaa henkilömääriltään.

Pelipäivät alkoivat pohjustuksella pelin aiheesta, tarkoituksesta, ja syistä miksi se on sisällytetty osaksi opintojaksoa. Noin tunnin alustuksen jälkeen alkoivat ensimmäiset pelikierrokset, joihin sisältyi luokkahuoneen muokkaus ”tehtaille” sopivaksi eli omat pöydät siirrettiin ohjeen mukaan jokaiselle toiminnolle ja varastolle. Ryhmille jaettiin kasausohjeet eri toimintoihin ja keräilylistat materiaalihenkilöille. Ennen varsinaista pelikierrosta autojen kasausta harjoiteltiin tun-  
tuman saamiseksi.

### **Ensimmäinen kierros: Kaaosta ja meteliä**

Ensimmäistä kierrosta oli nautinnollista seurata. Ei siksi, että pelaajat olivat kiireisiä ja paikoin jopa turhautumisen tilassa melko nopeasti lähtölaukauksen jälkeen. Nautinnon ja helpotuksen loi tieto, että ensimmäinen kierros toimi juuri niin, kuten oli saatettu toivoa, eli materiaalin virtauksen ja jono vaikutusten osalta hitaasti ja tehottomasti.

Ryhmällä 1 oli melkoista ihmettelyä systeemin toiminnan kannalta, kun materiaalihenkilöt risteilivät varaston ja toimintojen välillä. ”Puuttuu, puuttuu!” tai ”lisää osia!” olivat yleisiä huudahduksia monessa vaiheessa eri toiminnoissa ja tehdaspäällikön suusta. Tehdaspäällikkö ohjeisti parhaansa mukaan kaikkia tekijöitä. Ensimmäisen toiminnon operaattorilla oli paikoitellen pitkästynyt ilme kasvoillaan, kun muissa kasailtiin autoja toiminnon osatilanteen niin sallissa. Odottelu johti operaattorien turhautumiseen varaston ja materiaalihenkilöiden hitaan suorituskyvyn takia. Niin sanotut ylimääräiset henkilöt purkivat valmistuneita autoja takaisin varastoon. Ryhmä 2 huomasi omassa tuotannossaan heti alkumetreillä pullonkauloja. Kaaos, kiire ja kovaääninen ohjeistus oli merkillepantavaa myös tässä ryhmässä. Ryhmissä 3 ja 4 toistuivat aivan samat asiat kuin edellisissäkin. Ryhmän 3 keskinäinen dynamiikka ja ryhmähenki vaikutti olevan parempi kuin ryhmällä 4, jonka toiminta oli hieman alkukankeaa. Saman voi havaita myös edellisen luvun 1. kierroksen tuloksien tuottavuusluke- mista. Yleisimpiä puheenaiheita ensimmäisellä kierroksella olivat osien tilaa- minen toimintoihin eli työpisteisiin ja varaston ja materiaalinkäsittelijöiden hi- das toiminta. ”Eikö tämä lopu ikinä?!” -kommenttikin saatiin nelosryhmältä ää- nekkäästi kierroksen loppuvaiheilla.

Pelin ei ollut tarkoitus olla kilpailu toisia vastaan, mutta siltä ei voinut välttyä kumpanakaan pelipäivänä. Ryhmät kisasivat hyvässä hengessä ensimmäi- sellä kierroksella sen minkä ehtivät huudellen naapuripöytiin materiaali- ja va- rasto-ongelmien lomassa.

### **Toinen kierros: Oppimista, hyväksyntää ja hiljaisuutta**

Toista kierrosta alustettiin lyhyellä teorialla eräkoon muutoksen, layoutin vaih- tamisen ja kanban-systeemin vaikutuksista ja eduista. Erä koko ja layout olivat tuttuja osallistujille, mutta kanban oli vieraampi – vain muutama oli kuullut siitä ja vain yksi käyttänyt sitä kesätyössään. Ryhmät muuttivat toimintojen pöydät hajanaisesta sijoittelusta soluun, tässä tapauksessa jonomuotoon. Pöytiin li- sätettiin myös peliä varten suunnitellut kanban-kortit. Ryhmät vaihtoivat rooleja ensimmäiseltä kierrokselta ohjeistuksen mukaan, jotta kaikki saisivat moni- puolisen kokemuksen pelipäivästä. Oli hienoa huomata, että ensimmäisen kierroksen jälkeen kaikki ryhmät pohtivat, kuinka saisivat tuotannon toimimaan

paremmin. Ryhmien valmistautumisesta näytti hehkuvan itsestänselvyys, että ”kilpailija” eli naapuritehdas oli lyötävä.

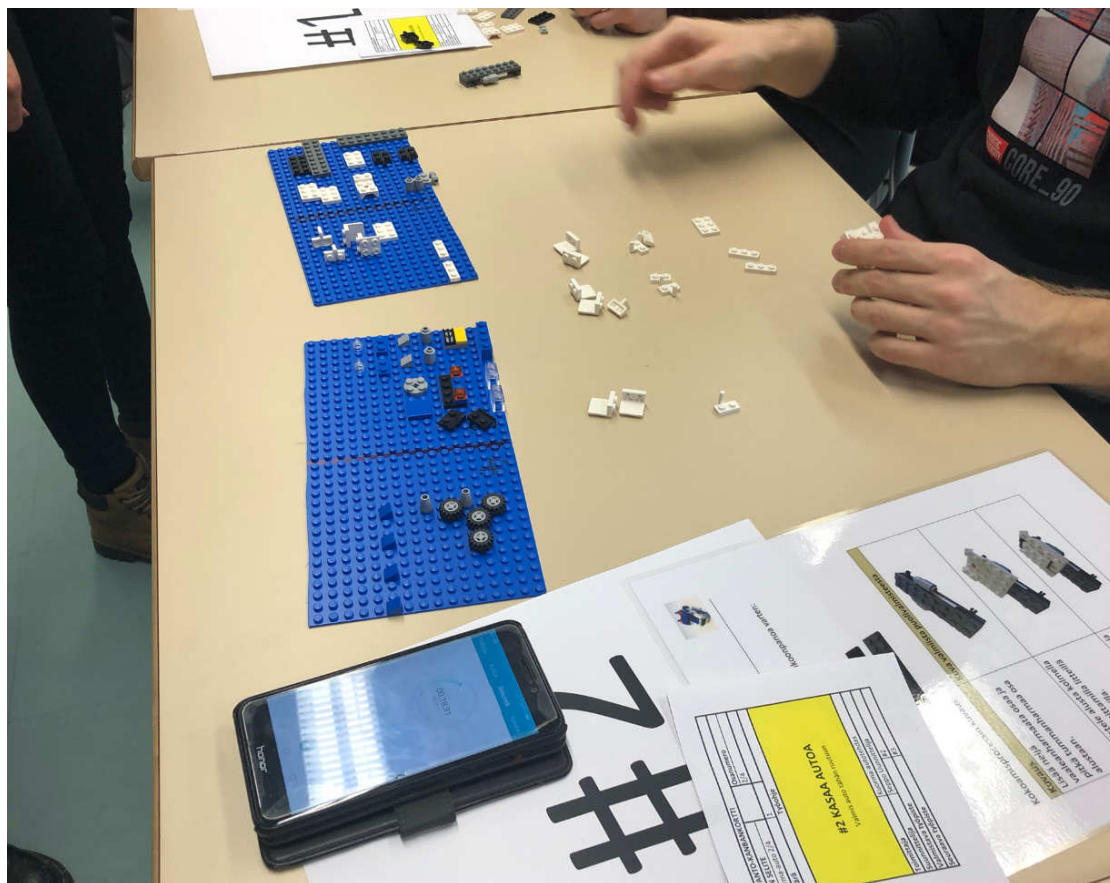
Toisen kierros näytti voimansa heti aluksi. Materiaalia virtasi tarpeen mukaan toiminnosta toiseen, eikä jonoja voinut muodostua valmistuville autoille, kiitos kanban-imuohjauksen. Joku huusi jo parin valmistetun auton jälkeen: ”Sika-paljon fiksumpi tapa toimia!” Myös tuotannon parantunutta virtausta keuhuttiin useassa ryhmässä. Materiaalinkäsittelijöiden työ helpottui solu-layoutin vuoksi, olivathan kuljetettavat etäisyydet lyhyempiä ja kanbanin ansiosta imuohjauksen avulla toiminto imi auton aihion edellisestä toiminnosta. Ryhmästä riippumatta osallistujat olivat innostuneempia ja motivoituneempia kuin ensimmäisellä kierroksella. Desibelimittaria ei ollut käytössä, mutta aistinvarainen äänenpainetasojen tulkinta antoi selkeän signaalin, että luokkahuone oli hiljentynyt reilusti. Toisinaan joissakin toiminnoissa ilmeni osien puutteita, mutta niitä oli paljon vähemmän ensimmäiseen kierrokseen verrattuna. Virtaustehokkuuden näkökulmasta tunnepohjainen ja silmin havaittu erikoistilauksen läpimenoajan parantuminen oli merkittävää, joka vahvistui myös varsin naisten pelitulosten analysoinnissa. Yhden kortin kanban osoitti toiminnoissa olevan epätasapainoa, jonka takia tuotanto ei vielä virrannut parhaalla mahdollisella tavalla, vaan toimintojen jaksoajoissa esiintyi suurtakin epätasaisuutta.

