

Minna Anttila

# TUOTANNON TEORIAN VALIDOINTI

Teknisten tieteiden tiedekunta

Diplomityö

Helmikuu 2019

## TIIVISTELMÄ

**MINNA ANTTILA:** Tuotannon teorian validointi  
Tampereen teknillinen yliopisto  
Diplomityö, 71 sivua, 13 liitesivua  
Helmikuu 2019  
Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Pääaine: Tuotekehitys  
Tarkastaja: professori Tero Juuti

**Avainsanat:** tuotannon teoria, tuotantomalli, virtausnäkökulma, juurisyyanalyysi, datavirheet

Tässä diplomityössä perehdytään murskain- ja seulontalaitteita valmistavan yrityksen käytössä oleviin järjestelmiin ja niissä esiintyviin datavirheisiin. Samalla työssä esitetään ja validoidaan tuotannon teoria käytännön esimerkkitapausten pohjalta. Tutkimuksen alkuperäisen tarpeen synnytti tuotannossa esille tulleet datavirheet ja niistä aiheutuneet ongelmat.

Tutkimustyön alussa tutustutaan teorioihin, joita tuotannosta on esitetty. Näitä ovat Walrasian-tuotantomalli, factory physics model of manufacturing ja tuotteen toteutumisen malli. Työssä esitellään myös tuotannon muutos-, virtaus- ja arvoa generoiva näkökulma. Käytännön osuudessa tutkittiin yrityksen datavirheiden juurisyitä syy-seurauskaavioilla ja selvitettiin tietovirran kulkua yrityksen tilaus-toimitusprosessin läpi.

Työn tuloksina saatiin selville kolmen yleisimmän datavirhetapauksen juurisyyt sekä niiden ratkaisemiseksi toimenpide-ehdotuksia. Suurimpana ongelmana olivat tuotannossa tapahtuvat muutokset ja järjestelmistä johtuvat ongelmat. Datavirhe tapausten käsittelyyn tulee kehittää uusi toimintatapa ja eri järjestelmien välille tulee kehittää automaattitarkastus-ohjelma. Työn käytännön osuudessa selvitettiin myös tietovirran kulkua yrityksen läpi ja sen pohjalta pystyttiin validoimaan teoria osuudessa esitetty tuotannon teoria.

## ABSTRACT

**MINNA ANTTILA:** Validation for theory of production  
Tampere University of Technology  
Master of Science Thesis, 71 pages, 13 Appendix pages  
February 2019  
Master's Degree Programme in Mechanical Engineering  
Major: Product Development  
Examiner: professor Tero Juuti

**Keywords:** theory of production, model of manufacturing, flow perspective, cause and effect analysis, data errors

This thesis examines the systems used by the company manufacturing crushing and screening equipment and the data errors in them. At the same time, the theory of production is presented and validated based on practical case studies. The original need for the research was caused by the data errors and problems encountered in the production.

At the beginning of the research, we get acquainted with the theories about production. These include the Walrasian production model, the Factory Physics model of manufacturing and the product implementation model. The thesis also introduces a change in the production, flow and value generation. In the practical part, the root causes of the company's data errors were investigated with causal diagrams and the flow of data flow through the company's order-delivery process was investigated.

The results of the thesis revealed the root causes of the three most common data error cases and the proposals for action that they have solved. The biggest problem was the changes in production and the problems caused by the systems. Data error in case handling should develop a new way of working and an automatic check program should be developed between different systems. In the practical part of the thesis, the flow of the data flow through the company was also studied and based on this the theory of production presented in the part was validated.

## ALKUSANAT

Haluan heti alkuun kiittää esimiestäni Saija Bergéä, joka antoi minulle vapaat kädet työn aiheen suunnitteluun ja itse työn toteutukseen sekä antoi tukea koko tutkimusprosessin ajan. Haluan kiittää myös kaikkia kohdeyrityksen palveluksessa olevia työntekijöitä, jotka auttoivat minua tämän työn teossa. Haluan lisäksi kiittää työkavereitani kannustuksesta ja loistavasta työilmapiiristä, sekä myös työni tarkastajaa Tero Juutia kaikista ohjeista ja neuvoista työhöni liittyen.

Uskomattoman vaiherikas luku elämästäni on tullut nyt päätökseen. Opintojeni varrella on ollut ylä- ja alamäkiä, mutta nämä vuodet ovat olleet hyvin opettavaisia ja valmentaneet minua työelämään, jossa jo nyt kerään uusia kokemuksia. Diplomi-insinöörin opinnoista voin kiittää vakaata pohjaa, jolta nyt ponnistan maailmalle kohti uusia haasteita.

Lopuksi haluan kiittää Mikkoa, perhettäni sekä ystäviäni, jotka ovat aina tukeneet ja kannustaneet minua, vaikeinakin aikoina. Olette kaikki korvaamattomia.

Tampereella, 11.02.2019

Minna Anttila

# SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Työn tausta .....	1
1.2	Työn tavoitteet ja tutkimuskysymykset .....	2
1.3	Tutkimusstrategia, -menetelmät ja -aineistot .....	3
1.3.1	Työn aineiston keräys .....	4
1.3.2	Aineiston analysointi.....	4
1.3.3	Hypoteesit.....	5
1.4	Muut menetelmät ja valintaperusteet .....	5
1.5	Työn rakenne .....	5
2.	TUOTANNON TEORIAT .....	8
2.1	Teorian sisältö ja tavoitteet .....	8
2.1.1	Teorian funktiot .....	9
2.2	Teorian vaatimukset.....	10
2.3	Tuotannon tavoitteet .....	10
3.	TUOTANTOMALLIT .....	12
3.1	Walrasian- tuotantomalli.....	12
3.1.1	Ensimmäinen yleistys.....	13
3.1.2	Toinen yleistys.....	15
3.1.3	Kolmas yleistys.....	15
3.2	Factory physics model of manufacturing.....	16
3.3	Tuotteen toteutumisen malli.....	17
4.	TUOTANNON KONSEPTIT.....	20
4.1	Muutosprosessi näkökulma .....	20
4.2	Virtaus näkökulma.....	22
4.2.1	Hukka .....	24
4.2.2	Läpimenoajan pienentäminen ja joustavuuden lisääminen .....	25
4.2.3	JIT– Just–In–Time .....	26
4.3	Arvoa generoiva näkökulma .....	27
4.3.1	Arvovirta tuotannossa .....	29
4.3.2	Asiakasarvo .....	30
4.3.3	Jatkuva parantaminen.....	33
5.	TUOTANNON TEORIA .....	35
5.1	Teorioiden yhteenveto .....	35
5.2	Tietovirta–ajattelu tuotannon teoriassa .....	36
5.3	Tuotannon teorian vaatimusten täytyminen.....	37
6.	TUOTANNON TIETOVIRTA.....	38
6.1	Nykytilanne .....	38
6.1.1	Nykytilanteen kuvaus.....	40
6.1.2	Käytössä olevat järjestelmät .....	42
6.2	Puuttuvan tiedon vaikutus tuotannon eri vaiheissa .....	42

6.2.1	Osto ja hankinta .....	43
6.2.2	Tuotannosuunnittelu.....	44
6.2.3	Tilaukskonttori.....	45
6.2.4	Yhteenveto.....	46
7.	JUURISYYANALYYSIT .....	48
8.	DATAVIRHETAPAUSTEN ANALYSOINTI.....	50
8.1	Tapaus 1: BEN puuttuu.....	50
8.2	Tapaus 2: Väärä BEN .....	51
8.3	Tapaus 3: Ylimääräinen tarve järjestelmässä .....	52
8.4	Datavirheiden kalanruotokaavio.....	53
8.5	Yhteenveto juurisyyanalyyseistä .....	55
8.6	Syy-seurauskaavio datavirheistä.....	57
9.	TULOKSET .....	59
9.1	Työn hypoteesin toteutuminen ja teorian validointi .....	59
9.2	Tulosten uutuusarvo ja luotettavuus .....	59
10.	TOIMENPIDE-EHDOTUKSET.....	61
11.	YHTEENVETO.....	64
	LÄHTEET .....	68

LIITE A: NYKYTILANTEEN KUVAUS

LIITE B: TIETOVIRTAKAAVIO

LIITE C: 5\*MIKSI: BEN PUUTTUU 1/3

LIITE D: 5\*MIKSI: BEN PUUTTUU 2/3

LIITE E: 5\*MIKSI: BEN PUUTTUU 3/3

LIITE F: 5\*MIKSI: VÄÄRÄ BEN 1/4

LIITE G: 5\*MIKSI: VÄÄRÄ BEN 2/4

LIITE H: 5\*MIKSI: VÄÄRÄ BEN 3/4

LIITE I: 5\*MIKSI: VÄÄRÄ BEN 4/4

LIITE J: 5\*MIKSI: YLIMÄÄRINEN TARVE 1/2

LIITE K: 5\*MIKSI: YLIMÄÄRINEN TARVE 2/2

LIITE L: KALANRUOTOKAAVIO: DATAVIRHEET

LIITE M: YHTEENVETO JUURISYYANALYYSIT

## KUVALUETTELO

<b>Kuva 1.</b>	<i>Lokotrack LT96 leukamurskainlaitos</i> .....	2
<b>Kuva 2.</b>	<i>Ote datavirhe–Excelistä</i> .....	4
<b>Kuva 3.</b>	<i>Datavirhediagrammi</i> .....	4
<b>Kuva 4.</b>	<i>Työn rakenne uusi kaavio</i> .....	7
<b>Kuva 5.</b>	<i>Tuotannon teorian rakentuminen (mukaillen Koskela 2000)</i> .....	9
<b>Kuva 6.</b>	<i>P–käyrä (Wortmann 1992, s.48)</i> .....	14
<b>Kuva 7.</b>	<i>Resurssien organisaatiollinen rakenne (Wortmann 1992, s.49)</i> .....	15
<b>Kuva 8.</b>	<i>Taguchin jatkuvan hukan teoria (mukaillen Wheeler &amp; Chambers 2010)</i> .....	18
<b>Kuva 9.</b>	<i>Tuotantoprosessi panos–tuotosjärjestelmänä (Grubbström 1995).</i> .....	20
<b>Kuva 10.</b>	<i>Muutosprosessin jakaminen osaprosesseihin (Koskela 2000)</i> .....	21
<b>Kuva 11.</b>	<i>Tapoja tuotteiden rakenteiden kuvaamiseen (Grubbström 1995)</i> .....	22
<b>Kuva 12.</b>	<i>Tuotannon virtausnäkökulma (mukaillen Koskela 2000)</i> .....	23
<b>Kuva 13.</b>	<i>Hukan tyypit suhteessa arvoa tuottavaan toimintaan (Tapping 2008)</i> .....	25
<b>Kuva 14.</b>	<i>Toimittaja–asiakas ketju (mukaillen Koskela 2000)</i> .....	28
<b>Kuva 15.</b>	<i>Arvoa tuottava tuotantoprosessi (mukaillen Koskela 2000)</i> .....	28
<b>Kuva 16.</b>	<i>Laadun talo (Haron &amp; Kairudin, 2012)</i> .....	31
<b>Kuva 17.</b>	<i>Laadun talo (Haron &amp; Kairudin, 2012)</i> .....	31
<b>Kuva 18.</b>	<i>PDCA–sykli (mukaillen Hines et al. 2008)</i> .....	34
<b>Kuva 19.</b>	<i>Nykyinen toimintatapa datavirhe–tilanteissa</i> .....	38
<b>Kuva 20.</b>	<i>Metso Minerals Oy:n tilaus–toimitusprosessi</i> .....	39
<b>Kuva 21.</b>	<i>Tietovirta tilaus–toimitusprosessissa</i> .....	40
<b>Kuva 22.</b>	<i>Nykytilanteen kuvaus</i> .....	41
<b>Kuva 23.</b>	<i>Yksinkertaistettu tietovirtakaavio yrityksestä</i> .....	46
<b>Kuva 24.</b>	<i>Kalanruotokaavion esimerkkipohja</i> .....	48
<b>Kuva 25.</b>	<i>5*MIKSI-analyysiin käytetty pohja</i> .....	49
<b>Kuva 26.</b>	<i>SAP näkymä nimikkeelle</i> .....	51
<b>Kuva 27.</b>	<i>Kalanruotokaavio: datavirheet</i> .....	55
<b>Kuva 28.</b>	<i>Syy–seurauskaavio datavirheistä</i> .....	58
<b>Kuva 29.</b>	<i>Uusi datavirheiden keräyslista (ehdotelma)</i> .....	61
<b>Kuva 30.</b>	<i>Toimenpide–ehdotukset ja niiden toteutusaikataulut</i> .....	63

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

BOM	Materiaaliluettelo (Bill of Material)
WIP	Work in progress, keskeneräinen työ/tuotanto
Lean	Johtamisfilosofia, joka keskittyy arvoa tuottamattomien toimintojen poistamiseen
Hukka	Turha tai tuottamaton toiminto tuotannossa
QTM	Kokonaislaatuajattelu (Total Quality Management)
Kaizen	Toimet, jotka jatkuvasti parantavat tuotannon toimintoja
Heijunka	Japanilainen termi Lean-tuotannolle
5S	Japanissa kehitetty työpaikkojen organisointiin ja työmenetelmien standardointiin keskittyvä visuaalinen menetelmä
PDM	Tuotetiedon hallinta
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä
CAD	Computer-aided design eli tietokoneavusteinen suunnittelu
SAP	ERP-eli toiminnanohjausjärjestelmä
BEN	BOM explosion number eli käytettävän materiaaliluettelon tunnistenumero/koodi
PDT	Planned delivery time eli toimitusaika



# 1. JOHDANTO

Työn tässä luvussa käsitellään työn rakennetta. Luvun alussa avataan työn taustaa sekä esitellään tarkemmin tutkimuskohteena oleva yritys, työn tavoitteet ja tutkimuskysymykset sekä –strategiat, jonka jälkeen perehdytään tutkimusmenetelmiin ja aineistoihin. Luvun lopussa esitellään työn rakenne.

## 1.1 Työn tausta

Tämä diplomityön kohdeyritys on Tampereella sijaitseva Metso Minerals Oy, joka valmistaa kivenmurskaus ja –seulontalaitteita. Metso kuuluu omalla alallaan maailman johtaviin teollisuusyrityksiin. Metson liikevaihto vuonna 2017 oli noin 2,7 miljardia euroa ja Metsolla on yli 12 000 työntekijää 50 eri maassa. Metso tukee kaivos–, kivenmurskaus–, öljy– ja kaasuteollisuutta toimittamalla niille luotettavia ja kestäviä tuotteita ja palveluita.

Ensimmäinen C–sarjan leukamurskain valmistui vuonna 1975 ja sen jälkeen niitä on toimitettu yhteensä yli 10 000 kappaletta ympäri maailman. Metso aloitti tela-alustaisten liikuteltavien murskauslaitosten sarjavalmistuksen vuonna 1985 ensimmäisenä maailmassa. Metson Tampereen toimipisteeltä, jossa eri tehtävissä työskentelee yhteensä 750 henkilöä, toimitettiin vuoden 2018 aikana noin tuhat murskaus- ja seulontalaitetta eri puolille maailmaa.

Tampereen tehtaalla ydintoimintana on murskainten, sekä seulojen suunnittelu ja valmistus. Tuotteet suunnitellaan yhteistyössä suunnittelun, myynnin, tuotehallinnan ja asiakkaiden kanssa ja kaikki laitteet testataan aina ennen asiakkaalle toimitusta. Metson innovaation tuloksena syntynyt Lokotrack on liikuteltavassa muodossa oleva syöttimen, voimalähteen, murskaimen ja kuljettimet sisältävä kokonaisuus. (Metson Tampereen toimintojen yleiskatsaus, 2018)



*Kuva 1. Lokotrack LT96 leukamurskainlaitos*

Diplomityö lähti liikkeelle tarpeesta selvittää tehtaalla käytössä olevien järjestelmien datavirheiden juurisyitä, sekä tarpeesta löytää ratkaisuja datavirheongelmiin. Yrityksen tietosuojasta johtuen työ päätettiin tehdä tapaustutkimuksena (case study), jolloin työn käytännön tuotokset jäävät yritykselle itselleen. Lisäksi tässä työssä voidaan hyödyntää tapauksista saadut tiedot yleisesti.

## 1.2 Työn tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Työn ja tutkimuksen tärkeimpänä tavoitteena on testata tuotannon teoriaa. Tavoitteena on myös kuvata tuotannon teoria sekä validoida teoria käytännön case-tapausten avulla (case-based reseach). Työssä siis selvitetään datavirhetapausten kautta pitääkö tuotannon teoria paikkansa, sekä mitä siitä mahdollisesti puuttuu. Käytännön tapaukset ovat Metso Minerals Oy:n järjestelmän datavirheiden juurisyiden etsintää sekä erilaisten tietovirtojen selvittämistä tuotannossa.

Metso Mineralsilla on havaittu ongelmaksi järjestelmän datavirheet. Yrityksessä on käytössään monta eri järjestelmää ja tiedot niissä tulisi olla aina ajan tasalla, jotta kokoonpano linjalle saadaan oikeat tavarat oikeaan aikaan ja paikkaan. Järjestelmän virheet kuitenkin aiheuttavat sen, että linjalta voi puuttua tavaraa tai on tilattu väärää tavaraa, varastoarvot ovat suuret ja niin edelleen. Jos järjestelmissä oleva data (tieto) on oikeaa, helpottaa se työtä jokaisessa kohtaa tuotantoa. Järjestelmän oikeista ja ajantasaisista tiedoista hyötyy erityisesti osto, joka järjestelmän dataan luottaessaan voi huolettomammin suorittaa hankintoja kokoonpanolinjoille. Näin tarvittavat komponentit saapuvat oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan.

Tällä hetkellä yrityksessä datavirheitä korjataan sitä mukaan, kun niitä työnohessa huomataan. Tämä on hyvin aikaa vievä ja tehoton tapa, joka tuottaa hukkaa niin tuotannossa,

ostossa, tuotannosuunnittelussa, tilauskonttorissa, myynnissä kuin tuotekehityksessäkin. Tarkoituksena olisi selvittää datavirheiden juurisyitä ja samalla validoida tuotannon teoria. Tavoitteilana on, että tuotekehityksestä lähtien tieto on oikeaa ja paikkansapitävää ja pysyy oikeana koko tuotantoprosessin ajan.

Käytännön tuotoksia työssä ovat kuvaus nykytilasta, juurisyokuvaus ongelmista ja toimenpide-ehdotukset yritykselle.

### 1.3 Tutkimusstrategia, -menetelmät ja -aineistot

Tämän työn tutkimusstrategiana käytetään empiiristä tutkimusta, jossa tehdään konkreettisia havaintoja tutkittavasta aiheesta, ja näitä havaintoja analysoimalla saadaan tuloksia. Tutkimusmenetelminä käytetään tapauskohtaista tutkimusmenetelmää (case-based research), joka tarkoittaa erilaisten käytännön tapausten avulla teorian toteen näyttämistä, sekä juurisyyanalyysiä, jolla selvitetään datavirheiden alkuperä ja sen vaikutukset tutkittavaan asiaan. Tutkimusstrategiana tapaustutkimus sopii laajasti määriteltyyn tapaukseen, ja se voidaan toteuttaa monien eri analyysimenetelmien avulla. (Saaranen–Kauppinen & Puusniekka 2006)

Tässä työssä syy–seuraussuhteet osoitetaan kokeellisesti tutkimalla. Syy–seuraussuhteet selvitetään konkreettisten havaintojen pohjalta ja näiden havaintojen pohjalta selvitetään koko tuotantoprosessin kulkua, sekä järjestelmien datavirheiden alkuperää. Työssä käytetty aineisto koostuu valmiista dokumenteista, tutkimuksen tuloksista, sekä yrityksessä teetetyistä haastatteluista ja kyselyistä. Syy–seuraussuhteita selvitetään syy–seurauskaaviolla, joka on hyvin tärkeä analyysityökalu. Tässä analyysissä selvitetään ilmiöiden välisiä suhteita ja niiden vaikutuksia. Tavoitteena on siis selvittää ilmiöiden välisiä syy–seuraussuhteita käytännön tapausten myötä. Toinen tärkeä käytetty menetelmä on juurisyyanalyysi, jonka avulla selvitettiin datavirheiden alkuperää.

Aineisto on yrityksen osto–osaston keräämää tietoa järjestelmän virheistä. Virheet, jotka osto omassa työssään huomaa, listataan Exceliin. Tämän perusteella virheet on helppo kategorioida, sekä valikoida ne tapaukset, joiden juurisyitä lähdetään selvittämään. Kun ostossa havaitaan virhe, selvitetään juurisyyanalyysillä järjestelmien datavirheiden alkuperä ja vaikutukset yrityksen tuotantoon, mikäli virhettä ei olisi havaittu ja korjattu. Aineisto sisältää myös yrityksen ja tuotannon toimintaan liittyvää perustietoa prosesseista ja käytännöistä.

Juurisyyanalyysi menetelmiksi valikoitiin kalanruotokaavio ja 5\*miksi–analyysi. Näiden avulla saadaan selvitettyä datavirheiden alkuperä ja juurisyitä, sekä nähdään, mistä tieto on lähtenyt liikkeelle. Tällä menetelmällä saadaan selvitettyä tietovirrat yrityksessä. Myös tiedon oikeellisuuden vaikutukset eri kohdissa tuotantoa selviää näiden analyysien avulla.

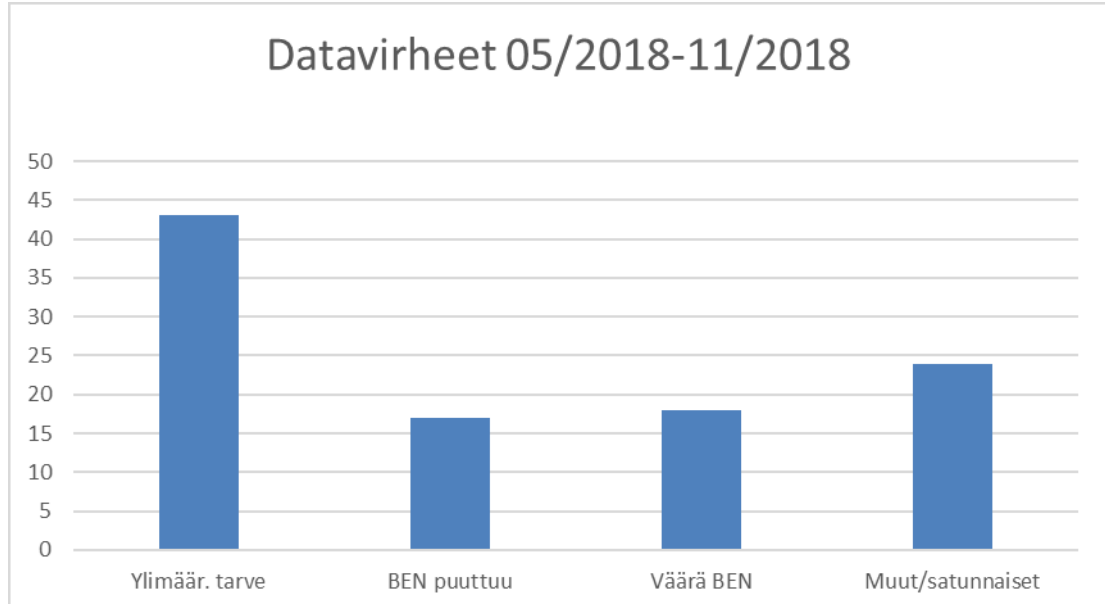
### 1.3.1 Työn aineiston keräys

Teorian validointia ja datavirheiden syy–seuraussuhteiden selvittämistä varten kerättiin operatiivisessa ostossa dataa siellä havaituista datavirheistä. Datavirheet kerättiin Excel-tiedostoon ja sen perusteella valittiin yleisimmät järjestelmän datavirheet, joiden juurisyitä lähdettiin selvittämään sekä tarkemmin tutkimaan ja analysoimaan. Datavirheiksi valikoitui 3 kappaletta päivittäin esiintyviä virheitä. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin harvemmin (vähemmän kuin kaksi kertaa työn teon aikana, 6kk, esiintyneet virheet) Alla olevassa kuvassa esitelty ote datavirhe–Excelistä.

Päivämäärä	Kone	Datavirhe	Syyt ja korjaustoimenpiteet	Missä virhe tapahtunut (jos tiedossa)
15.5.2018	ST 2.8	3 konetta "auennut uudelleen"		
15.5.2018	LT106	2 ylimääräistä		
15.5.2018	C120	Saman päivän DepReq		
16.5.2018	LT106	2 ylimääräistä	Ylimääräinen plani poistetaan	Saatavuuden suunnittelu
17.5.2018	LT12135	3 plania samalla päivällä		
17.5.2018	C120	DepReq menneisyydessä		
17.5.2018	LT3300	Väärä ajoitus	Tuotannosuunnittelu ajoittaa oikeaan paikkaan	Tuotannosuunnittelu
18.5.2018	LT106	Saman päivän plan		
21.5.2018	LT106	Plan väärässä paikassa		
21.5.2018	GP2005	Auennut uudelleen		

*Kuva 2. Ote datavirhe–Excelistä*

Seuraavassa kuvassa on esitettyinä pylväskaavio kerättyjen datavirheiden määristä tutkittu aikavälillä. Tämän perusteella tarkempaan tutkintaan valittiin seuraavat: ylimääräinen tarve ohjelmassa, BEN-tunnus puuttuu järjestelmästä ja järjestelmässä väärä BEN. Muut virheet olivat yksittäisiä ja satunnaisia ja ne rajattiin tämän työn ulkopuolelle.



*Kuva 3. Datavirhediagrammi*

### 1.3.2 Aineiston analysointi

Kerättyä dataa lähdettiin analysoimaan juurisyyanalyysillä. Haluttiin siis selvittää yleisimmän esiintyvien datavirheiden alkuperä, eli missä ja miten virhe on syntynyt ja kuinka

niitä voitaisiin jatkossa estää syntymästä. Datan analysoinnin työkaluiksi valittiin kalanruotokaavio sekä 5\*miksi-analyysi, koska nämä ovat myös yrityksen jokapäiväisessä työssä käytettäviä työkaluja. Juurisyyanalyyseistä työssä käytetään myös yrityksen omaa valmista yhdistelmäpohjaa yhteenvetokohdassa.

### 1.3.3 Hypoteesit

Työn hypoteesiksi, niin sanotuksi nollahypoteesiksi, asetetaan, että tuotannon teoria pitää paikkansa. Jotta hypoteesi pitää paikkansa tulee esittää, kuinka tietovirta kulkee koko tuotannon läpi, ja kuinka tiedon tulee olla joka vaiheessa tuotantoa paikkansapitävää ja oikeaa, jotta tuotanto voi toimia oikein ja tehokkaasti.

Jos voidaan osoittaa, että tiedon oikeellisuus ei ole välttämätöntä tuotannon jokaisessa kohdassa ja, että oletukset tuotannon tietovirrasta eivät pidä paikkansa, kumotaan alkuperäinen nollahypoteesi. Tällöin ei voida tuotannon teoriaa pitää paikkansapitävänä sellaisenaan.

## 1.4 Muut menetelmät ja valintaperusteet

Tutkimusstrategiaksi valikoitui empiirinen tutkimusstrategia ja tutkimusmenetelmäksi tapaustutkimus, koska niiden avulla saadaan yrityksestä kerättyjen konkreettisten tapausten avulla analysoitua tuloksia ja näytettyä toteen asetettuja hypoteeseja. Syy–seuraussuhteiden määrittämiseen käytettiin syy–seurauskaaviota ja ongelmien ratkaisuun käytettiin juurisyyanalyysiä. Juurisyyanalyysimenetelminä valittiin käyttää kalanruotokaaviota ja 5\*MIKSI-analyysiä, koska kyseiset menetelmät ovat tutkittavassa yrityksessä käytössä jokapäiväisessä työssä ja olivat siksi tuttuja juurisyytä selvittäneille tahoille. Lisäksi näillä menetelmillä päästiin käsiksi helposti datavirheongelmia aiheuttaviin syihin.

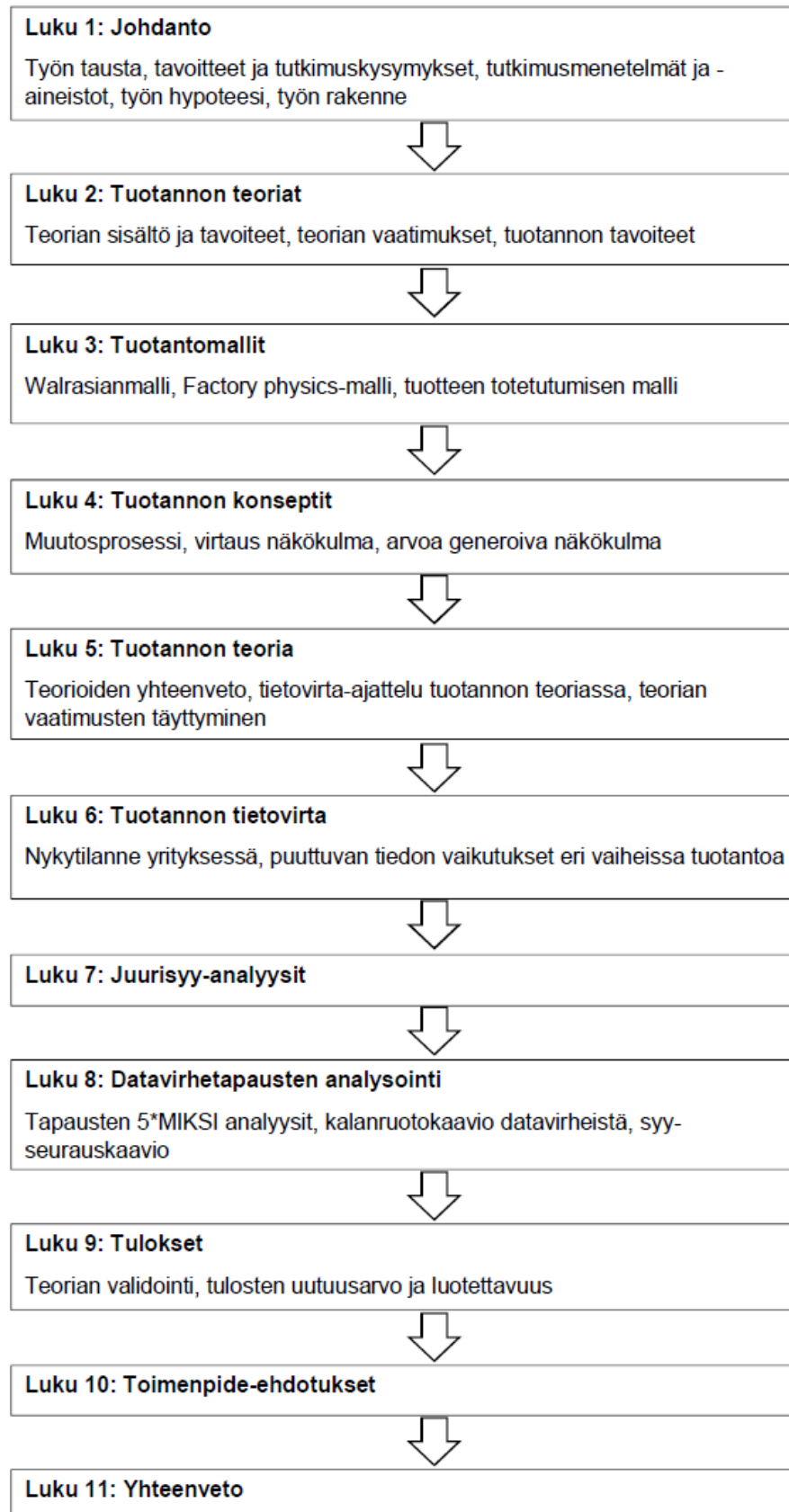
Muita tutkimusstrategioita, joita harkittiin, olivat muun muassa määrällinen tutkimus, missä luokitellaan ja vertaillaan tutkittavia ilmiöitä ja selvitetään niiden syy– ja seuraussuhteita. (Saaranen–Kauppinen & Puusniekka 2006) Muiksi syy–seuraussuhteiden ja juurisyyden selvittämisen työkaluiksi harkittiin vika- ja vaikutusanalyysia ja A3–ongelmanratkaisua, joista ensimmäisellä voidaan tutkia prosessin vikoja ja toisella visualisoida ongelma ja siten keksiä niihin ratkaisuja. Kuitenkin ensimmäisessä kappaleessa esitettyjen syiden vuoksi päädyttiin syy–seuraussuhteiden selvittämiseen, juurisyyanalyysin, 5\*MIKSI ja kalanruotokaavion käyttöön. Näillä menetelmillä saatiin tarvittavat tiedot tutkimuksen suorittamiseen.

## 1.5 Työn rakenne

Työn johdannossa, käydään läpi työn tarkoitus, tutkimuskysymykset ja –strategia. Tässä luvussa myös pohjustetaan niin itse yritystä kuin tutkimustakin. Toisessa luvussa pohditaan teorian sisältöä ja tavoitteita sekä sen funktioita ja vaatimuksia, joita tuotannon

teorialle asetetaan. Luvuissa 3 ja 4 esitellään itse teoriat, joiden pohjalta tuotannon teoria on rakennettu. Luvussa 5 esitetään yhteenveto lukujen 3 ja 4 teorioista, sekä selvitetään kuinka tämä teoria täyttää sille luvussa 2 esitetyt vaatimukset. Luvussa 6 pohditaan tietovirran merkitystä ja kulkua yrityksessä.

Työn käytännön osuudessa, eli luvusta 7 eteenpäin, esitellään itse case-tapaukset yrityksestä. Näitä ovat juurisyiden läpikäynti, datavirhetapausten analysointi syy-seurauskaaviolla. Lopuksi käydään läpi tulokset luvussa 9 ja validoidaan tuotannon teoria. Ennen yhteenvetoa esitellään vielä toimenpide-ehdotukset kohdeyritykselle luvussa 10. Työn rakenne on esiteltynä seuraavassa kuvassa alla.



*Kuva 4. Työn rakenne uusi kaavio*

## 2. TUOTANNON TEORIAT

Tässä luvussa esitellään tuotannon teoriaa yleisesti. Luvun alussa avataan tuotannon teorian tavoitteita ja sen haluttua sisältöä. Tämän jälkeen esitellään teorian vaatimukset ja funktiot. Lopussa käsitellään vielä lyhyesti itse tuotannon tavoitteita, joiden saavuttamiseen tuotannon teorialla tähdätään.