### **Kolmas kierros: Tasapainoilua ja keskittymistä**

Oli mielenkiintoista huomata, että toisen kierroksen ja ruokatauon jälkeen paikalle ehtineet osallistujat miettivät oma-aloitteisesti tuotannon parannuskeinoja ja harjoittelivat autojen kasausta, vaikkeivat tienneetkään vielä mitä on luvassa.

Tulevaa kolmatta kierrosta tarkasteltiin kahden aiemman valossa. Voitiin todeta ensimmäisen kierroksen resurssitehokkuuteen pyrkivän tavan heikkoudet läpimenoajoissa ja keskeneräisen tuotannon määrässä. Toisen kierroksen osalta tuli selväksi, että virtaustehokkuutta saatiin kasvatettua, mutta se tapahtui osin resurssitehokkuuden kustannuksella. Eri toimintojen epätasaiset jaksoajat yhdistettynä yhden kappaleen virtaukseen kanbanin avulla rajoitti

erityisesti toiminnon yksi tuotantoa jokaisella ryhmällä. Pohdinnassa oli, voiko korkean resurssi- ja virtaustehokkuuden yhdistää kolmannella kierroksella. Tätä varten ryhmille esitettiin lyhyesti pullonkaulojen lakia ja esteiden teoriaa. Sen myötä ryhmät saivat selville jaksoaikojen epätasaisuuden vaikuttavan auton läpimenoaikaan koko tuotannossa. 1X1-virtaus vaati toimia, joilla hukkaa saisi poistettua tuotantoketjusta. Kaizen-toiminnan hengessä ryhmät saivat noin puoli tuntia aikaa kehittää ja kokeilla uusia kasausohjeita (kuva 13), standardeja, joiden avulla voisivat pyrkiä mahdollisimman virtaavaan tuotantoon. Tähän annettiin ”motivaatioksi” haaste eli asiakkaan tarve saada auto aina 30 sekunnin välein. Osa ryhmistä oli epävarmoja onnistumisen mahdollisuudesta. Ryhmät alkoivat kokeilemaan eri osayhdistelmiä tuotannon tasapainottamiseen ja kellottivat jaksoaikoja vaihtelevalla tavalla. Vierestä seurattuna jotkut ryhmät eivät saaneet ehkä aivan niin helposti ideasta kiinni tuotannon tasapainotuksesta ja se näkyi myös jälkeinpäin, kun tuloksia tarkasteltiin (luku 5.1.3). Jotkut ryhmät laskivat jaksoaikoja yksittäisinä aikoina, toiset useamman auton keskiarvoista. Kuitenkin, PDCA-mallin mukainen toiminta, suunnittelu, toteutus, tarkastus ja toiminta oli läsnä jokaisen ryhmän toiminnassa.



Kuva 13. Erään ryhmän suunnittelua tahtiajan alittamiseksi (Kivinen 2019)

Kierrosten alkaessa oli taas hyvin hiljaista, osallistujat olivat keskittyneitä ja tietynlainen jännitys oli havaittavissa. Tunnelma oli ikään kuin näyttötyön kohokohdassa, josta oli selvittävä puhtain käsin – tai ainakin paremmin kuin naapuri. Jossain vaiheessa ryhmiltä paine purkaantui ja kevyttä huutoa kuului, kun osat eivät menneetkään odotetulla tavalla autoon kiinni tai muita ongelmia oli kohdattu. Tämä alkoi näkyä ajanottajan paperilla vaihteluna, jaksoaikojen hajontana. Kaikkien ryhmien osalta pystyi havaitsemaan vielä selvän parantumisen erikoistilauksen läpimenoajassa toiseen kierrokseen verrattuna. Erityisesti ryhmän neljä toiminta teki vaikutuksen. Heillä näytti tasapainotuksen suunnittelu hieman ylimalkaiselta, mutta mitä tuli asiakastarpeen tyydyttämiseen (30 s tahtiaika), ryhmä neljä olikin oma luokkaansa pärjäämällä siinä parhaiten.

Pelin jälkeen tarkasteltiin kierrosten välisiä tuloksia ja kerrattiin hyvin pikaisesti Littlen, pullonkaulojen ja vaihtelun lait. Tapahtuman päätyttyä opiskelijat kiittivät vuolaasti tapahtumasta molempina päivinä, olihan Tuotantopeli kuulemma ollut mukavaa vaihtelua luentopohjaiseen opetukseen. Oli mielenkiintoista ja palkitsevaa seurata ryhmien pelaamista kierros toisensa perään. Pelin kulku seurasi hyvin odotuksia, eikä mitään suurempia yllätyksiä ollut. Auton osia olisi voinut olla enemmän, varsinkin ensimmäisellä kierroksella, jolloin kesken-eräisen tuotannon määrät olisivat korostuneet entistä paremmin. Suurempi osien määrä olisi myös helpottanut pelin aikaista autojen purkamista.