### 2.1 Teorian sisältö ja tavoitteet

Tällä hetkellä ei ole olemassa tarkkaa tuotannon teoriaa (Heim & Compton 1992), vaan kaikki teoriat perustuvat erilaisten tutkimusten tulosten systemaattiseen käyttöönottoon tuotannossa (Koskela 2000). Eli erilaisia tutkimusten tuloksia käytetään käytännössä, vaikka yhtenäistä teoriaa ei ole olemassa. Teollisuudessa hyödynnetään monia eri teorioita ilman, että niille on olemassa aukotonta tieteellistä selitystä. Voidaan siis ajatella, että meiltä puuttuu tieteellinen todistus siitä, mitä useimmat yritykset parhaillaan käytännössä tekevät päivästä toiseen tuotannossaan. Tällä hetkellä ongelmana on puute selkeistä ja johdonmukaisista teorioista, jotka on myös tieteellisesti todistettu paikkansapitäviksi (Koskela 2000). Monet tuotannon teoriat kehittyvät tuotannossa ja sen ohella, jolloin ne usein otetaan käyttöön tuotannossa ilman tieteellisiä tutkimuksia. Teoriat siis jäävät usein ilman teoreettista validointia. Heim ja Compton (1992) ovat myös väittäneet, ettei olisi lainkaan valmistavaan teollisuuteen liittyvää tiedettä.

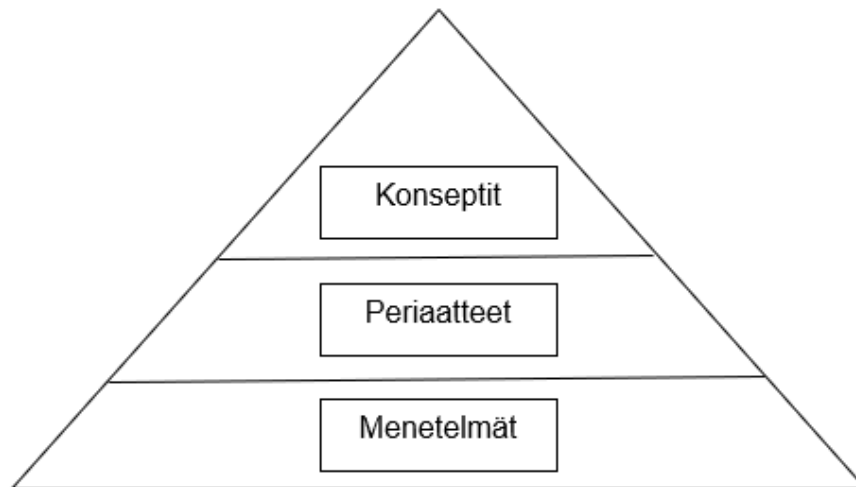
Tuotannon teorian tärkeimpänä tavoitteena on näyttää toteen teoriassa se mitä jo tiedämme tuotannosta. Tämän tuotannon teorian tavoitteena onkin tuoda esiin jokin tieteellinen validointi käytössä oleville käytännöille tuotannossa.

Teorian tulisi vastata ainakin seuraaviin kysymyksiin: mitä, kuinka, miksi ja kuka, missä ja milloin. Teorian tulisi siis selvittää mitkä tekijät, muuttujat ja konseptit tulisi ottaa mukaan teoriaan ja kuinka nämä osat ovat riippuvaisia toisistaan. Teorian tulee selittää miksi juuri nämä muuttujat ja tekijät on otettu tarkkailuun mukaan, sekä perustella nämä valinnat. Teoriasta tulisi myös tulla ilmi, missä rajoissa teoriaa voi hyödyntää ja kuinka yleistettävissä se on. (Whetten 1989)

Tuotantofilosofian tulisi sisältää määritelmän tavoitteista, yksittäisten toimien ja ihmisten välisten syy-yhteyksien kehittämisen, sekä ohjeet kaikkien näiden toimien hallitsemiseksi. (Umble & Srikanth 1990) Nämä kolme tuotantofilosofian vaatimusta tulisi olla kaikkien ymmärrettävissä, sekä jokaisen tuotantoon osallistuvan yhteisiä tavoitteita.

Tuotannon teorioita voidaan kuvata seuraavalla kolmiolla:





**Kuva 5.** Tuotannon teorian rakentuminen (mukaillen Koskela 2000)

Kolmion alareuna sisältää teorian metodologian eli kaikki ne menetelmät, toimintamenetelmät, käsitteet, mittaukset, luokittelut ja muut operaatiot, joilla teoriaa tutkitaan. (Laaksovirta 1985) Keskellä kolmiossa ovat periaatteet. Nämä periaatteet kuvaavat konseptien (kolmion ylin taso) välisiä suhteita. Ylin taso, eli konseptit, vastaavat kysymykseen, mitä on tuotanto. (Koskela 2000) Tuotannon teorian kehitys voi tapahtua menetelmistä konsepteihin, tai toisin päin. Konseptin perusteella voidaan lähteä selvittämään teorian periaatteita, ja siten metodologioita tai sitten tiedossa olevia toimintamenetelmiä ja käsitteitä hyödynnetään muodostettaessa konseptia. Tämän työn tapauksessa olemassa olevia menetelmiä, periaatteita ja konsepteja yhdistelemällä muodostetaan teoria, jonka paikkansa pitävyyttä testataan käytännön esimerkkien kautta.

### 2.1.1 Teorian funktiot

Tuotannon teoria noudattaa muiden teorioiden tapaan tiettyjä tieteellisiä periaatteita ja siten sillä voidaan ajatella olevan samat funktiot kuin kaikilla muillakin teorioilla. Näillä teorioilla on yleisesti seuraavat alla listatut tehtävät.

Teorian on tarkoitus selittää tutkittavaa asiaa tai ilmiötä, ja auttaa ymmärtämään tutkittavaa kohdetta. Teorian tarkoituksena voi olla myös ennustaa tulevaa, eli kuinka tutkittava asia kehittyy ja käyttäytyy tulevaisuudessa. Tuotannon teoriassa yritetään ennustaa, kuinka tulevaisuudessa tuotanto tulee esimerkiksi muuttumaan ja mitä vaikutuksia teoriolla on tuotannon tavoitteisiin. Teorian tulee olla helposti muutettavissa ja sen tulee sopeutua erilaisiin ja muuttuviin olosuhteisiin. Teoria ei saa siis olla liian sitova vaan sen pitää olla mukautuva ja helposti muuteltavissa oleva. Teorian tehtävänä on antaa myös suuntaviivoja tulevaisuuden kehitykselle. Teoria niin ennustaa tulevaisuuden muutoksia,

kuin myös ohjaa sitä tiettyyn, haluttuun ja ideaaliin suuntaan. Tuotannon teorian testausta ei saa kuitenkaan unohtaa. Teoriaa tulee testata tietyin ajoin, jotta sen validiteetti säilyy (Koskela 2000). Testaamalla teoriaa vahvistetaan sen paikkansa pitävyyttä, ja sitä voidaan tarpeen tullen päivittää, sillä teorian ei voida olettaa säilyvän muuttumattomana tekniikan, markkinoiden ja maailman muuttuessa jatkuvasti.

Näiden teorian perusfunktioiden lisäksi teorialla voidaan ajatella olevan myös monia muita tehtäviä. Näitä ovat muun muassa erilaiset työkalut, joita käytetään tuotannon analysoinnissa, suunnittelussa ja tuotannon kontrolloinnissa (Kochikar & Narendran 1994). Teorian yhtenä funktiona voidaan ajatella olevan viestintä, jolloin teoria helpottaa eri sidosryhmien kanssakäymistä yritysmaailmassa (Heim & Compton 1992) Oppiminen on myös teorian tärkeä funktio. Teoria siis tuottaa tärkeää tietoa kaikkien nähtäväksi ja opittavaksi.

## 2.2 Teorian vaatimukset

Seuraavaksi tulee määritellä, mitä kaikkea tuotannon teorian tulisi kattaa. Teorialle tulee asettaa vaatimukset, jotta valmista teoriaa voidaan arvioida ja tutkia. Vaatimusten perusteella voidaan myös arvioida jo olemassa olevia teorioita, joita esitellään luvusta 3 eteenpäin.

Tuotannon teorian halutaan ohjaavan ainakin kolmea tuotannon osa-aluetta: suunnittelua, tuotannon kontrollointia ja tuotannon kehitystä (Koskela 2000). Teorian halutaan kattavan laaja-alaisesti kaikki tilanteet tuotannossa, joten teorian tulisi siis olla yleispätevä kaikissa tapauksissa ja pitää paikkansa erilaisissa tuotantotilanteissa ja yrityksissä. Tuotannon teoria ottaa huomioon vain itse tuotannon, eikä huomioi esimerkiksi ihmisistä ja heidän toimistaan aiheutuvia vaihteluja (Koskela 2000). Joitakin muuttujia, kuten ihmisten käyttäytymistä, on vaikea ennustaa, jonka vuoksi teorit usein keskittyvät vain kuvaamaan tuotannon hallittavia osia.

Tutkimuksen teoriaosuuden materiaalina käytetään luvuissa 3, 4 ja 5 kirjallisuuden pohjalta muodostettua tuotannon teoriaa. Käytännön tutkimusmateriaali saadaan yrityksestä, jota työ koskettaa. Tiedot on kerätty tarkkailemalla ja haastattelemalla ihmisiä eri osastoilta. Ihmisiä haastateltiin tilauskonttorista, ostosta ja tuotannosuunnittelusta. Lisäksi on itsenäisesti ja ohjatusti perehdytty tuotannon toimintaan ja virtojen kulkuun tuotannossa.

## 2.3 Tuotannon tavoitteet

Tuotannon tärkeimpänä tavoitteena on tuottaa tuotteita kustannustehokkaasti asiakkaalle. Tähän tavoitteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa kustannukset, laatu, sekä työturvallisuus.

Tuotannolle on asetettu kolme eri tavoitetta. Ensimmäisenä ja tärkeimpänä tuotannon tavoitteena on valmistaa tuotteita, joita yritys voi myydä jälleen asiakkaille. Tämä saattaa tuntua itsestäänselvyydeltä, mutta ei silti vähennä sen merkityksellisyyttä valmistavan tuotannon tärkeimpänä tavoitteena. (Slack 1995) Tuotteet tulee valmistaa kustannustehokkaasti, jotta yritys tekee tuottoa. Valmistukseen liittyy myös monia muita tavoitteita. Tuotannossa tulee ottaa huomioon myös niin työntekijöiden viihtyvyyteen kuin työturvallisuuteenkin liittyvät seikat, sillä nämä kaikki ovat sidoksissa tehokkuuteen työpäivällä.

Toinen tavoite liittyy itse tuotannon ominaispiirteisiin, kuten kustannuksien minimoimiseen ja käyttöasteeseen (Slack 1995). Kolmantena tavoitteena ovat ulkoiset tavoitteet eli asiakkaisiin liittyvät tavoitteet kuten suorituskyky, laatu ja luotettavuus (Slack 1995) Ei riitä, että tuotteita tuotetaan tehokkaasti (tavoitteet 1 ja 2 täyttyvät), vaan tulee myös tuottaa hyviä ja laadukkaita tuotteita, jotka menevät kaupaksi. Tuotteiden tulee täyttää asiakkaiden asettamat laatuvaatimukset. Yrityksen tarvitsee vastata asiakkaiden kysyntään pärjätäkseen markkinoilla.

## 3. TUOTANTOMALLIT

Jotta ymmärrettäisiin paremmin, mistä tuotannon teoria syntyy, esitellään alla kolme erilaista tuotantomallia. Tuotannon teoria pohjautuu kaikkiin näihin teorioihin, sillä mikään niistä ei yksin pysty vastaamaan kaikkiin tuotantoa koskeviin kysymyksiin. Kaikki mallit ovat omalta osaltaan vajavaisia ja niiden pääpaino on kaikilla eri. Nämä teoriat toimivat siis toisiaan täydentävinä.

Ensimmäisenä esitellään Walrasian tuotantomalli, jossa käsitellään tuotannon eri virtoja, mikä on keskeinen ajatus tuotannon teoriassa. Toisena tuotantomallina esitellään Factory physics tuotantomalli ja viimeisenä tuotteen toteutuminen tuotantomalli.

### 3.1 Walrasian- tuotantomalli

Walrasianin tuotantomalli kuvaa tuotannontekijöiden tuotantoprosessia lopputuotteeksi (Koskela 2000). Tuotantoprosessissa suunnitteluvaihe tuottaa teknisiä dokumentteja valmistettavasta tuotteesta ja näitä voidaan myös mallintaa Walrasian mallilla. Näiden dokumenttien virtaa ja dokumenttien hallintaa koko yrityksen läpi voidaan verrata materiaalien virralle tuotannon läpi.

Nykyajan tuotannossa pyritään lyhentämään sen läpimeno aikaa. Jotta läpimeno aikaa voidaan lyhentää tuotannossa, on tärkeää mallintaa, sekä ymmärtää koko tuotantoprosessi ja kehittää niitä tekniikoita, jolla tuotannon eri vaiheita voidaan aikatauluttaa niin, että niistä saadaan valmistettua tuotteita suurimmalla mahdollisella kapasiteetilla. (Rolstadås 1995) Vaiheiden päällekkäisyydet ovat välttämättömiä tuotannon läpimenoajan sekä odotusajan pienentämiseksi ja käyttöasteen maksimoimiseksi.

Minkään tehtaan rakenne ei ole yksinkertainen, eikä siellä noudateta vain yhtä teoriaa, jonka vuoksi tuotannon teoriankin tulee kattaa kaikki tuotantoprosessin eri näkökulmat. Walrasian tuotantomalli kuvaa tuotantoprosessia, jossa valmistuu lopputuote. Usein yrityksillä on olemassa monia prosesseja, joissa tuotteita valmistuu ja näissä prosesseissa on usein eri tekijät, raaka-aineet ja menetelmät. Tällä tuotantomallilla pyritäänkin mallintamaan, kuinka nämä eri virrat (mm. materiaali, tieto) virtaavat erilaisten tuotantovaiheiden läpi. Tuotannon tietovirtaan palataan tarkemmin luvussa 6.

Tuotannon hallittavuuden kannalta on tärkeää jakaa tuotanto pienempiin ja siten hallittavampiin osiin (Rolstadås 1995). Tuotantoprosessia on helpompi käsitellä, kun se jaetaan esimerkiksi osiin niiden toimintojen tai resurssien mukaan. Tämän vuoksi kolme tärkeää näkökulmaa tarvitaan, kun määritellään tuotantoa tai tuotantosysteemiä: resurssi-, työ- ja organisaatio- sekä päätöksentekonäkökulma (Rolstadås 1995). Jokainen näistä näkökulmista virtaa koko prosessin läpi.

Työvirran hallinta auttaa tuotannossa tekemään oikeat työt ja nämä työt oikein (Wortmann 1992). Dokumenttien liikkumista prosessin läpi voidaan verrata materiaalin virtaan yrityksessä. Nämä dokumentit kuvaavat yrityksen tuloksia ja ne sisältävät niin yrityksen kuin tuotannonkin sääntöjä, säännöksiä sekä rajoituksia. Ongelmia näissä tuotannon virroissa aiheutuu, kun kyseessä on iso ja monimutkainen organisaatio, joka toimii tiukalla aikataululla (Rolstadås 1995) On tärkeää tunnistaa nämä virrat ja niiden vaikutukset tuotannossa. Jos oikeaa tietoa ei ole oikeaan aikaan, oikeassa paikassa, ei yritys voi toimia. Tietovirta toimii samoin kuin materiaalivirta eli jos oikeaa materiaalia ei ole oikeaan aikaan, oikeassa paikassa kokoonpanolinjalla, ei kokoonpano voi jatkua puuttuvien osien takia (vertaa tietovirta–materiaalivirta) Tätä ajastusta voidaan jalostaa kaikkiin tuotannon virtoihin, eli myös tieto- materiaali- ja kontrollivirtaan.

Yrityksissä on olemassa kaksi suurta ongelmaa. Ensimmäinen on datan riittämätön tarkkuus ja muutokset tilauksissa, jotka usein aiheuttavat virhettä datavirtaan. Toinen on rajallinen mahdollisuus testata tuotannon tuloksia ja ohjelmia. (Rolstadås 1995) Tässä työssä pääpaino on datan riittämättömässä tarkkuudessa ja sen vaikutuksissa koko tuotantoon. Kaiken tiedon, materiaalin ja kontrollin ajatellaan liikkuvan erilaisina virtoina koko tuotantoprosessin läpi eri muodoissa. Suurena osana tätä tuotannon virta–ajattelua on datan riittämätön tarkkuus, sillä ilman oikeaa tietoa ei tuotanto pyöri. Datan pitää olla oikeaa koko prosessin alusta loppuun ja siihen tulee voida luottaa. Tämän työn yhtenä tavoitteena onkin esittää, kuinka juuri tämä datan riittämätön tarkkuus vaikuttaa tuotannossa ja kuinka tietovirran avulla voidaan näyttää toteen tuotannon teoria.

Tuotantoprosessista voidaan erottaa kolme itsenäistä prosessia. Prosessi määrittellään joukoksi liittyneitä toimintoja, jotka suoritetaan tai jotka liittyvät toisiinsa eri virtauksilla. Tuotanto on yhdistetty materiaalivirtaan: tuotannon tarkoituksena on muuttaa raakamateriaali valmiiksi tuotteeksi. Teknisen informaation virta esitetään yleensä piirustuksina ja muina dokumentteina. Tämä virta tuottaa teknisiä spesifikaatioita siitä, millaisia tuotteita tuotetaan ja kuinka. Yrityksen johto taas on yhdistetty operatiiviseen informaation virtaan, joka on yleensä esitetty työtehtävien, suunnittelun tai dokumenttien muodossa. Johdon tehtävänä on vapauttaa ja valvoa tuotanto– ja suunnittelutöitä. (Rolstadås 1995)

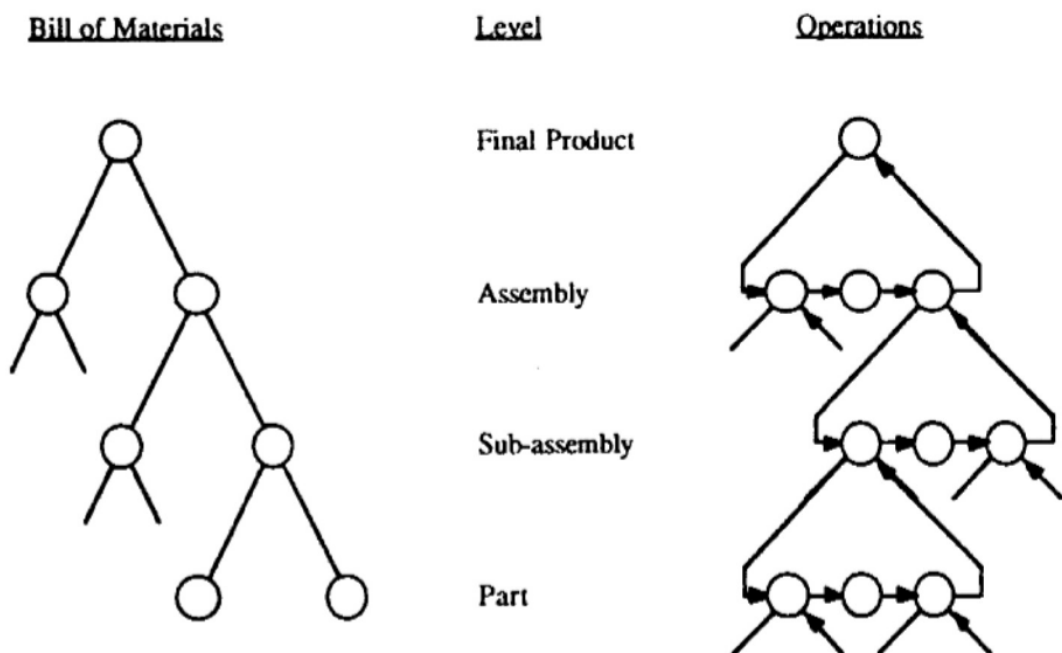
Tuotannossa on kaksi perusdatarakennetta, Walrasian–mallin mukaan ne ovat P–käyrä (tuotedata) ja R–käyrä (resurssidata). Näiden kahden yhdisteen ajatellaan olevan tuotannon hallintaa. Walrasian malli kuvaa tuotantotilojen muutosprosessia valmiiksi tuotteiksi, ja tuotantomallista voidaan tehdä kolme eri yleistystä (Koskela 2000). Yleistyksen esitellään seuraavissa alaluvuissa.

### 3.1.1 Ensimmäinen yleistys

Ensimmäinen yleistys Walrasian mallista sisältää tuotteiden tilauksen eli niin sanotun P–käyrän, josta puhutaan myös tuotekäyränä (product graph). Käyrä kuvaa niiden kompo-

nenttien ja osakokoonpanojen lukumäärää, jotka tarvitaan yhden tietyn tuotteen tuottamiseksi. Tästä oletuksesta voidaan johtaa seuraava: P-käyrä esittää tarpeen resursseille, joka niiden tulee täyttää. (Rolstadås 1995)

P-käyrä siis esittää ensisijaisen resurssivirran tuotantoprosessissa ja se määrittää kaikki tuotantoprosessissa tehtävät työt. (Rolstadås 1995) P-käyrä kuvaa ensisijaista materiaa-  
 livirtaa tuotantoprosessissa ja tunnistaa kaikkien resurssien tarpeet. Tuotanto voidaan aloittaa jo ennen P-käyrän lopullista määrittelyä, ja sen yksityiskohtaisuus riippuu, millä suunnittelutasolla ollaan (strategia, rakenne vai operatiivinen). Tämä johtuu pitkälti siitä, että tuotannossa on voimassa BOM:ja samaan aikaan. (Wortmann 1992) Ensimmäinen yleistys koskee niin sanottua tuotekaaviota (P-käyrä), jonka avulla tuotteen tilaus, kokoonpano, osakokoonpano ja komponentit (BOM) voidaan esittää. P-kaavio määrittelee myös tehtävän työn. (Koskela 2000) Alla olevassa kuvassa on esitelty P-käyrä eli kuinka BOM käyttäytyy eri operaatiotasossa ja kuinka se muodostaa haarautuvan verkon, mitä pidemmälle tuotannon operaatioissa edetään.



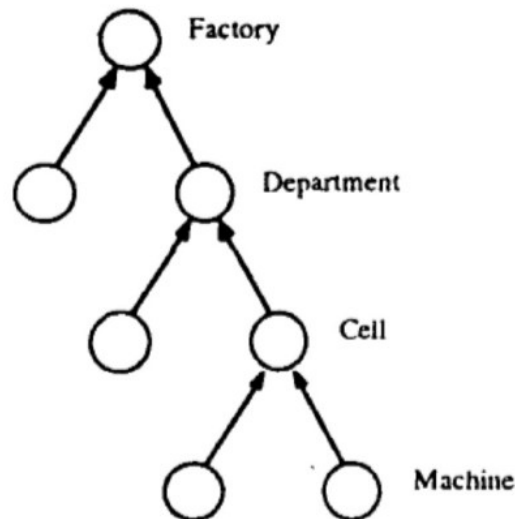
**Kuva 6.** P-käyrä (Wortmann 1992, s.48)

Suurin osa tuottavista yrityksistä ei valmista vain yhdenlaisia tuotteita vaan tuotemixistä löytyy monia erilaisia tuotteita ja variaatioita, ja niiden konfigurointi on usein mahdollista. Tämä aiheuttaa sen, että tuotteiden BOM-rakenteita on yrityksessä lukemattomia määriä käytössä ja niitä koskevan tiedon tulee olla ajan tasalla. Näin ollen tuotteelle ostetaan joka kerta oikeat osat ja tuote voidaan valmistaa ajallaan sekä oikealla tavalla. BOM-dokumentit liittyvät vahvasti aiemmin mainittuihin tieto- ja materiaalivirtoihin ja niiden luotettavuuteen ja hallittavuuteen.

### 3.1.2 Toinen yleistys

Toinen yleistys Walrasian-mallista järjestää resurssit samoin kuin ensimmäisessä yleistyksessä on järjestetty tuotteet (Rolstadås 1995). Mallissa kuvataan resursseja joukoksi järjestämättömiä esineitä. Resurssien yhdistäminen, tilaaminen eri ryhmiin, osastoihin ja tehtaisiin täytyy olla määriteltävissä, sillä resurssit tarjoavat valmiudet tuotannolle. (Wortmann 1992) Resursseja kuvataan R-käyrällä. P-käyrä edustaa suoritettavia toimintoja ja määrittää resurssien vaatimuksen, kun taas R-käyrällä määritellään samalla tavoin resurssien tarjonta, joka on kuitenkin ajasta riippumatonta (Rolstadås 1995)

Kuten alla olevasta kuvasta 7 nähdään, jokainen kone, solu, osasto ja tehdas vaatii omat resurssinsa. Nämä resurssit ovat toisiinsa sidottuja, muodostaen yhtenäisen rakenteen. Jotta tuotanto toimii moitteettomasti ilman pysäytyksiä, täytyy olla tiedossa mitä resursseja tarvitsee tilata, milloin ja minne. Tämän resurssivirran hallinnassa tärkeitä ovat muun muassa materiaalivirran ja tuotannon hallinnan työkalut.



*Kuva 7. Resurssien organisaatiollinen rakenne (Wortmann 1992, s.49)*

### 3.1.3 Kolmas yleistys

Kolmas tuotantomallin yleistys laajentaa nämä edellä esitetyt yleistykset tuotantomalliksi, jossa tunnistetaan kolme valvontatoimintaa: resurssien hallinta, tuotteiden hallinta sekä niiden koordinointi ja synkronointi. P- ja R-kaavio ovat tuotannon hallinnan työkaluja, jotka kolmas yleistys laajentaa tuotantomalliksi. Tässä tuotantomallista on tunnistettavissa kolme valvontatoimintaa. (Koskela 2000).

Tuotannonhallinnalla tarkoitetaan organisaation toimintaa yrityksen sisällä. Sillä tarkoitetaan tuotteiden tuotekehitystä, suunnittelua, ennustamista, tuotantoa ja myyntiä ja markkinointia tuotteen elinkaaren erivaiheissa. Tuotannonhallinnan tärkeimpänä tarkoituksena on saada tuotanto tuottamaan, eli pyritään minimoimaan kustannukset ja maksimoimaan myynnistä saatavat voitot.

### 3.2 Factory physics model of manufacturing

Valmistuksen historiaa voidaan tarkkailla ja analysoida muun muassa varastonohjauksella, materiaalivaatimuksilla ja JIT-tuotannolla (Hopp & Spearman 1996). Nämä tekniikat sellaisenaan ovat kuitenkin riittämättömiä tulevaisuuden tarpeiden kannalta (Koskela 2000). Tulee siis kehittää muita teorioita ja malleja, jotka kattavat myös jatkuvasti kasvavan ja muuttuvat tuotannon tarpeet.

Valmistus voidaan määritellä operaationäkymänä. Tämä operaationäkymä keskittyy materiaalin virtaukseen tehtaan läpi. Tuotannon peruskäsitteet jaetaan rakennuslohkoiksi, joissa peruseriaatteita esitetään erilaisina valmistuslakeina ja jossa tunnistetaan tietyt käytännöt. (Hopp & Spearman 1996) Valmistusjärjestelmä on erilaisten prosessien verkosto, mitä kautta kaikki yksiköt virtaavat tuotannossa (Koskela 2000). Tässä tapauksessa otetaan mukaan myös virtausajattelu, joka esitettiin luvussa, jossa käsiteltiin Walrasian-tuotantomallia. Valmistuksessa ajatellaan tiedon ja materiaalin virtaavan koko prosessin läpi ja näiden virtojen tulee noudattaa valmistuslakeja. Tärkeää on, että koko prosessin kaikki käytännöt tunnistetaan ja tuotannon yksiköt virtaavat näiden lakien määrittelemän verkoston läpi.

Edellä mainitussa valmistuksen määritelmässä tavoite on sidottuna yrityksen valmistustavoitteeseen, kuten korkeaan kannattavuuteen, alhaisiin kustannuksiin ja korkeaan myyntiin. Prosessilla viitataan fysikaalisiin prosesseihin, jotka keskinäisessä vuorovaikutuksessaan muodostavat tuotantoverkoston. Yksiköt sisältävät valmistettavia osia ja niiden ohjaustietoa. Virta taas kertoo, kuinka eri materiaalit ja tiedot käsitellään tuotannossa. (Koskela 2000.)

Hopp ja Spearman (1996) esittävät tuotannon käyttäytymistä koskevia lakeja. Nämä lait auttavat yhtiön johtoa tunnistamaan isoimmat hukan lähteet ja vaihtelevuudet ja antavat vaihtoehtoisia parannusehdotuksia ennen parannusten toimeenpanoa. Näistä laeista kaikkien tärkeimmät ovat seuraavia:

1. *Käynnissä oleva työ*: suoritusteho\*läpimenoaika
2. *Kapasiteetilaki*: vakaassa tilanteessa kaikki tehtaat vapauttavat keskimääräisen työmäärän, joka on selvästi keskimääräistä kapasiteettia pienempi
3. *Inventointilaki*: rajoittamattomassa järjestelmässä inventaario kasvaa jatkuvasti
4. *Pullonkaula-laki*: Inventoinnin kasautuminen ei välttämättä ole merkki pullonkaulasta



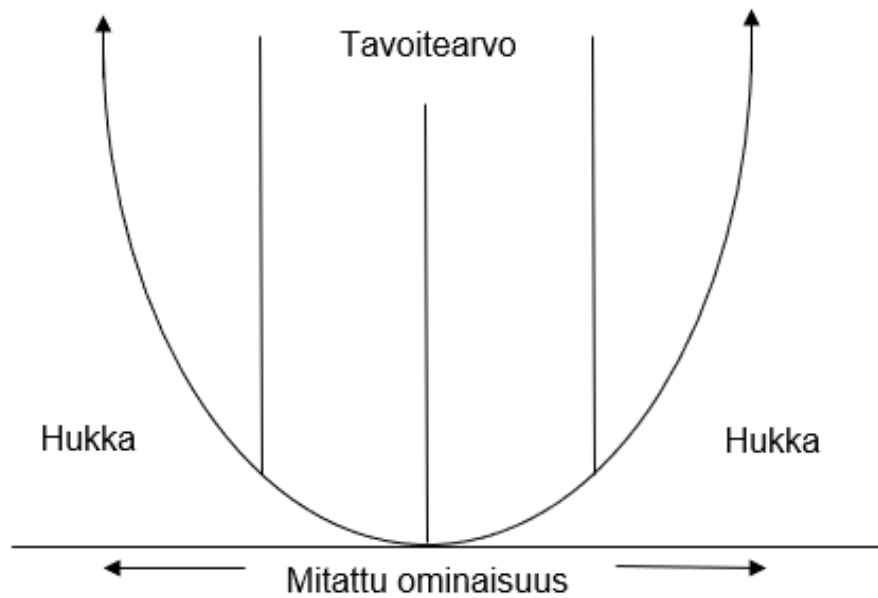
5. *Muuttujan laki*: Lisääntyvä vaihtelu heikentää aina tuotantojärjestelmän suorituskykyä
6. *Välittömän seurauksen laki*: linjalla, joka koostuu riippumattomista suorituksista, vaihtuvuus reitityksen varhaisessa vaiheessa kasvattaa syklin aikaa enemmän kuin vastaava vaihtelu myöhäisemmässä vaiheessa reititystä
7. *Materiaalin säilyttämistä koskeva laki*: stabiilissa järjestelmässä pitkällä aikavälillä järjestelmän nopeus on sama kuin nopeus, mikä vähentää tuoton menetystä ja mikä tahansa osatuotanto järjestelmässä
8. *Käytön laki*: jos työasema lisää käyttöastetta tekemättä muita muutoksia, keskimääräinen läpimenoaika ja WIP kasvavat epälineaarisella tavalla
9. *Siirtoerien laki*: Sykliajat reitityksen segmentin kohdalla ovat suunnilleen verrannollisia tämän segmentin yli käytettyjen siirtoerien kokoihin, edellyttäen että kuljetusväline ei ole odottamassa
10. *Puskurointia koskeva laki*: Tuotantojärjestelmä puskuroidaan jollakin varaston, kapasiteetin tai ajan yhdistelmällä

Leanin osalta näiden lakien vaikutukset tuotannossa ovat syvällisempiä.

### 3.3 Tuotteen toteutumisen malli

Tämän tuotantomallin lähtökohtana on ollut tyytymättömyys organisaation tuotekehitykseen (Koskela 2000). Tavoitteena on kehittää yksi yhteinen teoria koko suunnittelulle ja valmistusprosessille (Cook & Gill 1993). Keskeisenä ajatuksena on saavuttaa menetelmä tuotannolle, jonka perusteella kaikki sen toiminnot voivat perustua tuotteiden ennustettuun kysyntään, markkinoiden mittareihin, tehtyihin voittoihin ja tuotannon kokonaislaatuun (Kolli & Cook 1994). Kaiken tämän saavuttamiseksi tässä tuotantomallissa käytetään Taguchin laatuteoriaa, laadun toimintojen käyttöönottoa, kokeiden suunnittelua, conjoint-analyysia ja mikrotalouden tutkimuksia (Koskela 2000). Conjoint-analyysi on konseptikehityksessä käytetty työkalu, jolla arvioidaan tuoteominaisuuksia ja asiakasvaatimusten välisiä suhteita. (Nijssen & Frambach 2000).