### **5.3 Kertomukset/raportit**

Peliin osallistuneilta pyydettiin kotitehtävänä (liite 1) raportti pelipäivän kulusta ja pelikokemuksista. Raportteja palautui kaikkiaan 10 kappaletta, osallistujia niissä oli yhteensä 37 henkilöä. Peleihin osallistui yhteensä 41 henkilöä, joten aivan kaikkien osallistujien tuntemuksia ei analysoitavaksi saakka päätynyt tätä opinnäytetyötä varten. Seuraavissa alakohdissa käsitellään kertomusten eli tässä tapauksessa raporttien keskeisimpiä tuloksia pelin eri kierroksilta, oppimiskokemuksista sekä parannusehdotuksista ja kommentteista.

## Ensimmäinen kierros

Raportit kertoivat ensimmäisen kierroksen olleen mm. opettelua, kaoottinen, vaikea. Funktionaalinen layout oli kokemuksena haastava ja materiaali sekä materiaalihenkilöt kulkivat heikosti. Kiire ja melu oli läsnä kierroksella. Tehdaspäälliköillä oli vaikeuksia hahmottaa tuotannon tilaa ja ohjata työntekijöitä.

Otteita/mukaelmia raporteista kierroksen yksi osalta:

- Tehdaspäälliköllä oli paljon ohjattavaa, joten osia loppui. Kiire oli kova, ylimääräisiä liikkeitä ja meteliä.
- Kierros hieman kaoottinen ja osien toimitus aikaa vievää. Saattoi johtua strategian puutteesta. Valmiiden autojen purkaminen ongelmallista ja se hidasti tuotantoa.
- Sekavaa, varastomiehillä ja pomolla hirveä kiire.
- Kokoaminen oli sekavaa, koska prosessi oli epätasapainossa. Rekkojen purkaminen hidasti osien saamista varastoon.
- Toiminnoissa tarvittavien osien toimitus oli hidasta ja odotusajat haittasivat valmistusta.
- Autoja kasattiin kolmen erissä. Ensimmäinen toiminto oli huomattavasti nopeampi, ja toinen huomattavasti hitaampi kuin muut vaiheet.
- Hommaa oli organisoimatonta, joten kierros oli sekava ja tulos jäi miinukselle. Tilastolliset ajat olivat jokseenkin huonoja ja homma meni "huuteluksi" ja sähläämiseksi.
- Teimme autoja kolmen erissä, jonka jälkeen ne siirtyivät toiminnosta toiseen. Pullonkaula syntyi kolmannessa kasausvaiheessa, joka aiheutti varastolle ongelmia. Kommunikointi oli haasteellista.

Kommunikoinnin haasteet olivat ilmeisiä. Kiire ja sekavuus tuotannossa, erityisesti varastossa, tuli ilmi raporteissa. Myös pullonkauloja oli tunnistettu useissa raporteissa ensimmäisen kierroksen osalta. Autojen purkaminen oli haastavaa ja hidasta.

## Toinen kierros

Toisen kierroksen muutokset, kanban-menetelmä, pienempi erä koko ja solulayout toivat merkittäviä muutoksia pelin mekaniikkaan. Muutokset näkyivät myös osallistujien raporteissa. Toista kierrosta keuhuttiin lähes jokaisessa raportissa paremmaksi, sujuvammaksi ja eritoten hiljaisemmaksi melutasoltaan.

Merkittävimpiä otteita ja/tai mukaelmia kierrokselta kaksi:

- Kanbanilla parannettiin tuotannon ajoitusta ja toimivuutta. Sijoitimme myös varaston uudelleen parantaaksemme tavaroiden kulkua. Kanban toimi paljon paremmin kuin ensimmäisen kierroksen erätuotanto. Läpimenoaika nopeutui huomattavasti. Nopeutus näkyi myös yrityksen tuloksessa, se teki voittoa.
- Toinen kierros oli paremmin suunniteltu. Linjaston avulla rekkoja oli nopeampaa kasata ja läpimenoaika lyheni. Toiminnoissa ilmeni epätasaisuutta, joillain oli liikaa hommaa ja joillain vähän.
- Toisella kierroksella layoutia muutettiin radikaalisti, ja teimme liukuhihnan kaltaisen ratkaisun. Tuotanto nopeutui erittäin paljon. Varastomiehet löysivät oikeisiin toimintoihin ja turha ristiin rastiin pyöriminen ja turha säheltäminen loppui kuin seinään. Myös äänenvoimakkuus laski lähes äänettömään työskentelyyn.
- Siirryimme kanban-ajattelumalliin. Solu-layoutissa tuotantolinja järjestettiin suoraviivaisesti toiminnoittain 1-4. Osien loppuessa tuotanto hidastui kierroksen loppupuolella. Tämä oli selkeämpi kierros ja luokan desibelit tippuivat huomattavasti yksinkertaisuuden takia.
- Kanban toi ja mahdollisti JIT-tuotannon, selkeytti tuotantoa. Ryhmän johtajalla helpompi organisoida toimia. Varastolla helpompaa. Kierros 2 tehokkaampi ja rauhallisempi kuin 1.

Kanban-menetelmä ja layoutin muutos tuli raporteissa eniten esille. Niitä keuhuttiin ensimmäisen kierroksen kolmen kappaleen erään ja funktionaaliseen layoutiin verrattuna. Hiljaisuutta luokkatilassa korostettiin melkein jokaisessa raportissa. Materiaalihenkilöiden ja tehdaspäällikön työt selkeytyivät paljon. Pelaamisen rauhallisuus ja mielekkyyden kasvu tulivat selvästi esille.

### **Kolmas kierros**

Kolmannen kierroksen tahtiaika (30 s) ja tuotannon tasapainotus vaikutti olevan opiskelijoiden mieleen. Aiemmin havaittuja pullonkauloja päästiin vihdoin tasoittamaan ryhmien pohdintojen tuloksien myötä. Uudet työstandardit loivat hieman epävarmuutta kolmannelle kierrokselle – olihan kaksi aiempaa kierrosta suoritettu jo tutuilla ohjeilla.

Kolmannen kierroksen otteita:

- Tuotannon tasapainottamista, laskentaa ja suunnittelua. Varastoi joutuivat mukautumaan uusiin ohjeisiin. Operaattorit joutuivat myös harjoittelemaan uusia ohjeita.
- Tuotantoa tasapainotettiin siirtämällä osia toiminnoista toisiin, esim. renkaat nelosesta ykköseen. Toisen ja kolmannen kierroksen osalta ei suuria eroja, työskentely tasapainottui entisestään.
- Tahtiajan vuoksi tuotanto suunniteltiin uudelleen. Varasto sijoitettiin optimaaliseen paikkaan, jotta varasto toimisi parhaalla tavalla. Hyvän



organisoinnin ansiosta työnjohtajalta ei paljoa vaadittu. Työpisteiden taakka oli kierroksen aikana tasaista.