Taguchi-menetelmä on kehitetty valmistettujen laadun parantamiseksi. Taguchi määrittelee tuotteen laadun siitä aiheutuneena hävikkinä. Menetelmässä hyödynnetään tilastotiedettä ja asiakkaalle aiheutuva hävikki ajatellaan minimoitavan hyvällä tuote ja prosessi suunnittelulla. Tuotteelle asetetaan tietyt tavoitearvot, mutta tuotteen toiminnalliset ominaisuudet voivat poiketa näistä tavoitearvoista ulkoisista tekijöistä johtuen. Tällaisia ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi lämpötila ja inhimilliset virheet. Tavoitteena on valmistaa tuotteita, jotka eivät olisi näille ulkoisille tekijöille alttiita. Taguchin teoria perustuu kolmeen periaatteeseen: ensinnäkin laatua ei tarkastella tuotannossa vaan se suunnitellaan jo ennen tuotannon aloittamista. Toiseksi ominaisuuksien vaihtelut pyritään minimoimaan, jotta paras laatu saavutetaan. Tuotannon tulisi siis olla immuuni ulkoisille tekijöille. Ja kolmanneksi laatu kustannukset ajatellaan hävikkinä tuotannosta. Laatu tulisi rakentaa tuotannon sisälle, sillä silloin saavutetaan parhaat tulokset. (Ghani et al. 2004)



**Kuva 8.** Taguchin jatkuvan hukan teoria (mukaillen Wheeler & Chambers 2010)

Kuvassa 8 esitellyllä Taguchin heikentävän arvofunktion mallilla voidaan havainnollistaa tuotteen ominaisuuksien poikkeavuutta tavoitearvoista ja tämän vaikutuksia kustannuksiin. Perinteinen ajatustapa on, että kaikki tuotteet, jotka täyttävät spesifikaatiot, on käytettävissä. Tällöin huonon laadun kustannukset tapahtuvat vain määrittelyn ulkopuolella. (Wheeler & Chambers, 2010)

Yksi merkitsevä johtopäätös tästä tuotantomallista on, että yritystä voidaan hallinnoida hallitsemalla sen kokonaislaatua. Kokonaislaatu on strateginen muuttuja, joka kuvastaa tuotteen kokonaisvaikutusta asiakkaisiin ja muuhun yhteiskuntaan, samoin kuin yrityksen kannattavuuteen. Tässä laatua määritellään tuotteen nettoarvoksi yhteiskunnalle, riippuen arvosta ja kustannuksista. (Koskela 2000)

Tuotannon järjestelmässä tai osajärjestelmässä tuotteen jakaminen osiin tarjoaa parhaan organisaatiorakenteen tuotteen kehittämiseksi ja valmistamiselle teorian valossa. Mallin tavoitteena on vaikuttaa puutteisiin toiminnallisessa organisaatiossa. Mallissa yleistetään Taguchin laateoriaa ja sen yhdistämistä aikaisempaan kehitykseen ja mikrotalouteen ja markkinointiin. Tässä mallissa käsitellään tuotteen toteutusprosessia eli suunnittelusta valmistukseen. Tavoitteena on arvon tuotto asiakkaalle, sekä laatu- ja kustannusten laskeminen. (Koskela 2000)

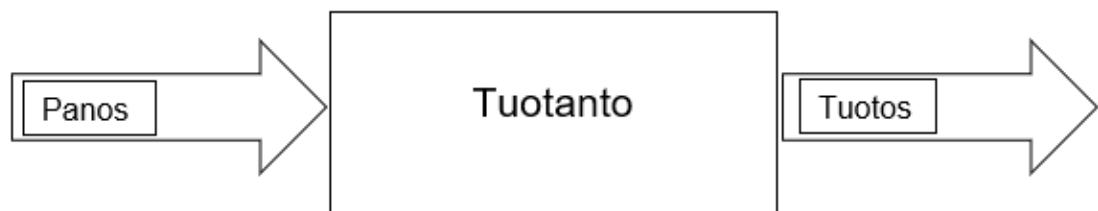
Tässä tuotantomallissa halutaan, että on olemassa vain yksi yhtenäinen teoria, jota harjoitetaan koko prosessin läpi. Näin pyritään siis hallitsemaan kokonaislaatua tuotekehityksestä ja suunnittelusta lähtien, koko tuotannon läpi. Jokaisessa vaiheessa pyritään käyttämään samoja periaatteita huolimatta prosessin vaiheiden eroavaisuuksista.

## 4. TUOTANNON KONSEPTIT

1900-luvun alusta lähtien hallitsevana teoriana tuotannossa on ollut muutosmalli, jossa tuotanto ajatellaan olevan prosessin muutosta (Koskela 2000). Tässä luvussa esitellään seuraavat kolme tuotannon näkökulmaa: muutos, virtaus ja arvon luominen.

### 4.1 Muutosprosessi näkökulma

Muutosprosessin näkökulmassa tärkein ajatus on nähdä tuotanto suoritettavina tehtävinä ja tuotantoprosessi eräänlaisena panos–tuotosjärjestelmänä (Starr, 1966 ja Grubbström, 1995). Tässä järjestelmässä joukko resursseja eli panoksia (input), operoidaan muutosprosessissa, joka vapauttaa ne tuotoksina (output). (Grubbström 1995) Tätä prosessia havainnollistetaan alla olevassa kuvassa.



*Kuva 9. Tuotantoprosessi panos–tuotosjärjestelmänä (Grubbström 1995).*

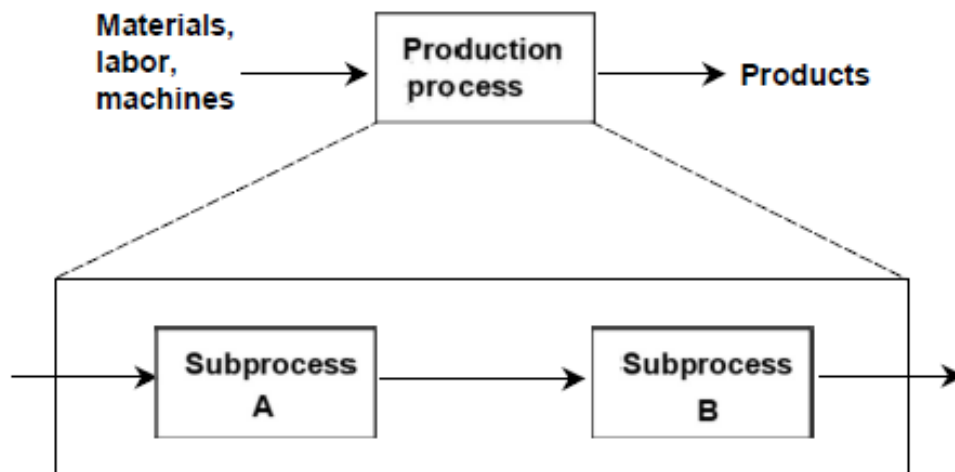
Tässä näkökulmassa hallinnalla tarkoitetaan juurikin tämän muutosprosessin hallintaa ja prosessin hallinta on tuotannon hallintaa, johon on olemassa monia työkaluja. Tuotannossa ajatellaan kaikkien toimintojen tuottavan joko tavaroita tai palveluita (tai molempia) ja tämä tuottaminen tapahtuu juurikin kuvassa 9 esitetyllä muutosprosessilla.

Muutoksella tarkoitetaan, että resursseja käytetään jonkin tilanteen tai tilan muuttamiseksi tuotoiksi ja tällaisessa prosessissa kaikki sen operaatiot ovat yleisen panos–tuotos–mallin mukaisia. (Slack et al. 1995) Tuotanto voidaan yksinkertaisuudessaan ajatella olevan muutosprosessi, jossa resursseja muutetaan joksikin toiseksi (Grubbström 1995). Prosessin tärkeimmät resurssit ovat aika ja raha ja kaikenlaiset prosessit kuluttavat kumppaakin.

Itse tuotantoprosessia ei käsitellä tässä mallissa, vaan vain sen panokset ja tuotokset (input/output). Kaikki tekninen sisältö prosessista on jätetty pois eikä se ota huomioon, jos prosessiin lisätään resursseja, esimerkiksi koneita tai työtä. Tärkeää on myös huomata,

että tuotokset ja panokset eivät kosketa vain tuotteen valmistusta, vaan tuotokset voivat myös olla esimerkiksi seuraavan työvaiheen panoksia ja resursseja muihin vaiheisiin. (Grubbström 1995.)

Monet prosessit tuotannossa ovat monimutkaisia ja niiden käsittelyyn tarvitaan periaate, jossa muunnosprosessi hajotetaan pienempiin osaprosesseihin. Osaprosessit ovat myös muunnosprosesseja, mutta yksinkertaisempia ja siten helpommin hallittavia. Tämän periaatteen ydintavoitteena on kustannusten minimoiminen, joka tapahtuu minimoimalla jokaisen osaprosessin kustannukset (Koskela 2000). Osaprosesseista voidaan tehdä riippumattomia puskuroimalla ne (Slack et. al 1995). Puskureilla varmistetaan, että tuotanto tai virtojen kulku prosessissa ei pysähdy, sillä puskureilla voidaan muun muassa välttää pulonkautoja ja pienennetään tuotannon vaihteluja.

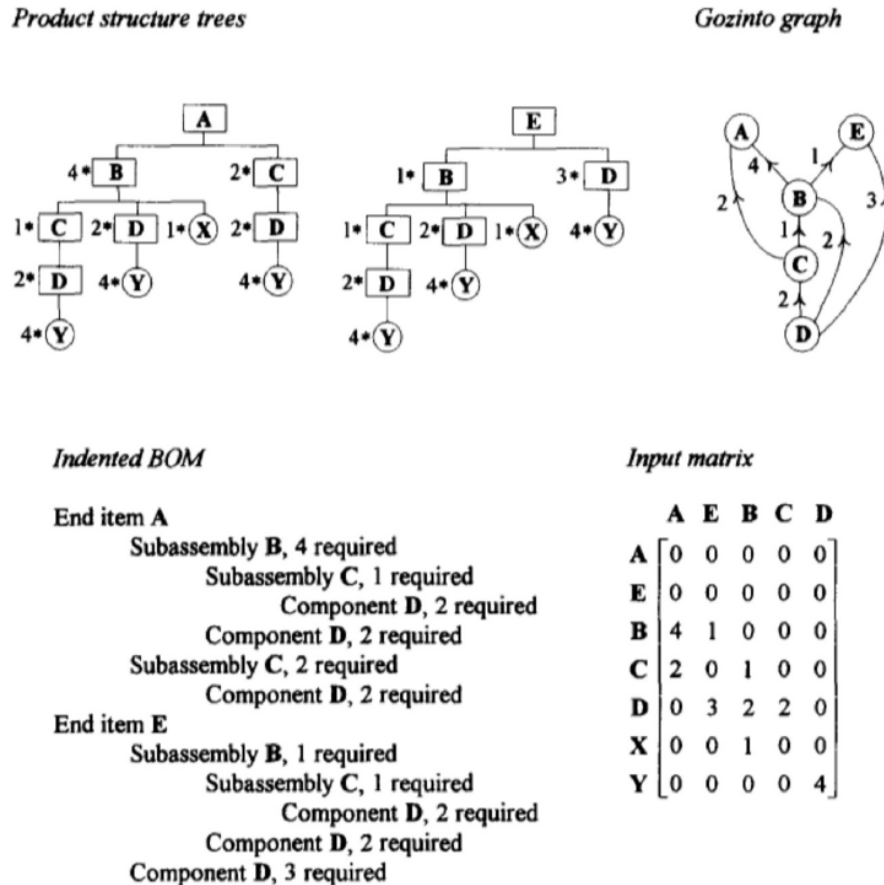


*Kuva 10. Muutosprosessin jakaminen osaprosesseihin (Koskela 2000)*

Kuvassa 10 on esitetty ajatus kokonaisuutoksen (tuotantoprosessin) hajottamisesta pienempiin ja siten helpommin hallittaviin osiin (muutoksiin) ja lopulta tuotannon tehtäviin. Kuvassa tuotanto vastaanottaa resursseja, kuten materiaalia, työtä ja koneita, ja tuottaa valmiita tuotteita tuotannosta jaetuissa osaprosesseissa, jotka ovat tuotannon eri työvaiheita. Useat toiminnot tuotannossa koostuvat useista yksiköistä, jotka toimivat pienempinä versioina siitä operaatiosta, jonka osana ne toimivat (Slack et. al 1995). Tätä periaatetta, jossa tuotanto jaetaan pienempiin osiin, on käytetty tuotannosuunnittelussa ja valvonnassa.

Tuotteiden rakenteiden kuvaamiseen on olemassa monia eri tapoja. Näistä BOM eli materiaaliluettelo on kaikkein helpoin käsitellä. BOM on dokumentti, joka sisältää tuotteen yksityiskohtaiset tarpeet, komponentit ja materiaalit, eli kaiken mitä tuotteen valmistamiseen tarvitaan ja kuinka paljon. BOM kuvaa vain komponenttien väliset suhteet, mutta ei käsittele tuotteen kokoonpanoa. Kokoonpanon käsittelyyn käytetään esimerkiksi reititysraportteja (Grubbström 1995). Toinen tapa tuotteen rakenteiden kuvaamiseen on product

structure tree eli eräänlainen materiaaliluettelo–puu, jota voidaan myös käyttää tuotannossa mallintamalla kuinka tarvittavat materiaalit liittyvät toisiinsa. Tuotantoa voidaan kuvata myös input-output-matriisilla. Kaikki nämä edellä mainitut tuotteiden rakenteiden ja siten tuotannon kuvaamistavat on esitetty alla olevassa kuvassa 11.



*Kuva 11. Tapoja tuotteiden rakenteiden kuvaamiseen (Grubbström 1995)*

## 4.2 Virtaus näkökulma

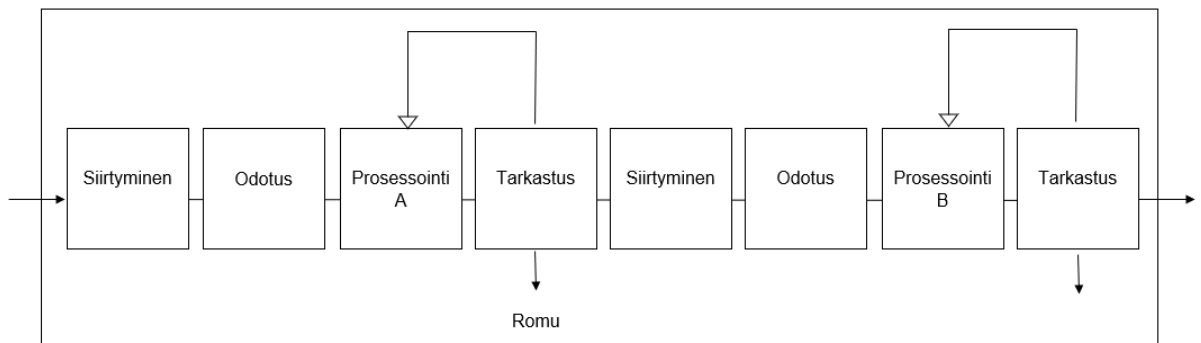
Prosessilla viitataan tuotteiden virtaukseen työntekijältä toiselle. Toisin sanoen prosessi on ne vaiheet tuotannossa, joiden kautta raaka-aineet siirtyvät asteittain valmiiksi tuotteeksi. Virtaus pitkin y-akselia edustaa muutosta, joka tapahtuu materiaalissa, jota käsitellään. Virta x-akselilla taas edustaa työntekijöiden ja koneiden materiaalille suorittamat toimenpiteitä. (Shingo 1988.)

Perinteinen tapa tarkastella tuotantojärjestelmää on tarkastella prosessin kulkua alusta loppuun. Materiaalit virtaavat ensimmäisestä prosessivaiheesta seuraavaan, kunnes ne on muutettu valmiiksi tuotteeksi. (Ohno 1988.) Tarkastelussa tärkeintä on keskittyä varsinaiseen tuotteeseen, joka virtaa prosessien läpi. Virtausnäkökulman esteetön kulku on taattava ja sen onnistuminen riippuu työvoiman, koneiden ja raaka-aineiden moitteettomasta kunnosta. Virtausnäkökulma ei tunne puoliväliä, eli se joko toimii tai ei toimi.

(Womack et al. 2003) Helpointa virtausta on ajatella tuotantolinjalla, jossa raaka-aineet virtaavat linjanläpi ja lopussa syntyy valmis tuote.

Myös eri organisaatioiden väliset tapahtumat syntyvät virtauksina, joiden ajatellaan johtavan pitkään ja jatkuvaan yhteistyöhön eri sidosryhmien, kuten tavarantoimittajien, kanssa. Tavoitteena on saada aikaan molemminpuoliset hyödyt optimoidusta kokonaisvirrasta. (Stewart 1992)

Alla olevassa kuvassa on esitetty tuotannon virtausprosessi. Prosessi sisältää niin arvoa tuottavia kuin arvoa tuottamattomia vaihteita.



**Kuva 12.** Tuotannon virtausnäkökulma (mukaillen Koskela 2000)

Tuotantovirroissa tapahtuu kahdenlaista vaihtelua: prosessiajan vaihtelua ja virtauksen vaihtelua (Hopp & Spearman 1996). Prosessiajan vaihtelulla tarkoitetaan sitä aikaa, joka tarvitaan yhden tehtävän suorittamiseen yhdessä työasemassa. Prosessiajan vaihtelevuus taas koostuu luonnollisesta vaihtelevuudesta, joka johtuu esimerkiksi koneiden ja materiaalien eroista. (Koskela 2000) Tuotantovirtojen vaihtelulla tarkoitetaan taas työvaiheen työasemaan saapumisen vaihtelua. Vaihtelusta aiheutuu pitkiä toimitusaikoja, korkeita WIP-tasoja, kapasiteetin tuhlausta ja menetettyä tulosta. (Hopp & Spearman 1996.) Vaihtelevuuteen voidaan vaikuttaa selvittämällä ja korjaamalla sen juurisyyt.

Virtausnäkökulmassa tulee tarkastella tärkeimpiä tuotantokomponenttien suunnittelun, ohjauksen ja parantamisen periaatteita. On olemassa periaatteita, joista ensimmäinen perustuu ajatukseen tuotannon jatkuvasta parantamisesta. Tässä periaatteessa vähennetään kaikkien ei-lisääarvoa tuovien toimintojen, eli hukkan, osuutta. Toiseksi on olemassa periaatteita, jotka voidaan johtaa teorian avulla, muun muassa läpimenoaika ja vaihtelua vähentävät periaatteet. Yksinkertaisesti nämä toteutetaan minimoimalla vaiheiden, osien ja liitosten lukumäärää ja lisätään joustavuutta ja avoimuutta prosessissa. (Koskela 2000)

Virtausnäkökulmassa peruslähtökohtana on hukkien poistaminen. Sillä edistetään sellaisia periaatteita kuten läpimenoajan (lead time) ja vaihtelun pienentämistä. Nämä virtausopin periaatteet, hukka, läpimenoaika, vaihtelu ja JIT esitellään seuraavissa luvuissa.

### 4.2.1 Hukka

Tuotannossa hukalla tarkoitetaan hyödytöntä kulutusta tai menoa, eli siis toimintoa, joka käyttää resursseja tekemättä tuottoa. Hukkaa tuotannossa ovat kaikki arvoa tuottamattomat toiminnot. Hukan poistamisessa tärkeintä on poistaa hukan juurisyy, eikä vain hukasta aiheutuneita hukan ilmentymiä (Melton 2005).

Useissa kirjallisuuksissa on listattu seitsemän hukkaa, jotka on tunnistettu esimerkiksi Toyotalla tuotannon kehittämisessä. Hukat listattu alla:

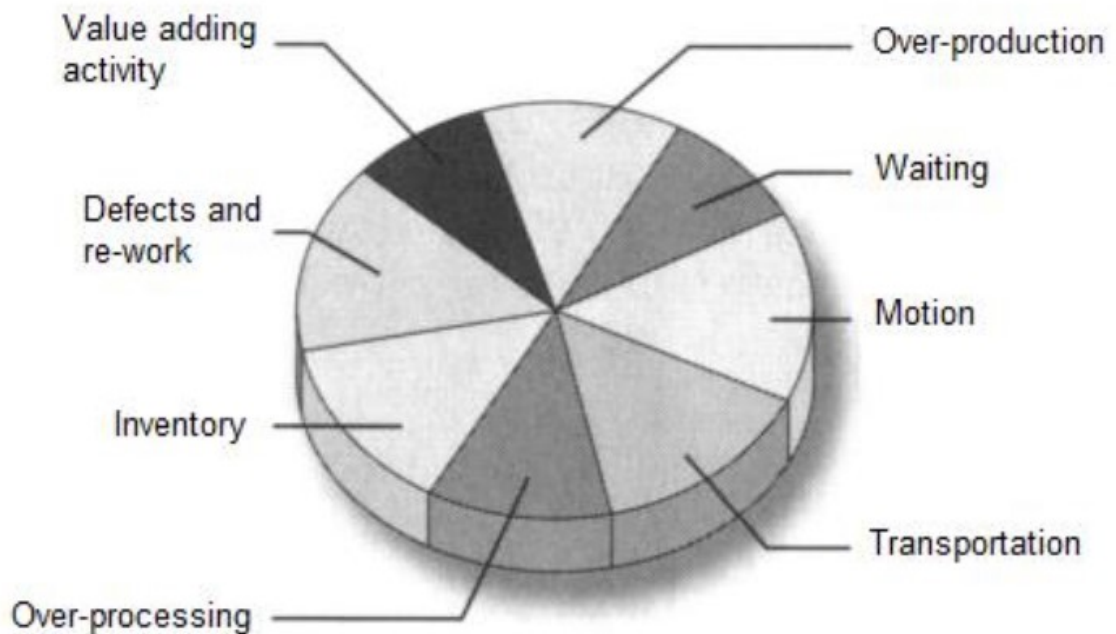
1. Ylituotanto
2. Varastot
3. Yliprosessointi
4. Ylimääräinen liike
5. Odottelu
6. Viat ja virheet
7. Tuotteen ylimääräinen liikuttelu

Ensimmäistä hukkaa eli ylituotantoa syntyy, kun valmistetaan tuotteita varastoon. Tämä sitoo turhaan resursseja, sekä pääomaa. Valmiit tuotteet vievät myös varastotilaa, jolloin syntyy hukkaa. Ylituotanto on keskeisin hukan aiheuttaja valmistavassa tuotannossa ja sen seurauksena syntyy usein uusia hukkia, kuten varastoja ja tuotteiden ylimääräistä liikuttelua. Odottelu ja viivästys tuotannossa eivät tuo lisäarvoa asiakkaalle ja siksi ne lasketaan hukaksi. Erilaisia viivästyksiä aiheuttavat muun muassa pullonkaulat tuotannossa, sekä erilaiset kone- ja laitehäiriöt. Ylimääräiset materiaalit, suuret eräkoot ja keskeneräinen tuotanto, tarpeeton materiaalien, tuotteiden ja ihmisten liikuttelu kaikki aiheuttavat kuluja ja siten ne lasketaan tuotannon hukiksi. Laatuvirheet aiheuttavat materiaali- ja kapasiteettikuluja ja lisäksi viallisella tuotteella ei ole asiakasarvoa. Kaiken tämän korjaaminen lasketaan hukaksi tuotannossa. (Melton 2005, Hines & Rich 1997, Womack & Jones 1996 ja Ohno 1988)

Toyotan esittämät kolme hukkaa ovat liialliset tuotantoresurssit, ylituotanto ja liiallinen inventointi ja tarpeettomat pääomasijoitukset (Ohno 1988). Edellä esitetyt seitsemän perushukkaa on johdettu näistä.

Kuvassa 13 on kuvattu eri hukkien suhdetta arvoa tuottavaan toimintaan. Kuten kuvasta nähdään, hukkien määrä on suuri verrattavissa toimintaan mikä varsinaisesti tuottaa arvoa tuotannossa ja siksi onkin tärkeää pyrkiä jatkuvasti pienentämään kaikkea hukkaa tuotannossa.





**Kuva 13.** Hukan tyypit suhteessa arvoa tuottavaan toimintaan (Tapping 2008)

Tuotantojärjestelmä määrittää fyysisen virtauksen tuotannossa, joka on materiaalin ja tiedon välitystä. Hukka syntyy siis hierarkkisessa organisaatiossa ja arvoa lisäämättömiä toimintojen synnylle on kolme syytä: tuotannon rakenne, tuotannon kontrollointitapa ja tuotannon luonne. Tuotannon kontrolli ja käytetyt periaatteet voivat tuottaa joko enemmän tai vähemmän hukkaa. (Hines & Rich 1997)

Tuotannossa hukkaa syntyy esimerkiksi konerikon ja työtaturmien myötä. Kaikkien tuotannon toimintojen vaihtelu on tuotannon luontainen ominaisuus ja inhimillisiä toimintoja on paljon. Tällaisia inhimillisiä vaihteluita voidaan tarkkailla ja niistä voidaan oppia hallitsemaan ja muuttamaan. (Hines & Rich 1997)

#### 4.2.2 Läpimenoajan pienentäminen ja joustavuuden lisääminen

Läpimenoajan (lead time = prosessointi aika + tarkasteluaika + odotusaika + siirtoaika) pienentämisestä saadaan ainakin seuraavat hyödyt:

- Tuotteiden nopeampi toimitus asiakkaalle
- Pienempi tarve ennustaa tulevaa kysyntää
- Tuotantoprosessien häiriöiden väheneminen
- Helpompi tuotannon hallinta

Läpimenoaikoja pienentämällä saavutetaan muutakin etua. Kun prosessissa on vähemmän samanaikaisia keskeneräisiä töitä, syntyy tuotannossa vähemmän myös vaihtelua. Kun läpimenoaikaa pienennetään, on tuotanto joustavampi nopeiden markkina muutosten

edessä ja siten se myös lisää kykyä voittaa kilpailijat markkinoilla nopeammin ja tehokkaammin. Lyhyellä läpimenoajalla saadaan varastot täydennettyä nopeasti, jolloin välteään kaikki pitkän läpimenoajan aiheuttamat asiakas- ja myyntimenetykset. Lisäksi määraaikojen noudattaminen on helpompaa lyhyellä läpimenoajalla. Kaikkein suurin vaikutus lyhyellä läpimenoajalla on kuitenkin kassavirran kasvuun, kun kustannukset pienenevät ja tehdään enemmän tuottoa (Schmenner 1988 ja Hopp et al. 1990)

Joustavuuden lisäämistä voidaan tehdä esimerkiksi seuraavilla neljällä tavalla. Ensimmäisenä tapana on tuotettujen tuotteiden määrän vähentäminen eli yhdistetty joustavuus (Suarez et al. 1995). Mitä pienempi tuotemix yrityksessä on, sitä joustavampi tuotanto on. Toisena tapana uuden tuotteen joustavuus eli tuotteen käyttöönottonopeus (Suarez et al. 1995). Mitä nopeammin uusi tuote saadaan tuotantoon, sitä joustavampaa tuotanto on. Mitä nopeampaa uudet tuotteet saadaan massatuotantoon, sitä nopeammin ne myös saadaan asiakkaalle. Joustavassa tuotannossa uusien tuotteiden käyttöönottoajat ovat lyhyitä. Kolmantena tapana lisätä joustavuutta tuotannossa on kyky vaihtaa tuotantoa nopeasti toiseen (Suarez et al. 1995). Voidaan siis muuttaa tuotantotapoja nopealla aikataululla ilman suuria sijoituksia ja muutoksia tuotannossa. Viimeisenä tapana on toimitusaikajoustavuus, jolla pyritään siihen, että toimitusajat eivät ole kiinteitä, vaan tuotannon muutoksilla niihin voidaan vaikuttaa suurestikin tarvittaessa (Suarez et al. 1995). JIT-tuotannon painopiste on joustavan tuotannon yhdistelmässä. Joustavuuden lisääminen näyttää olevan ristiriidassa yksinkertaistamisen kanssa. Käytännön esimerkit kuitenkin todistavat, että monet yritykset ovat onnistuneet saavuttamaan molemmat tavoitteet samanaikaisesti.

### 4.2.3 JIT– Just–In–Time

JIT eli Just–In–Time (juuri oikeaan aikaan) on tuotanto- ja varastonohjausmenetelmä (Haverila et al. 2005 ja Danese et al. 2011). Tämän tuotannonohjausmenetelmän tarkoituksena on varmistaa, että kaikki resurssit ovat tuotannon käytettävissä juuri oikeaan aikaan. Tällä pyritään myös poistamaan hukkaa tuotannosta. Hukan poistaminen onkin japanilaisen lean-tuotannon ydin ja JIT-menetelmä on eräs leanin työkaluista (Haverila et al. 2005 ja Narasimhan et al. 2006). Just–In–Time on 1950-luvulla Taiichi Ohnon Toyota Motor Companyssä kehittämä tuotantofilosofia, jonka hukan vähentämisen tavoite täyttyy toimittamalla oikea määrä materiaalia, osia ja tarvikkeita oikeaan aikaan, oikeaan paikkaan. JIT on lähtöisin autoteollisuudesta, mutta nykyisin sitä sovelletaan ympäri maailman eri tyyppisissä teollisuuksissa. (Guedon et al. 2016)

JIT-tuotannonohjausfilosofian ajatuksena on, että tilaus-toimitusketju vastaa mahdollisimman hyvin eri osapuolien esittämiin vaatimuksiin (Svensson 2001). Kokonaislaatuajattelua (TQM) toteutetaan JIT-filosofian avulla. JIT-käytäntöjen tarkoituksena on tehostaa tuotantovirtoja ja –tekijöitä ja merkitä ne JIT-tuotannoksi (Mehra & Inman 1992)

JIT käytännöt sisältävät muun muassa käyttöönottoajan lyhentämistä, pienet eräkoot tuotannossa, päivittäisen aikataulun noudattamisen, Kanban-pohjaiset ohjausjärjestelmät, U-muotoiset solut ja Heijunkan. Tärkeä JIT:n osa on jatkuvan parantamisen työkalu Kaizen, jolla voidaan saavuttaa parempi laatu, tuottavuus, kannattavuus, sekä kilpailukyky (Danese et al. 2011).

JIT-tuotantofilosofian seitsemän tärkeintä pääperiaatetta on listattu seuraavaksi.

1. Hukan vähentäminen
2. Kanban eli imuohjaus
3. Häiriötön työnkulku
4. Total Quality control (TQC)
5. Työntekijöiden osallistuminen
6. Toimittaja yhteistyö
7. Jatkuva parantaminen

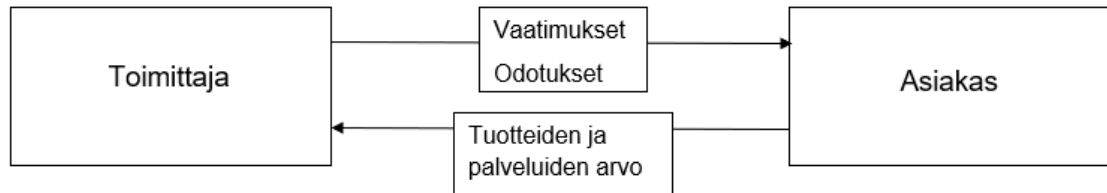
(Pheng et al. 2011)

Ensimmäinen ja keskeinen periaate on hukan vähentäminen. Yleisimpiä hukan lähteitä on listattuna luvussa 4.2.1. Toisena on aiemminkin mainittu Kanban- eli imuohjaus tuotannossa. Tällä tarkoitetaan, että tuotteita valmistetaan kysynnän mukaan. Kun asiakas tilaa tuotteen, aiheuttaa se impulssin valmistaa tuote. Tämä impulssi valmistaa tuote aiheuttaa se imun, joka ohjaa tuotantoa ja raaka-aineiden kulkua koko tuotannon läpi. Kolmantena on työn häiriötön kulku koko prosessin läpi. Tällä tarkoitetaan sitä, että tuotanto halutaan pitää tasaisena ja helposti ennustettavana. Tämä toteutetaan käytännössä poistamalla arvoa tuottamattomat työvaiheet. Tuotantoprosessin koneiden ennakoiva huolto ja kunnossapito takaa, ettei konehäiriöistä aiheudu turhia pysäytyksiä tuotannossa. Myös varautuminen muihin odottamattomiin muutoksiin ja häiriöihin tuotannossa, pienentää hukkaa tuotannossa. Ennakoinnilla on suuri vaikutus tuotannon sujuvuuteen. Työntekijöiden osallistumisella halutaan ottaa työntekijät mukaan päätöksentekoon ja muutoksiin, joka on iso osa JIT-tuotantofilosofiaa. Ylimmän johdon tulee näyttää esimerkkiä JIT-filosofiasta ja johtaa tällä tavalla tuotantoa. JIT:n jatkuva parantaminen on tärkeää filosofian toimivuuden kannalta. Prosessia tulee jatkuvasti kehittää ja kehitysideoita kerätä, niin työntekijöiltä lattiatasolta, kuin johtoportaatkin. Jokaisella prosessin osalla on tärkeä virka Just-In-Time - tuotannon kehittämisessä. Jatkuvasta parantamisesta kerrotaan lisää luvussa 4.3.3.

### 4.3 Arvoa generoiva näkökulma

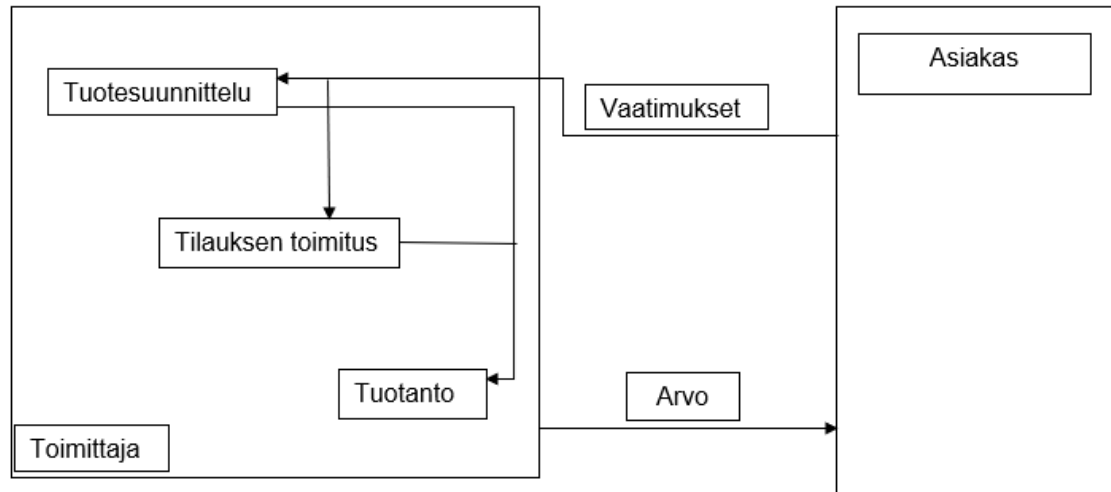
Tuotannon tavoitteena on asiakastarpeiden täyttäminen. Aikaisemmin esitetyissä näkökulmissa itse tuotantoa korostettiin asiakkaan sijasta. Tässä mallissa tuotteen arvo määritetään asiakkaan kautta.

Kuvassa 14 nähdään laadullisesti hyvä tuote ja sen ominaisuudet. Kuviosta nähdään, että itse muutos raaka-aineista tuotteeksi ei ole arvokas vaan se, että tuotannon tuotos täyttää asiakkaiden tuotteelle asettamat asiakasvaatimukset eli sen, kuinka tuotannossa tuotetaan arvoa asiakkaalle.



**Kuva 14.** Toimittaja-asiakas ketju (mukaiillen Koskela 2000)

Tuotannossa on tunnistettu kaksi osajärjestelmää: tuotteen suunnittelu ja tuotanto, mutta monesti kolmanneksi osajärjestelmäksi lasketaan myös tilaus-toimitusketju. Suunnittelussa kerätyt asiakasvaatimukset muutetaan suunnitelmaksi tuotteesta ja sen yksityiskohdat määritellään tuotekehityksessä. Tuotesuunnittelussa määrätään kaikki tuotantotehtävät ja sen valmistukseen liittyvät virtaukset tuotannossa. Tuotteen suorituskyky, jota pidetään ensisijaisena arvona asiakkaalle, määräytyy tässä suunnittelussa ja siksi suunnittelun rooli arvojen tuottamisessa on tärkeää. (Shewhart 1931.)