- Pohjana oli edellinen kierros, mutta saimme itse päättää, mitä ja miten kasataan kussakin kasausvaiheessa. Sillä saimme optimoitua kokonaiskasauksen ja saimme 5/15 rekkaa alle 30 sekunnin, joka oli asiakkaan asettama aikaraja. Paransimme tulosta vielä tuplasti.
- Tavoitteena oli saada koottua rekkoja 30 sekunnin välein. Saimme ryhmässä suunnitella ja mitailla sekä jakaa työvaiheitamme sopiviksi katsomallamme tavalla. Näin testattiin, kuinka hyvin pystyimme organisoimaan toimintamme mahdollisimman kannattavaksi.
- Kolmannella kierroksella jatkoimme solu-layoutilla ja kanban-järjestelmällä. Muutimme tuotantopisteiden tehtäviä eli nopeammille toimintoille annoimme lisää osia. 30 s tavoitteeseen ylsimme muutaman kerran, mutta tasapainotus ei aivan onnistunut. Pisteeseen 3 jäi hie-man pullonkaulaa. Tuntui välillä turhauttavalta, kun tiesi vian olemassaolon, mutta siihen ei voinut enää vaikuttaa. Eli olisimme voineet suunnitella tasapainotuksen vieläkin tarkemmin.

Osallistujien kommentit painottuivat tuotannon tasapainottamisen ympärille.

Joillakin kilpailuhenki vaikutti olevan niin kova, että olisivat toivoneet vielä uusia kierroksia, jotta olisivat saaneet paremmat läpimenoajat tehtaastaan. Raporttien perusteella kolmannen kierroksen tavoitteet, tahtiaika ja tuotannon tasapainotus olivat tulleet selviksi.

### **Oppimiskokemukset**

Koska Tuotantopelin on tarkoitus olla opettavainen kokemus, kysyttiin osallistujilta mitä he oppivat. Oppimiskokemusten selvittämisellä pyrittiin saamaan tukea havainnoinnille ja pelin tuloksille sekä kuinka hyvin Tuotantopeli onnistui ilmiöiden havainnollistamisessa.

Otteita ja tiivistelmiä raporteista:

- Peli opetti käytännössä eri layout-mallien eroja, hyötyjä ja haasteita. Se opetti myös tuotantovaiheiden ja pullonkaulojen optimoinnin tarkoituksen ja tärkeyden.
- Peli toi käytännönläheisen kosketuksen tuotantoprosessien ja varastojen ohjaukseen. Tämä oli myös mukava ja erilainen tapa oppia. Huomasimme layoutin ja suunnittelun vaikutukset eri vaiheissa ja ymmärsimme, kuinka kriittistä on valita oikeanlainen varaston ohjausmenetelmä.
- Kanban-kortti oli täysin uusi asia. Myös työntö- ja imuohjaukset tulivat konkreettisesti selviksi. Opimme myös läpimenoajan toiminnan käytännössä.

- Kanban oli uusi juttu. Opimme siitä myös, että pelkkä kanban ei itsessään riitä tehostamaan tuotantoa, vaan se on työkalu tuotantolinjan ongelmien löytämiseksi. Tehtävä toi esille lean-ajattelua, mutta koska aiheetta ei ollut entuudestaan käyty läpi ennen tätä tapahtumaa, saattoi harjoituksen perusajatus mennä useilta ohi.
- Kanban-ajattelu oli uusi meille, pelin avulla oli helppoa ja mukavaa tutustua siihen. Olemme opiskelleet tuotannonohjausta paljonkin teoriassa, mutta Tuotantopeli avasi silmämme käytännön tasolla. Ajattelumallit jäivät myös hyvin mieleen, koska niihin pääsi itse vaikuttamaan. Käytännössä korostui myös yhden työvaiheen merkitys koko prosessissa.
- Kaiken kaikkiaan peli oli hyvin onnistunut kertomaan, miten käytännössä tuotannon tehokkuutta ja kannattavuuden parantamista voidaan kehittää.
- Lean-ajattelun periaatteet tulivat tutummiksi käytännön tasolla. Peli auttoi ymmärtämään leanin erilaisia työkaluja. Tuotantopelin avulla pystyi hahmottamaan, miten prosessia pystytään parantamaan ja tehostamaan eri tavoilla. Pelin kuluessa huomasi, että imuohjaus oli huomattavasti parempi tapa. Myös eräkoon vaikutukset tulivat ilmi.
- Mielestämme Tuotantopeli oli todella hyödyllinen meille. Koulussa käymme asioita teoriassa, mutta käytännön harjoitusta tai esimerkkejä emme saa kuin harjoitteluista. Tuotantopelin ansiosta meillä jokaisella on tiedossamme se, miten pienillä muutoksilla tuotannon tehokkuutta saadaan muutettua. Kokonaisuutena Tuotantopeli oli mukavaa ja virkistävää vaihtelua. Jokainen varmasti löysi itselleen erilaisia oppimishetkiä, joita on mahdollista jalostaa tulevaisuudessa.
- Opimme, kuinka tärkeä rooli layoutilla on teollisuudessa. Opimme myös järjestämään työvaiheet oikealla tavalla saavuttaaksemme tavoitteemme. Tuotantopeli oli mielenkiintoinen ja hauska. Peli on erittäin käytännöllinen oppimistyökalu, koska pelin aikana sinä itse olet osallistujana toimintaprosessiin ja pääset konkreettisesti olemaan osana prosessia. Loppuvaiheen saatiin myös mahdollisuus päättää itse, miten prosessi kulkee. Se sai oikeasti ajattelemaan prosessia ja järjestelmään sen niin, että saimme asiakkaan ehdot toteutumaan.
- Opimme leanin periaatteita ja erilaisia tuotannon lakeja. Tuotantopeli havainnollisti hyvin eri menetelmiä ja ne jäivät paremmin mieleen, kuin että olisi kuunnellut niitä luennolla. Tuloksien tarkastelussa sai hyvin tietoa, miten eri asiat vaikuttivat tehtaan toimintaan.

Erityisesti kanban-menetelmä sai suurta huomiota oppimiskokemuksissa. Layoutit ja tuotannonohjauksen vaihtoehdot esiintyivät myös useissa raporteissa. Palautteiden perusteella Tuotantopelin konkreettinen ja osallistava toimintatapa koettiin mieleiseksi, sillä sen ansiosta käytännönläheinen oppiminen oli mahdollista.

## Parannusehdotukset ja kommentit

Lopuksi osallistujilla oli mahdollisuus antaa parannusehdotuksia ja kommentteja pelistä. Parannusehdotuksista voidaan analysoida, onko jossakin menetelmässä tai pelin vaiheessa jotain sellaista, jolla voitaisiin jatkossa parantaa osallistujakokemusta ja pelin ilmiöiden havainnollistamista.

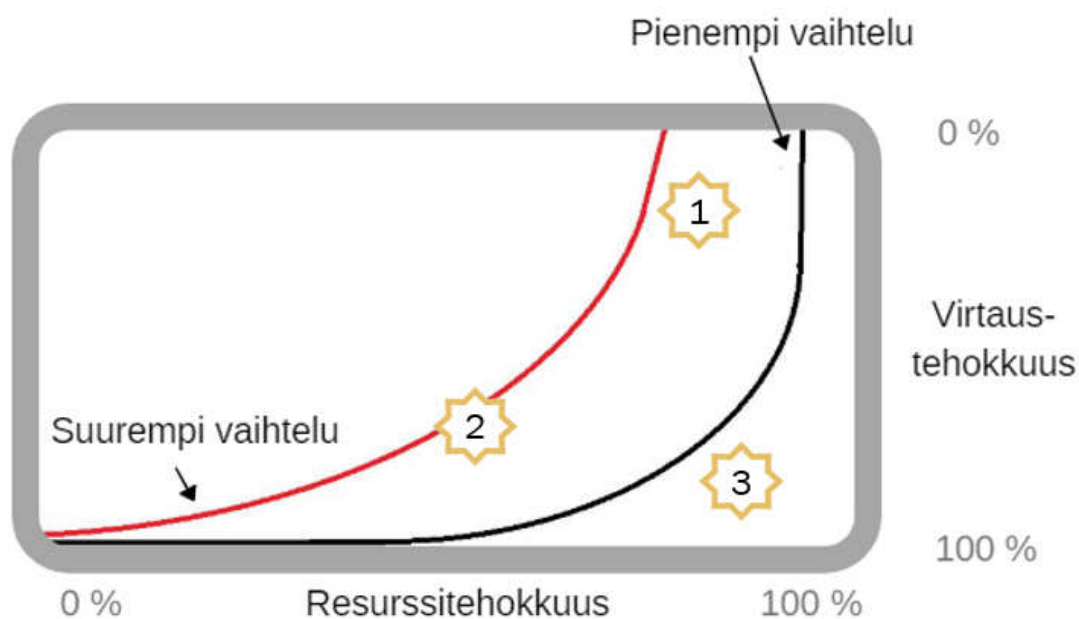
Parannusehdotuksia ja kommentteja:

- Pelissä voisi olla enemmän osia, ettei pelinaikaiseen purkamiseen menisi niin paljon aikaa ja vaivaa. Oikeassakaan elämässä ei autoja pureta.
- Kanban-systeemin olisi voinut esittää seikkaperäisemmin. Video oli hyvänä apuna, mutta sanallisesti olisi voinut avata enemmän. Näinkin pienellä tekemisellä kahden vuoden aikana käsitellyt asiat tulivat kerralla konkreettisesti selviksi. Enemmän tällaista!
- Legot olivat hyvä idea, mutta rekkojen purkaminen oli vaikeaa ja osin jopa kivuliasta. Käytännön harjoitus oli virkistävää vaihtelua ja legojen kasailu nostalgista. Harjoituksen järjestäjä Tatu oli hieno mies ja ohjasi toimintaa rakentavasti ja opettavasti. Lisäksi hän näytti kierrosten jälkeen tilastoja harjoitustehtäiden taloudellisesta toiminnasta.
- Jos legot olisivat olleet isompia, olisi myös purkaminen ollut helpompaa. Sitä kannattaa miettiä seuraavaa ryhmää varten, jotta tunto pysyisi sormissa. Kuten Tuotantopelistä huomasimme, käytäntö opettaa, ei kirja.
- Ohjeistus oli ajoittain epäselvää, ja välillä piti pyytää ohjaajalta lisäohjeistusta. Pelin aikana valmiiden autojen purkaminen aiheutti suurta vaivaa. Kaiken kaikkiaan peli oli hauska ja opetti paremmin, miten tuotantoa voidaan tehostaa, kun pääsi itse kokeilemaan eri menetelmiä ja työtehtäviä. Aika meni todella nopeasti, kun peliin uppoutui ja aikataulutus oli onnistunut.
- Rekat koostuivat pienistä, liukaspintaisista osista, jotka vaativat sorminäppäryyttä. Sitä ei kaikilla välttämättä ole. Myös rekkojen purkaminen oli puuduttavaa touhua.
- Huonoja puolia pelissä on vähän, mutta osien vähyys vaikutti pelinkulkuun, eli niitä saisi olla enemmän. Peliä voisi parantaa sen osalta, että tulokset jaettaisiin osallistujille mukaan pelien jälkeen.
- Peli oli kaikin puolin opettavainen ja erilainen tapa oppia, jota varmasti kaivataan perusopetuksen ohelle. Suosittelemme jatkamaan pelin käyttöä ja kehittämistä.

Keskeisimmät parannusehdotukset koskivat valmiiden autojen purkamista ja auton osien vähyyttä. Autojen purkaminen koettiin turhauttavaksi ja jopa kivuliaksi. Myös osallistujat arvelivat osien vähyden vaikuttaneen tehtaan tuotantoon ja siten tuloksiin. Raporteissa palaute oli myös parannusehdotusten lisäksi positiivista, monet pitivät käytännön harjoituksesta ja toivoivat lisää samankaltaista opetusta jatkossa.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuotantopelillä voitiin havainnollistaa keskeneräisen tuotannon ja materiaalien virtausten ilmiöitä erityisesti tuotannon lakien kautta, joilla oli selvä ja huomattava vaikutus tuotannon virtaamiseen ja keskeneräisen tuotannon määrään. Keskimäärin ryhmien keskeneräinen tuotanto pieneni noin 85 % ja läpimenoaika pieneni noin 82 % pelin aikana. Littlen lain sovelluksen mukaisesti saatiin läpimenoaikaa laskettua kierros kierrokselta keskeneräisen tuotannon määrään vähentyessä. Kierrosten väliset suhteet seurasivat lakia. Pullonkaulojen laki tuli esille jo ensimmäisellä, mutta varsinkin toisella kierroksella, kun pienempi erä koko ja kanban-menetelmä toivat ongelmat esille. Tuotanto oli epätasapainossa ja toimintojen pisimmät jaksoajat olivat hidasteena koko tuotannolle. Vaihtelun laki ilmeni erityisen hyvin ensimmäisellä kierroksella, jossa osalla toiminnoista oli niin suuri työkuorma, että keskeneräinen tuotanto muodostui jonoiksi työpisteelle. Siten jaksoaika ja läpimenoaika kasvoivat (virtaustehokkuus heikkeni) runsaasti ensimmäisellä kierroksella (kuva 14).