**Kuva 15.** Arvoa tuottava tuotantoprosessi (mukaiillen Koskela 2000)

Arvoja generoivassa tuotantonäkökulmassa keskitytään ohjaamaan tuotannon muutosta ja virtausta asiakkaan asettaman arvon näkökulmasta. Tämän asian huomioiminen on tärkeää jokaisessa tuotannon vaiheessa, mutta erityisesti suunnittelussa, sillä asiakkaan asettamat vaatimukset ohjaavat suunnittelua (Kuva 15). Aikaisemmat näkökulmat keskittyivät enemmän tuotannon hallintaan kuin arvon luontiin.

Arvoja generoivalle tuotantomallille on asetettu vaatimuksia, joista tärkein on asiakkaiden toiveiden ja vaatimusten siirtäminen tuotteeseen (Karlsson et al. 1998). On siis tärkeää, että alussa selvitetään tarkkaan, mitä asiakkaat tuotteelta haluavat, eli mitä kaikkia ominaisuuksia tuotteen tulee sisältää. Suunnittelun tulee huolehtia, että valmis tuote täyttää nämä vaatimukset. Asiakkailta saadut tiedot ohjaavat suunnittelua ja suunnittelu taas ohjaa tuotantoa. Asiakas voi myös viestiä suoraan suunnittelun ja tuotannon kanssa omasta aloitteestaan ja se ohjaa tuotantoa (Karlsson et al. 1998). Tässä tärkeässä osassa on asiakaspalauteet ja asiakkaiden integrointi suunnittelu- ja tuotantovaiheessa.

### 4.3.1 Arvovirta tuotannossa

Arvon määrittämiseen ja määrittelyyn on olemassa monta tapaa. Yksi tapa määrittää tuotteen arvo on tuotteen hinta, jonka asiakas tuotteesta maksaa (Cook 1997). Yrityksen toiminnosta voidaan muodostaa arvoketju, jolla havainnollistetaan sen toimintoja yrityksessä (Porter 1998). Koska arvon tuoton muunnoksia ja virtoja hallitaan asiakkaan puolesta, muutosten ja virtojen tunnusmerkit vaikuttavat suoraan tuloksena olevaan arvoon (Koskela 2000).

Yritys muodostaa yhden arvoketjun, joka voi sisältää useampia arvovirtoja, jotka muodostuvat valmistettavista tuotteista. Arvovirralla tarkoitetaan valmistuksessa materiaali- ja informaatiovirtojen kulkua tuotteen valmistumisen ohella (Nash, & Poling, 2008). Prosessissa voidaan kuvata olevan kolme eri virtaa: materiaali-, informaatio- sekä henkilöstövirta. Arvovirtakuvaus auttaa yritystä löytämään prosesseistaan hukkan ja tämä kuvaus kattaa materiaali- ja informaatiovirran. Ennen arvovirran kuvaamista tulee ymmärtää, että asiakas välittää vain tuotteesta, jonka itse aikoo ostaa. Jos tehdas valmistaa useampaa tuotetta, on kaiken informaatio- ja materiaalivirtojen kuvaaminen yhdellä arvovirtauksella hankalaa. (Rother & Shook, 2003) Väärän tuotteen tai palvelun tarjoamista asiakkaalle voidaan pitää hukkana (Womack & Jones, 1996).

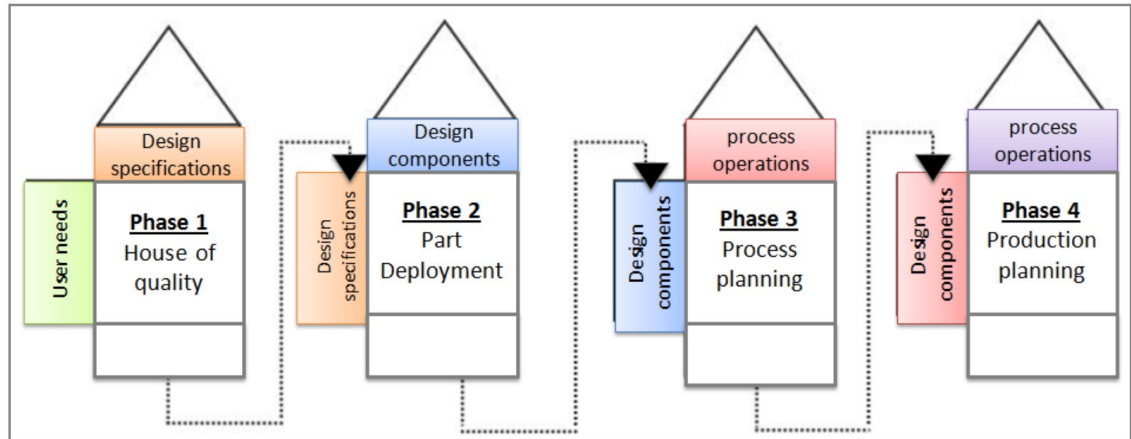
On määritelty viisi arvon generoimisperiaatetta ja ne esitellään seuraavaksi. Ensimmäinen periaate on asiakastarpeiden varmistaminen. Tulee siis varmistaa, että kaikki asiakastarpeet on listattu. Tässä periaatteessa asiakasvaatimusten huomioonottamista pidetään arvon tuottamisen edellytyksenä. Toisessa periaatteessa varmistetaan, että asetetut asiakasvaatimukset ovat saatavilla tuotannon kaikissa vaiheissa (Väisänen 2013). Tämän periaatteen pohjalta voidaan johtaa laaduntarkkailu tuotannon kaikissa vaiheissa ja pidetään huolta, että asiakkaan toiveet täytetään ja toimeenpannaan jokaisessa prosessin vaiheessa. Vuorovaikutus asiakkaiden kanssa yleensä lisääntyy tässä vaiheessa prosessia ja myös vuorovaikutusta asiakkaiden ja työntekijöiden välillä kannustetaan (Ostroff & Smith, 1992) Kolmannen periaatteen taustalla on halu varmistaa, että asiakkaan vaatimukset koskettavat kaikkia toimituksia. Tässä tärkeää on laadun tarkkailu, jokaisessa vaiheessa ja jokaisen tuotteen kohdalla. Halutaan siis varmistaa, että kaikki valmistetut tuotteet täyttävät asiakkaan asettamat laatuvaatimukset. Neljäs periaate on varmistaa tuotantojärjes-

telmän kyky tuottaa tuotteita tietty määrä (Väisänen 2013). Tähän vaikuttaa suuresti tuotannon suunnittelu ja –ohjaus. Kuitenkaan parhainkaan tuotannonohjaus ei takaa sitä, että pystytään suunnittelemaan, tuottamaan ja toimittamaan tuotteita kaikkien asiakkaiden vaatimusten mukaisesti (Slack et al. 1995). Viimeisenä periaatteena on varmistaa mittauksilla asiakkaalle syntyvä arvo (Väisänen 2013). Tulee siis selvittää yrityksen tuotteiden todellinen arvo. Tietoja voidaan kerätä muun muassa asiakastytyväisyys-mittauksilla.

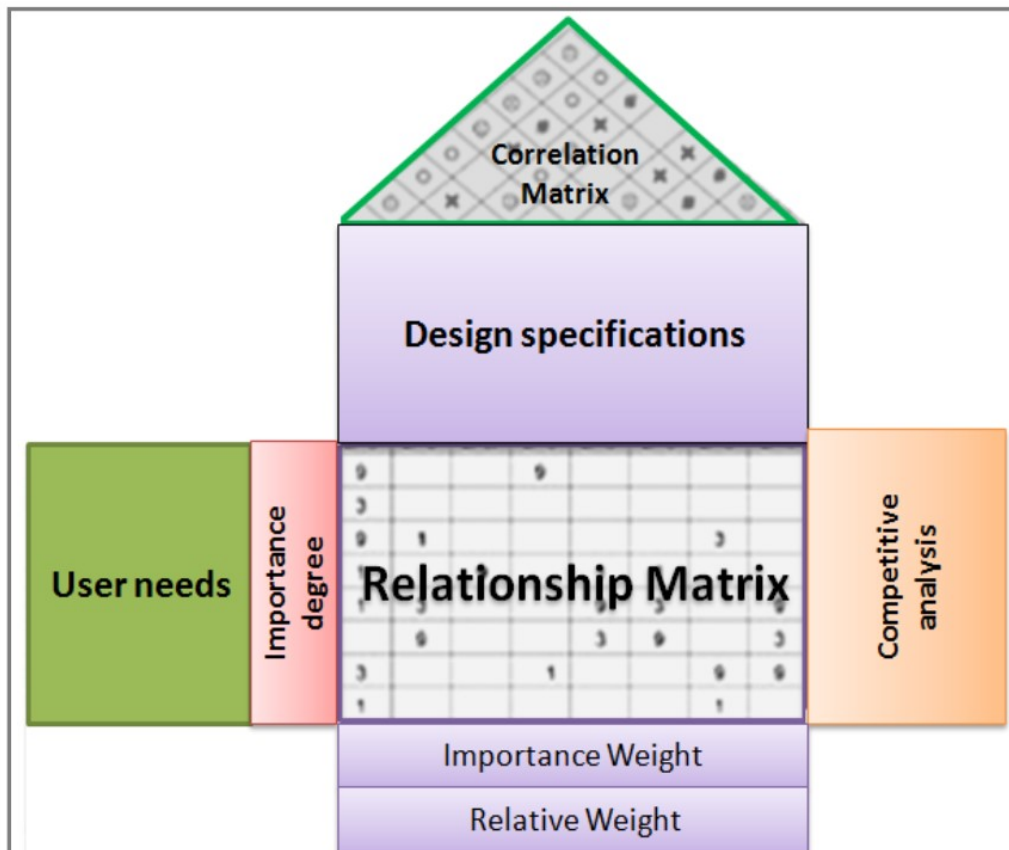
### **4.3.2 Asiakasarvo**

Asiakasarvoperiaate johtaa tuotannossa työn uudelleensuunnitteluun. Tämän arvoperiaatteen helpottamiseen ja hallintaan on olemassa järjestelmällisiä menetelmiä. Laatuprosesit ovat kehittyneet vastaamaan laadun kehityksen käsitettä ja painopiste on muuttunut tarkastelulähtöisyydestä prosessin ohjaukseen. Tämän avulla päästään prosessin jatkuvaan parantamiseen, sekä laadun suunnitteluun tuotteessa (Quality Function Deployment) (Juran 1992b)

Quality Function Deployment on Japanista liikkeelle lähtenyt kehitysmenetelmä, jolla pyritään saamaan asiakastoiveet siirrettyä suunnitteluun ja siten tuotteen ominaisuuksiksi. Menetelmässä käyttäjien kvalitatiiviset tarpeet muutetaan kvantitatiivisiksi parametreiksi laadullisten toimintojen ja menetelmien käyttöönottamiseksi sekä suunnittelun laadun saavuttamiseksi tuotannon osajärjestelmissä, sen komponenteissa ja lopulta itse valmistusprosessissa. (Akao 1990)



*Kuva 16. Laadun talo (Haron & Kairudin, 2012)*



*Kuva 17. Laadun talo (Haron & Kairudin, 2012)*

Kuvissa 16 ja 17 on esitettyä laadun talon esimerkit. Tällä laadun talolla tarkoitetaan QFD tunnetuinta menetelmää, jolla voidaan muuttaa asiakkailta kerätyt tarpeet tuotteen ominaisuuksiksi. Tämän QFD– menetelmä perustuu neljään perusvaiheeseen, jotka ovat tuotteen suunnittelu, kriittisten osien tunnistaminen ja suunnittelu, prosessin operaatioiden suunnittelu ja prosessin laadun valvonta. Näistä laadun taloa käytetään vaiheessa 1 eli tuotteen suunnittelussa.

Laadun taloa laatiessa suoritetaan seuraavat vaiheet:

1. *Asiakstarpeiden määrittely*: valitaan markkinasegmentit, analysoidaan ja tunnistetaan asiakkaat, sekä heidän tarpeensa ja siten määritellään asiakasvaatimukset tuotteelle.
2. *Säännöstelystandardit*: asiakkaat eivät välttämättä osaa vaatia kaikkia ominaisuuksia tuotteelta, joten suunnittelu- tai tuotekehitystiimi valitsee ne standardit, joita tuotteen tulisi noudattaa.
3. *Asiakkaiden tärkeysluokitus*: asiakkaat arvioivat jokaisen asetetun vaatimuksen merkityksen pisteuttamalla ne ja näitä arvoja käytetään myöhemmin suhdematriisissa.
4. *Kilpailun asiakasarviointi*: yritetään ymmärtää, miten asiakkaat arvioivat kilpailua.
5. *Tekninen kuvaus*: tekniset kuvaukset ovat attribuutteja tuotteesta, joita voidaan mitata. Uusia mittauksia voidaan luoda asiakstarpeiden täyttämisen varmistamiseksi.
6. *Parannuksen suunta*: määritellään tuotteen teknisen kehityksen suunta.
7. *Suhdematriisi*: matriisissa määritellään suhde asiakkaiden tarpeiden ja yrityksen tarpeiden vastauskyvyn välillä.
8. *Organisaation vaikeus*: arvioidaan suunniteltujen ominaisuuksien suhde organisaatioon. Esimerkiksi varastotilojen koko saattaa vaikuttaa tuotteen kokoon.
9. *Kilpailijoiden tuotteiden tekninen analyysi*: analysoidaan kilpailijoiden vastaavat tuotteet.
10. *Teknisen kuvauksen tavoitearvot*: jokaiselle tuotteen tekniselle ominaisuudelle asetetaan tavoitearvot, joihin tulee tähdätä.
11. *Korrelaatiomatriisi*: matriisilla tutkitaan jokaisen teknisen ominaisuuden vaikutukset ja suhteet ristiriitojen poistamiseksi.
12. *Lopullinen merkitys*: lopuksi lasketaan jokaisen teknisen ominaisuuden absoluuttinen merkitys. Tämä numeerinen laskenta ottaa huomioon tuotteen ja asiakkaan tärkeysluokituksen.

(Akao, 1990 ja Product brief development tools)

Laatuajattelu on lähtenyt alun perin liikkeelle Japanista, missä Demingin ja Juranin johdolla laatutoiminta kehittyi pelkästään tuotteiden laatutarkastuksista yrityksen kokonaisvaltaisesta laadunvalvontajärjestelmästä. Laadunvalvonta laajennettiin tuotannossa kaikkiin osastoihin ja se siirrettiin työntekijöiltä johdolle. Laadun käsite laajennettiin myös kattamaan koko yhtiö, eikä vain sen valmistamia tuotteita. (Shingo 1988).

Demingin johtamisfilosofiassa painotetaan koko systeemin toiminnan ja sen vaihtelun ymmärtämistä. Deming (1982) on määrittänyt 14 kohdan tavoitteet, jolla pyritään helpottamaan laatujohtamista. Nämä 14 kohtaa tai velvoitetta kertovat, mitä yrityksen johdon tulisi tehdä saavuttaakseen kokonaisvaltaisen laatujohtamisen toiminnassaan. Demingin



mukaan kaikessa tuotannossa on vaihtelua ja siksi ei ole olemassa kahta täysin samanlaista tuotetta. Onkin pyrittävä tuottamaan mahdollisimman yhdenmukaisia tuotteita, joilla tyydytetään asiakkaiden tarpeet ja vaatimukset. Demingin 14 periaatetta on listattuna seuraavaksi.