Kuva 14. Pelin kierrosten keskimääräisiä tuloksia virtaustehokkuuden ja resurssitehokkuuden suhteen (Kivinen 2019)

Kuvassa 14 nähdään pelin eri kierrokset Kingmanin kaavan sovellukseen perustuvan graafisen kuvauksen mukaisesti. Aiemmin esitetystä kuvasta neljä (luku 3.1.4) voidaan tehdä johtopäätös ja vertaus kuvaan 14: Tehokkuusmal-

leihin ja tuotannon dynamiikan lakeihin peilattuna käyttöaste vastaa resurssitehokkuutta ja läpimenoaika virtaustehokkuutta. Numeroidut tähdet ilmaisevat eri kierroksia pelistä keskimäärin, perustuen pelin ja havainnoinnin antamiin tuloksiin neljän ryhmän osalta. Kuvaajat ovat mukana esimerkinomaisesti havainnollistamassa vaihtelun vaikutusta kahdessa erilaisessa systeemissä. Kierros 1 oli melko resurssitehokas, mutta virtauksesta ei voitu juuri puhua ja keskeneräistä tuotantoa oli runsaasti. Toisella kierroksella läpivirtausaika ja siten virtaustehokkuus parani (samoin KET väheni), mutta kanban-menetelmä ja pienempi eräkooko osoitti, että se tapahtui resurssitehokkuuden kustannuksella, sillä eri toiminnoissa esiintyi tuotannon epätasaisuudesta johtuvaa kausa-luvan odottamista. Kolmannella kierroksella tahtiaikaan pyrittiin tuotannon tasapainotuksen ja uusien työstandardien avulla ja tuotanto muuttui ryhmillä keskimäärin sekä virtaus- että resurssitehokkaammaksi kuin aiemmillä kierroksilla. Uudet työstandardit ja tasapainotustoimet lähestyivät kaizenia ja PDCA-sykliä noudattelevia parannustoimia. Tehokkuusmatriisiin peilaten, ensimmäinen kierros oli tehokkuusaarekkeilla, toinen kierros tehokkuuden meren ja ihannemaan rajoilla, sekä kolmas kierros ihannemaassa.

Lean-filosofian seitsemän hukkaa tuli Tuotantopelissä ilmi ylituotannon, tarpeettomien varastojen (keskeneräinen tuotanto), odottamisen, tarpeettoman kuljettamisen, laatuvirheiden ja tarpeettoman liikkeen muodossa. Ylikäsittelyäkin ilmeni, varsinkin osien irtoamisesta seurannutta uudelleenkasaaamista. Käytännössä siis kaikkia seitsemää hukkaa ilmeni Tuotantopelin aikana, ja niillä oli oma negatiivinen merkityksensä läpimenoaikojen, keskeneräisen tuotannon ja materiaalien virtausten osalta.

Keskeisimmät tuotannon virtaukseen vaikuttavat tekijät olivat edellä mainittujen lakien lisäksi eräkooko, kanban-menetelmä, tuotannon layoutin valinta, tuotannon vaiheiden tahti ja tuotannon ohjaustapa. Eräkoolla oli vaikutuksia keskeneräisen tuotantoon, läpivirtaukseen ja tarpeisiin, mitä tulee tilankäyttöön ja materiaalien liikuttamiseen. Kanban-menetelmä pakotti pieneen eräkokoon, vähensi merkittävästi keskeneräisen tuotannon määrää ja paljasti tuotannon epätasapainoa tehokkaasti. Layoutilla oli suuri vaikutus virtauksiin. Erityisesti materiaalien liikuttelu työvaiheiden välillä rauhoittui selvästi, kun funktionaalista layoutista siirryttiin solu-layoutiin. Tuotannon tasapainottaminen tahtiai-

kaan peilaten tuotti tasapainoisemman tuotantolinjan ja edelleen pienensi läpimenoaikaa. Tuotannonohjauksessa työntöohjauksella on mahdollista tuottaa suuriakin määriä osia tai tuotteita varastoon, mutta virtauksen kannalta se on haitallista, sillä työntöohjauksella on mahdollisuus vaikuttaa läpimenoaikoihin haitallisesti. Imuohjauksella tilanne oli päinvastainen, virtausta tukeva. Imuohjaus vaikutti luontaisemmalta virtauksen luojalta ja piti keskeneräisen tuotannon määrää alhaisemmilla tasoilla.

Tuotantopelillä saatiin vaikutettua käytännössä hyvin osallistujien ymmärryksen tuotantoympäristössä niin tuotannonohjauksen, keskeneräisen tuotannon määrän kuin materiaalivirtauksenkin vaikutuksien osalta. Osallistujat saivat käytännön kokemusta kahden eri layoutin vaikutuksista tuotantoon.

Työntö- ja imuohjaus tulivat osallistujille selviksi käytännön tasolla. Kanbanmenetelmä oli uusi asia lähes jokaiselle osallistujalle, ja sen kokeileminen ja ymmärtäminen vaikutti olevan selkeästi pelin parhaita anteja. Tuotantopelin interaktiivisuus oli mieleistä pelaajille, sillä he pääsivät itse vaikuttamaan viimeisen kierroksen työohjeisiin ja siten tasapainottamaan omien tehtaidensa tuotantoa. Peliä kohtaan annettu rakentava palaute koski lähinnä autojen purkamisen vaikeutta, osia oli vähänlaisesti, jotkin niistä pieniä ja tiukasti kiinni toisissaan. Osallistujat pitivät käytännönläheisiä pelipäiviä onnistuneina tempauksina, joissa he saivat syvennettyä aiemmin opittuja tietoja tehokkaasti.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Tuotantopelin soveltuvuutta keskeneräisen tuotannon ja materiaalien virtausten ilmiöiden havainnollistamiseen. Ilmiöitä pyrittiin saamaan selville ns. kolmiomittauksen, triangulaation avulla. Tutkimusaineistoa kerättiin kolmesta lähteestä, Tuotantopelistä, opinnäytetyöntekijän havainnoista ja osallistujien kokemuksista. Tuotantopeli oli ns. neutraali lähde aineistolle, joka antoi tiettyjä pelin mekaniikan ja tuotannon lakien mukaisia vastauksia. Havainnointi oli pääsääntöisesti ulkopuolista seuraamista, jolla pyrittiin seuraamaan pelin ja osallistujien suhdetta. Osallistujien raportit olivat sisäistä materiaalia, miltä peli vaikutti pelaajien silmin, mitä pelissä tapahtui ja mitä pelistä opittiin. Tuotantopelin ensimmäinen versio onnistui hyvin tavoitteessaan eli havainnollistamaan keskeneräisen tuotannon ja materiaalien virtausten eri ilmiöitä jokaisen tutkimus- ja aineistonhankintamenetelmän tulosten perusteella, ja sitä voidaan käyttää opetus-, havainnollistamis- ja valmennusvälineenä jo sellaisenaan. Tarvittaessa peliä voi parantaa

entisestäään osien määrää lisäämällä ja mahdollisesti autojen rakennetta muuttamalla helpommin käsiteltäviksi.

## **Opinnäytetyön luotettavuus**

Tämän opinnäytetyön luotettavuutta voidaan mitata useilla mittareilla. Tuotantopeliä testattiin yhteensä neljällä ryhmällä ja 41 osallistujalla. Jo kahden yhtäaikaisen ryhmän kohdalla saattoi havaita tulosten olevan hyvin samankaltaisia. Toisen pelipäivän ryhmiltä saatiin samanlaisia tuloksia pelin, havainnoinnin ja lopulta raporttien osalta. Näin ollen voidaan katsoa tutkimuksen saturaatin olevan saavutettu neljällä ryhmällä ja tulosten toistettavuuden arvioidaan olevan korkealla tasolla. Vahvistettavuutta tutkimukselle pyrittiin saamaan kolmella eri menetelmällä (Tuotantopelin tulokset, havainnointi, ja osallistujien raportit). Menetelmien tuottamien tulosten yhtäläisyyksien valossa voidaan todeta opinnäytetyön vahvistettavuuden olevan luotettavaa. Tulosten tulkinnan ristiriidattomuutta ei voida täysin poissulkea, sillä tutkimuksen teki vain yksi tutkija, eikä sitä toistettu toisen tutkijan tuloksilla tai johtopäätöksillä. Kuitenkin, monipuolisella tutkimus- ja aineistonhankintamenetelmien käytöllä pyrittiin löytämään toisiaan tukevia tietoja ja siten mahdollisimman ristiriidattomat tulokset. Sittenkin, tulosten tulkinta on aina lopulta tutkijasta kiinni. Opinnäytetyön dokumentointi perustui tarkasti harkittuun tutkimussuunnitelmaan, itse opinnäytetyön raporttiin, päiväkirjamaiseen ajankäyttö- ja etenemiskirjaukseen, laajoihin havainnointi- ja pelitulostaulukoihin ja osallistujien raportteihin sekä raporteista luotuihin yhteenvetomatriiseihin.

## **7 POHDINTA**

Opinnäytetyön tavoitteeseen päästiin ja tutkimuskysymyksiin saatiin analytyttiset vastaukset, joten opinnäytetyössä onnistuttiin hyvin. Tuotantopeliä testattiin ensimmäisen kerran käytännössä tämän työn aikana, ja se osoittautui toimivaksi jo ensimmäisillä pelikerroilla. Toki parannettavaakin löytyi. Mikäli osia olisi ollut ryhmillä enemmän, olisi peliin saatu entistä enemmän keskeneräistä tuotantoa ja siten ilmiöiden merkitys olisi korostunut entisestään. Toisaalta, nykyisellä osamäärällä ensimmäinen kierros pysyi kohtalaisen mittaisena, eikä turhautuminen ehtinyt nousta niin suureksi, kuin olisi ehkä suuremmalla

osamäärällä käynyt. Tuotannon dynamiikkaan ja prosesseihin liittyvät lait näyttivät pitävän paikkansa, kuten aiemmin on esitetty ja tutkittu. Nyt näitä lakeja on mahdollista opettaa työelämälähtöisellä käytännön tavalla työpajaopetusena mm. yrityksille tai vaikkapa opiskelijoille kouluissa. Kriittisesti ajateltuna pelikerrat jäivät yhteensä neljään ryhmään, määrään, jonka pohjalta ei ehkä uskalla absoluuttisia totuuksia julistaa, vaikka tulokset hyvin lupaavia olivatkin ja saturaatio näytti toteutuneen.

Suurin ponnistus oli tehdä tälle työlle tutkimussuunnitelma, johon tuli onneksi panostettua – se helpotti valtavasti työn etenemistä. Jälkikäteen ajateltuna, olisi opinnäytetyössä voinut käyttää ajan tehokkaammin ennen empiirisiä pelipäiviä. Teoriaosuudesta jäi arviolta 10–15 % kirjoittamatta ennen pelipäivien pitämistä, vaikka tavoitteena oli saada teoriaosuus täysin valmiiksi ennen pelipäiviä. Teoriaosuuden kirjoittaminen ei ollutkaan niin helppoa ja kepeää kuten tekijä oli odottanut. Teoriaosuuden viivästys vaikutti hieman pelipäiviin valmistautumiseen. Pelien tai työn tuloksiin viivästyksellä saattoi olla jonkinlaisia vaikutuksia, sillä pari rakentavaa palautetta koski esittäjää ja esitysmateriaalia, esim. kanban-menetelmän ymmärtämisessä. Aikataulu piti opinnäytetyössä kuitenkin tuota noin viikon viivästystä lukuun ottamatta lähes täydellisesti ja aikataulu saatiin kirittyä lopuksi. Ajankäyttösuunnitelman sopiva väljyys ja apuvälineenä käytetty kanban-taulu opintojaksojen ja opinnäytetyön tekemisessä pitivät suurimmat ahdistuksen tunteet loitolla. Tulosten ja johtopäätösten kirjoittaminen oli suoraviivaista ja ihan mielekästäkin. Jos tämä työ tehtäisiin uudelleen, lähdemateriaalien ja tutkimusotteiden, -strategioiden ja -menetelmien tarkempaan lukemiseen varattaisiin aikaa enemmän, joka helpottaisi ja nopeuttaisi kokonaiskuvan muodostamista ja teoriakatsauksen tekemistä ja saataisi parantaa pelipäivien tuloksia ja kokemuksia. Tuotantopelin osien määrän lisäyksen vaikutukset olisivat myös mielenkiintoisia nähdä ja kokea. Sitä voi kokeilla yhdistämällä pelin kaksi kopiota yhdelle pelaavalle ryhmälle.

Pelipäivien ja raporttien positiivinen palaute oli kannustavaa ja antaa uutta pontta miettiä pelin jatkokehitystä tai jopa uusien pelien suunnittelua. Jatkokehitystä tai -tutkimusta ajatellen olisi mielenkiintoista selvittää voiko Tuotantopeliin liittää esim. saapuvaa logistiikkaa tai suurempaa kokonaisuutta, kuten tilaus-toimitusketjunhallintaa alihankinta-, toimittaja- ja jakeluverkostotasolla. Oppilaiden ja kehittäjän kokemusten ja havaintojen perusteella Tuotantopelin



eräs ongelma oli pienet, vaikeasti purettavat osat. Pelkästään osien määrän lisääminen ei auta, se vain viivästyttää (koska KET:llä on taipumus vaikuttaa niin) ongelman toteutuksesta. Pelin ja legopalikoiden modulaarisuuden ansiosta jatkokehitystä voisi harjoittaa suunnittelemalla autot käsittely-ystävällisemmiksi. Opinnäytetyössä esillä olleiden tuotannon dynamiikan lakien pohjalta voisi kehittää vaikkapa oman opintojakson esim. logistiikan tai tuotantotalouden koulutusohjelmiin, sillä lait vaikuttavat olevan hyvin vahvoja ja paikkansa pitäviä ilmiötä, ja niistä voisi olla suuri apu opiskelijoille. Eräs jatkokehitysmahdollisuus olisi viedä Tuotantopelin ideaa suurempaan mittakaavaan. Liike- tai varastotilasta voisi rakentaa pienimuotoisen, kuitenkin ihmismittakaavan tehtaan tai tuotantotilan, jossa opeteltaisiin tuotannonohjauksen ja logistiikan menetelmiä rakentamalla vaikkapa lintulautoja tai tähdellisille juomille pullotelineitä, jotain pienimuotoista kuitenkin. Asiakkaina tuotanto- ja logistiikkavalmennustehtaalte voisivat olla alan oppilaitokset ja yritykset.

Opinnäytetyöprosessi oli haastava, mutta palkitseva taival tämän koulutuksen viimeisillä metreillä, varsinkin kokopäivätyön ja vielä muiden kurssien ohessa suoritettuna. Prosessi opetti erityisesti tutkimuksen tekemistä, pitkäjänteisyyden asenneta sekä aihepiirin tietopohjan syvempää ymmärrystä. Prosessin läpiviennin auttoi ammattimainen opinnäytetyön ohjaus, se oli rakentavaa ja laadukasta. Erityisesti kieli- ja muotoseikkojen ohjauksessa palvelutaso lähenteli taivasta. Työn aiheen valinnan, suunnittelun, itse toteuttamisen ja tulosten analysoinnin taustalla oli tekijän korkea motivaatio ja positiivinen asenne koko koulutusohjelmaa ja sen opiskelijalle tuottamaa lisäarvoa kohtaan. Opinnäytetyöhön on pyritty peilaamaan takaisin soveltuvin osin se kaikki, mitä matkan varrella on työn aiheen osalta opittu ja edelleen syventämään niiden aiheiden ymmärrystä ja osaamista. Oli sitten koulutusohjelman hyvyden syytä tai seurausta, tätä opinnäytetyötä varten syntynyt logistiikan ja tuotannon ilmiöitä havainnollistavaa ja käsinkosketeltavalla tavalla opettavaa Tuotantopeliä voidaan pitää insinöörin koulutuksen huipentavan näytön lisäksi tekijän eräänlainena kunnianosoituksena ja kiitoksena Xamkin tuotantoa, prosesseja ja materiaaliavirtoja käsitteleville opintojaksoille ja niistä vastanneille lehtoreille.

## LÄHTEET

- Aineistonhankintamenetelmät. 2014. Jyväskylän yliopisto. Humanistis-yhteiskuntatieteellinen tiedekunta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineistonhankintamenetelmat> [viitattu 9.2.2019].
- Christopher, M. 2016. Logistics & Supply Chain Management. 5. painos. Harlow: Pearson Education Limited.
- Goldratt, E. & Cox, J. 1989. The Goal. Revised edition. Uudistettu painos. Aldershot: Glover Publishing Company Limited.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Infacs Oy.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. painos. Helsinki: Tammi.
- Hopp, W & Spearman, M. 2011. Factory physics. Third Edition. Long Groce, IL: Waveland press, Inc.
- Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Karjalainen, E. 2010. Ymmärrä Lean ja Six Sigma oikein – Leanin kymmenen harhaluuloa ja väärinymmärrystä. Quality Knowhow Karjalainen Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/files/2313/1183/8382/ymmrleansixsigmaoikein2.pdf> [viitattu 20.3.2019].
- Kertomukset. 2014. Jyväskylän yliopisto. Humanistis-yhteiskuntatieteellinen tiedekunta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineistonhankintamenetelmat/kertomukset> [viitattu 16.2.2019].
- Kouri, I. 2009. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
- Liker, J. 2013. Toyotan tapaan. Suomentanut Marko Niemi. 3. painos. Helsinki: Readme.fi.
- Liker, J. & Convis, G. 2012. Toyotan tapa Lean-johtamiseen. Helsinki: Readme.fi.
- Martin, H. 2018. Warehousing and Transportation Logistics. Systems, planning, application and cost effectiveness. Lontoo: Kogan Page Limited.
- Martin, J. 2014. Lean Six Sigma for Supply Chain Management – A 10-Step Solution Process. Toinen painos. McGraw-Hill Education.
- Modig, N. & Åhlström P. 2015. Tätä on Lean – Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 4. painos. Tukholma: Rheologica Publishing.

- Piirainen, A. 2014. Lean ja hukka – Muda, Mura ja Mudi. Quality Knowhow Karjalainen Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/lean-ja-hukka-muda-mura-ja-muri/> [viitattu 24.2.2019].
- Piirainen, A. 2014b. Vaihtelu. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- Rother, M. 2011. Toyota Kata. Suomentanut Marko Niemi. Helsinki: Readme.fi.
- Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta. B2B – Vähemmällä enemmän. 7. painos. Vantaa: Jouni Sakki Oy.
- Torkkola, S. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. E-kirja. Alma Talent Oy. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 24.2.2019].
- Tuominen, K. 2010. Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Helsinki: Readme.fi.
- Tutkimusongelmat. s.a. KvaliMOTV. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.fsd.uta.fi/metelmaopetus/kvali/L2\\_3\\_1.html](https://www.fsd.uta.fi/metelmaopetus/kvali/L2_3_1.html) [viitattu 16.2.2019].
- Vilka, H. 2007. Tutki ja havainnoi. 2. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Womack, J., Jones, D. & Roos, D. 2007. The Machine That Changed the World. Lontoo: Simon & Schuster UK Ltd.

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Teoreettinen viitekehys. Kivinen, T. 16.1.2019.

Kuva 2. Keskeneneräisen tuotannon jakautuminen eri aktiviteetteihin. Hopp, W & Spearman, M. 2011. Factory physics. Third Edition. Long Groce, IL: Waveland press, Inc.

Kuva 3. Tehokkuusmatriisi. Modig, N. & Åhlström P. 2015. Tätä on Lean – Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Neljäs painos. Tukholma: Rheologica Publishing.

Kuva 4. Vaihtelun vaikutus läpimenoaikaan ja resurssien käyttöasteeseen. Hopp, W & Spearman, M. 2011. Factory physics. Third Edition. Long Groce, IL: Waveland press, Inc; Modig, N. & Åhlström P. 2015. Tätä on Lean – Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Neljäs painos. Tukholma: Rheologica Publishing.

Kuva 5. Vaihtelun vaikutus tehokkuusmatriisissa. Modig, N. & Åhlström P. 2015. Tätä on Lean – Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Neljäs painos. Tukholma: Rheologica Publishing.

Kuva 6. PDCA-syklin graafinen esitys. Kanbanize.com. s.a. What is Plan-Do-Check-Act Cycle? Saatavissa: <https://kanbanize.com/lean-management/improvement/what-is-pdca-cycle/> [viitattu 23.3.2019].

Kuva 7. Kiila esittää standardia jatkuvan parantamisen matkalla. Rother, M. 2011. Toyota Kata. Suomentanut Marko Niemi. Helsinki: Readme.fi.

Kuva 8. Esimerkki kanban-kortista. Kouri, I. 2009. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Kuva 9. Toiminnon #2 kanban-kortti. Kivinen, T. 5.3.2019.

Kuva 10. Tahtikuva ennen tuotannon tasapainotusta. Kivinen, T. 26.3.2019.

Kuva 11. Ryhmän kaksi tasapainotetut jaksoajat. Kivinen, T. 26.3.2019.

Kuva 12. Ryhmän kolme saavutuksia tuloskorttina. Kivinen, T. 28.3.2019.

Kuva 13. Erään ryhmän suunnittelua tahtiajan alittamiseksi. Kivinen, T. 15.3.2019.

Kuva 14. Pelin kierrosten keskimääräisiä tuloksia virtaustehokkuuden ja resurssitehokkuuden suhteen. Kivinen, T. 20.4.2019.

## **TUOTANTOPELIN RAPORTIN OHJE**

Tehkää 4-5 hengen ryhmissä raportti Tuotantopelistä:

- Lyhyt kuvaus siitä mitä pelissä tapahtui eri kierroksilla, mikä oli hyvää, mikä huonoa, mitä menetelmiä käytettiin ja miltä peli tuntui eri vaiheissa.
- Kertokaa lyhyesti mitä opitte pelistä.
- Voitte myös antaa parannusehdotuksia ja kommentteja pelistä.

Raportin pituus noin neljä sivua (tekstiosuus).