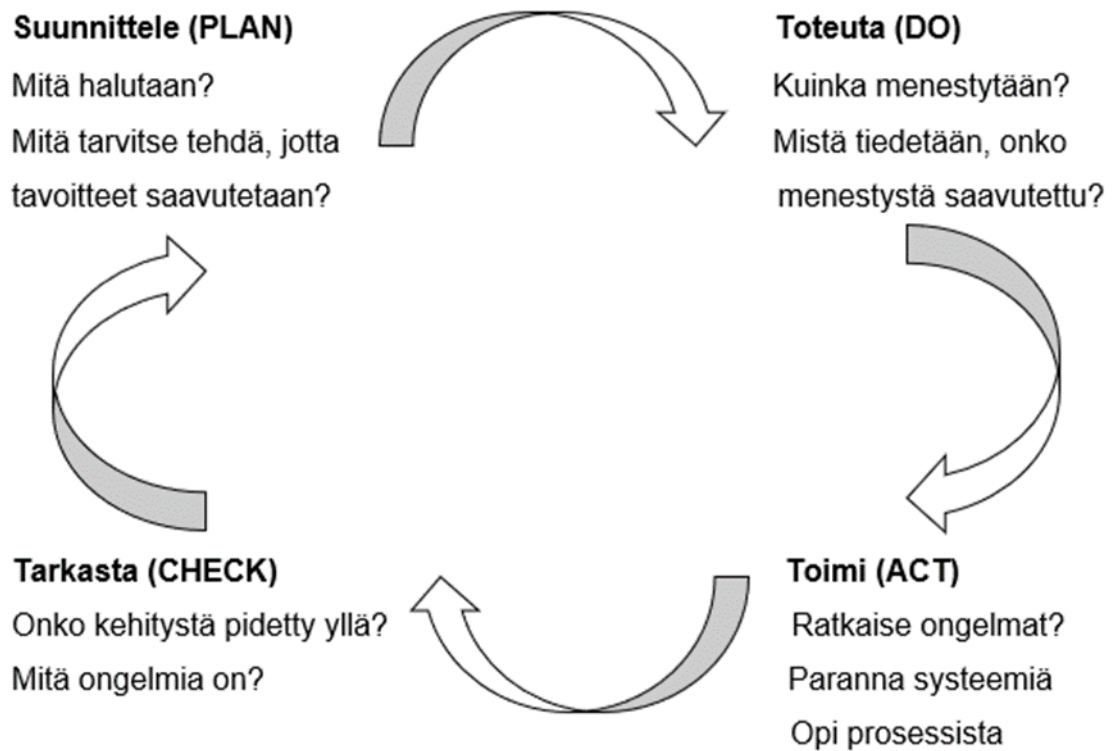
1. Päämääräksi asetetaan laatu
2. Omaksutaan laadun parantaminen uutena filosofiana
3. Lakataan luottamasta tarkastamiseen laadun saavuttamisessa
4. Lopetetaan käytäntö, jonka mukaan liiketoiminnan arvotus perustuu ainoastaan tuotteen hintaan
5. Parannetaan jatkuvasti kaikkia prosesseja
6. Perustetaan nykyaikaisia koulutusmenetelmiä
7. Otetaan käytännöksi järjestelmän parannusjohtajuus
8. Kannustetaan tehokkaaseen kaksisuuntaiseen viestintään organisaatiossa
9. Murretaan osastojen ja henkilöstöryhmien väliset raja-aidat
10. Ei johdeta iskulauseilla
11. Eliminoidaan työstandardit, joissa määrätään numeerisia tavoitteita tai kiintiöitä
12. Poistetaan esteet, jotka estävät työntekijöitä ja esimiehiä olemasta ylpeitä tekemästään työstä
13. Kannustetaan kouluttautumista ja rohkaistaan itsensä kehittämiseen
14. Pistetään kaikki yrityksessä tekemään töitä muutosten aikaansaamiseksi, sillä muutos on kaikkien vastuulla

(Deming 1982)

Noudattamalla näitä periaatteita pitäisi yrityksen pystyä tuottamaan laadukkaita tuotteita. Nämä periaatteet täytyy kuitenkin omaksua organisaation kaikilla tasoilla.

### 4.3.3 Jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen eli Lean on tärkeä osa Metson yritystoimintaa. Jatkuva parantaminen tarkoittaa toiminnan systemaattista ja jatkuvaa parantamista Leanin eri keinoin (Kouri 2009). Jatkuvaa parantamisen avuksi on kehitetty PDCA-sykli, joka antaa toimintaohjeet jatkuvalle parantamiselle yrityksessä. PDCA-sykli esitettynä kuvassa 18.



*Kuva 18. PDCA-sykli (mukaiillen Hines et al. 2008)*

Suunnittelu (PLAN) on syklin ensimmäinen vaihe. Tässä pohditaan kaikki mahdolliset vaihtoehdot, jotta tavoitteet jatkuvasta parantamisesta tuotannossa voitaisiin saavuttaa. Toisessa syklin vaiheessa eli toteutusvaiheessa (DO) toteutetaan suunnitteluvaiheessa saavutetut tulokset käytännössä. Kolmannen syklin vaiheen, eli arviointivaiheen tarkoituksena on analysoida ensimmäisen vaiheen tulokset ja sen vaikutuksia tuotantoon. Tässä vaiheessa tehdään tarvittavat korjaukset aiempiin toimenpiteisiin ja neljännessä vaiheessa nämä korjaukset toimeenpannaan käytännössä. Tämän jälkeen sykli palaa alkuun, eli suunnittelu vaiheeseen ja alkaa alusta. Jatkuvaa parantamista ja kehitystä voidaan ajatella päättymättömänä syklinä, joka alkaa joka kerta uudelleen ja jossa etsitään aina uudestaan uusia ja parempia ratkaisuja, joko samoihin tai uusiin ongelmiin. (Kouri 2009)

## 5. TUOTANNON TEORIA

Tässä luvussa kootaan yhteen aikaisemmissa luvuissa esitetyt tuotantofilosofiat. Mikään aikaisemmin esitetyistä teorioista ei yksinään muodosta tuotannon teoriaa, vaan ne kaikki yhdessä muodostavat sen. Teoriat ovat toisiaan täydentäviä ja tuotantoa laaja-alaisesti tutkittaessa on otettava huomioon kaikissa esitetyt menetelmät ja ajatukset. Tuotannon teorian tärkeimmät ajatukset läpikäytyinä seuraavaksi.

### 5.1 Teorioiden yhteenveto

Tärkeänä tuotannossa pidetään virta-ajattelua. Tiedon, materiaalin, työn ja kontrollin ajatellaan virtaavan tuotannon läpi. Tuotannon ajatellaan olevan näiden virtojen vaikutusten hallintaa, kontrollointia ja ohjausta tuotannossa. Tuotanto usein jaetaan pienempiin osiin ja näin sen hallittavuus helpottuu. Jokaisella osalla on omat tehtävänsä ja näille pienemmille osille asetetaan omat tavoitteet ja vaatimukset. Jokaista osaa hallitaan ja ohjataan erikseen. Virta-ajatteluun pohjautuvat virrat liikkuvat tuotannossa näiden osien välillä. Tärkeää on myös tiedon oikeellisuus eri kohdissa tuotantoa. Tiedon tulisi olla oikeaa jokaisessa kohdassa ja jokaisen pienempiin osiin jaetun yksikön tulee huolehtia siitä, että datassa ei synny virheitä. Mahdollisesti syntyneet virheet tulee korjata. Tietovirran tulee olla tuotannossa yhtä virheetöntä ja esteetöntä kuten materiaalivirta, jotta tuotanto toimii virheettömästi. Minkä tahansa virran katko tuotannossa keskeyttää tuotannon. Tuotantoprosessi voidaan siis yksinkertaisuudessaan ajatella syntyvät näistä tuotannon toiminnoista, jotka virtojen kautta liittyvät toisiinsa.

Tuotannon operaationäkymässä keskitytään materiaalin virtaukseen tuotannon läpi. Tuotanto jaetaan erilaisiksi valmistuslaeiksi ja tuotannosta tunnistetaan tietyt käytännöt. On esitetty tuotannon käyttäytymistä koskevia lakeja, jotka auttavat johtoa tunnistamaan isoimmat hukan lähteet ja vaihtelevuudet tuotannossa. Lait antavat parannusehdotuksia, joiden pohjalta omaa toimintaa ja prosessia voidaan kehittää.

Tuotannon voidaan ajatella olevan eräänlainen panos–tuotosjärjestelmänä, jossa tuotannon ajatellaan olevan muutosprosessinhallintaa. Prosessilla viitataan tuotteiden virtaukseen työntekijältä tai työpisteeltä toiselle eli vaiheet tuotannossa, joissa raaka-aine muuttuu valmiiksi tuotteeksi. Tärkeimpänä on keksittyä prosessien läpi virtaavaan tuotteeseen ja virtauksen esteetön kulku on taattava tuotannossa. Tärkeimpiä periaatteita, joilla virtauksen esteetön kulku taataan ovat muun muassa hukan poisto tuotannosta, läpimenoajan pienentäminen, joustavuuden lisääminen tuotannossa ja JIT. Panos–tuotosjärjestelmässä puhutaan tuotteiden virtauksesta, mutta yhtä tärkeänä on pidettävä myös tiedon virtausta materiaalin mukana.

Tuotannon tärkeimpänä tavoitteena on asiakastarpeiden täyttäminen. Monet edellä esitetyt ajatukset korostavat tuotantoa asiakkaan sijasta. Tuotantoa tulee keskittyä ohjaamaan myös asiakkaan asettamasta näkökulmasta. Asiakas siis määrää tuotteelle tietyt ominaisuudet ja arvot, jotka sen tulisi täyttää. Näiden ominaisuuksien perusteella tulee ohjata tuotantoa, jotta tuotetaan laadullisesti ja ominaisuuksiltaan asiakasta tyydyttäviä tuotteita. Tuotannossa on tärkeää seurata arvovirtaa ja asiakasarvoa. Arvovirran tulee virrata koko tuotannon läpi.

## 5.2 Tietovirta-ajattelu tuotannon teoriassa

Virta-ajattelu on vahvasti esillä tuotannon teoriassa. Jotta kaikki edellä mainittu pystytään tuotannossa toteuttamaan, on tärkeää, että tuotannossa liikkuva tieto on oikeaa. Tietovirran tulee ennen kaikkea olla kunnossa, sillä se vaikuttaa muihin virtoihin ja siten kaikkiin toimintoihin tuotannossa. Jos tieto on poikkeavaa tuotannon eri kohdissa, ei pystytä täyttämään tuotannon vaatimuksia, tuotannossa syntyy hukkaa, läpimenoaika kasvaa eikä asiakasvaatimukset täyty halutulla tavalla. Kun tieto tietovirrassa on luotettavaa, saadaan tuotannossa oikeat resurssit suunnattua haluttuun paikkaan oikeaan aikaan.

Tietovirta voidaan ajatella olevan pohja kaikelle tuotannolle. Mikäli tuotanto jaetaan tuotannon teorian mukaan pienempiin osiin ja jokaiselle osalle määritetään omat tehtävänsä, tulee tiedon olla oikeaa, tuotannon eri osien tehtävät tulee olla kaikille tiedossa sellaisena, kun ne on alun perin määrätty. Jos tässä tiedossa on eroavaisuuksia, eivät osat pysty toimimaan yhdessä. Myös muutoksia koskeva tieto tulee liikkua tuotannon eri osien välillä. Jos jokin muuttuu yhdessä paikassa, vaikuttaa sen yleensä muihinkin osiin tuotannossa.

Yhtä tärkeä kuin tiedon oikeellisuuden vaikutus, on materiaalin virtaus. Jotta materiaali saadaan virtaamaan tuotannossa oikein, on tärkeää olla tiedossa mistä, minne ja miten materiaali liikkuu. Tuotannossa oleva tieto määrittelee nämä, jolloin materiaalia lähettävän ja vastaanottavan pisteen tiedon tulee olla samaa. Tällöin materiaali virtaa tuotannossa ilman viivettä ja ongelmitta. Mikäli materiaalivirta pysähtyy tai siinä aiheutuu muita häiriöitä, aiheutuu siitä tuotannolle muun muassa hukkaa. Esimerkki tällaisesta tilanteesta, jossa hukkaa syntyy materiaalivirran häiriön seurauksena, on kokoonpanopisteelle väärä tai väärään aikaan toimitettu materiaali, joka vaikuttaa työpisteen layouttiin, 5S:n ja työturvallisuuteen.

Tietovirran vaikuttaa myös valmistettävien tuotteiden laatuun ja asiakastyytyväisyyteen. Lisäksi tuotannonohjaus vaikeutuu, kun saatavissa oleva tieto tuotannosta on väärää tai puutteellista tai mikäli tieto tuotannossa ei virtaa eri toimintojen välillä.

Seuraavassa luvussa tutkitaan, kuinka tässä työssä esitetty teoria täyttää aikaisemmin sille esitetyt vaatimukset.

### 5.3 Tuotannon teorian vaatimusten täytyminen

Luvuissa 2.1 ja 2.2 asetettiin teorialle vaatimuksia ja ominaisuuksia, joihin teorian tulisi pystyä vastaamaan. Näistä tärkeimpänä teorian tavoitteena esitettiin, että sen pitää näyttää toteen se, mitä jo tiedämme tuotannosta. Esitetty teoria kuvaa tuotantoa perinteisenä valmistustuotantona, jossa resurssit virtaavat tuotannon eri osien läpi ja lopussa on valmis tuote. Tuotannon teoriassa oletetaan tuotannon prosessin olevan resurssien muuttamista valmiiksi tuotteeksi.

Teorian tulisi vastata aukottomasti kysymyksiin mitä, kuinka, miksi, kuka, missä ja milloin eli teorian tulee selvittää mitkä tekijät, muuttujat ja konseptit tulisi teoriassa ottaa huomioon ja kuinka nämä ovat riippuvaisia toisistaan. Esitetyt teoriat kertovat, kuinka tuotannon voidaan olettaa olevan järjestynyt, sekä perustelut niille olettamuksille, joita tuotannosta esitetään. Teoriassa otetaan huomioon kaikki ne tuotannon osat, joiden läpi resurssit kulkevat matkalla valmiiksi tuotteeksi. Se siis käsittää kaiken tilaus-toimitusprosessin vaiheet. Tuotannon eri virtoja tutkimalla käsitellään valmistavan tuotannon eri toiminnot: tuotekehitys, suunnittelu, tuotannonohjaus, kokoonpano ja niin edelleen. Teorian tulee vastata myös kysymyksiin, kuinka nämä muuttujat, kuinka nämä muuttujat on valittu ja miksi sekä perustelut näille valinnoille.

Tuotannon teorian tulee selittää mihin tilanteisiin se pätee ja millaisia lähtötilanteita tuotannolta vaaditaan, jotta kyseistä teoriaa voidaan soveltaa siihen. Myös teorian yleistyksen vaatimukset tulisi listata. Tuotantofilosofian tulisi sisältää määritelmän tavoitteista, joita teorialla halutaan ohjattavan. Teorian tulee myöskin tutkia ja kehittää tuotannon eri toimien ja ihmisten välisiä syy-yhteyksiä. Näitä tutkitaan eri menetelmillä ja konsepteilla. Tuotannon teoriassa on esitetty eri menetelmiä ja konsepteja, joilla tuotantoa voidaan tutkia. Näitä ovat muun muassa JIT, Demingin 14 periaatetta, hukan poisto, Quality Function Deployment, arvon generoimisperiaatteet ja Walrasian mallin yleistykset.

Teoria ei saa myöskään olla liian sitova, vaan sen tulee olla mukautuva. Teorian halutaan ohjaavan tuotannossa ainakin suunnittelua, kontrollointia ja tuotannon kehitystä. Yllä oleva koottu teoria tuotannosta ei aseta kovia rajoitteita tuotannon ominaisuuksille ja siksi sitä voidaankin soveltaa monenlaisiin tapauksiin. Teoriassa on yhdistettynä monta eri mallia ja siksi tuotannon teoria on joustava, sillä teoriasta voidaan ottaa ne ominaisuudet käyttöön, jotka sopivat kyseiseen tuotantoon. Teorian perusperiaate on selvillä, mutta se valinta mitä teemaa tai aihealuetta haluaa painottaa sovittaessaan teoriaa omaan tuotantoon, on vapaa.

## 6. TUOTANNON TIETOVIRTA

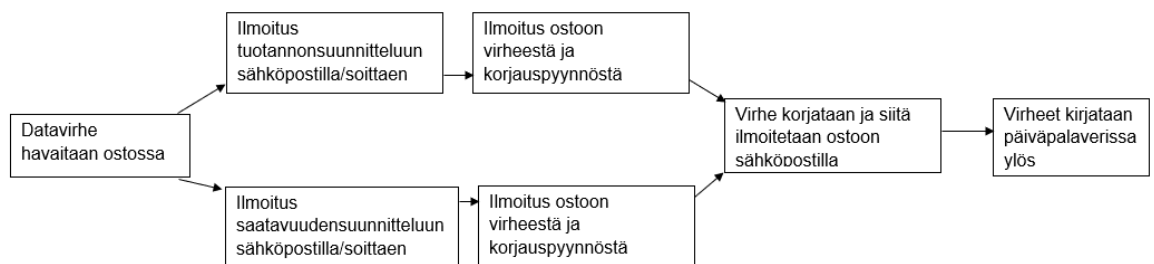
Tässä luvussa tutkitaan puuttuvan tiedon vaikutuksia tuotannon erivaiheissa työtä käsittelevässä yrityksessä ja selvitetään mitä kaikkea tietoa tarvitaan tuotannon missäkin vaiheessa ja mistä nämä tiedot ovat muodostuneet. Tilannetta tuotannossa hahmotetaan niin sanotulla tiedonvirtaus-taktiikalla.

### 6.1 Nykytilanne

Tällä hetkellä ongelma on, että tuotannossa saatavilla oleva tieto ei ole ajan tasalla tai on virheellistä. Tietoja saattaa myös puuttua. Näistä aiheutuu paljon vaivaa ja ongelmia tuotantoprosessissa, joista suurin on tietysti lisääntynyt työ, kun virheitä etsitään, huomataan ja korjataan käsin.

Työn näkökulmaksi on otettu tuotannosta se piste missä työn kirjoittaja työskentelee, eli operatiivinen ostos. Ostossa huomataan paljon järjestelmävirheitä ja niistä ilmoitetaan eteenpäin, jotta ne saadaan korjattua. Tällä hetkellä on paljon muistinvaraisia asioita, joiden tekemättä jättäminen aiheuttaa datavirheen järjestelmässä ja siten saatetaan esimerkiksi ostaa väärinä osia kokoonpanolinjalle. Datavirheiden etsiminen ja tarkkailu aiheuttaa ylimääräistä työtä niin ostossa, tilauskonttorissa kuin tuotannosuunnittelussakin, koska järjestelmään ei voi luottaa sokeasti, vaan kaikki sen antamat tiedot tarvitsee tarkistaa ennen lopullista päätöksentekoa.

Seuraavassa kuvassa alla on esitetty nykytilanteen mukainen toimintatapa.

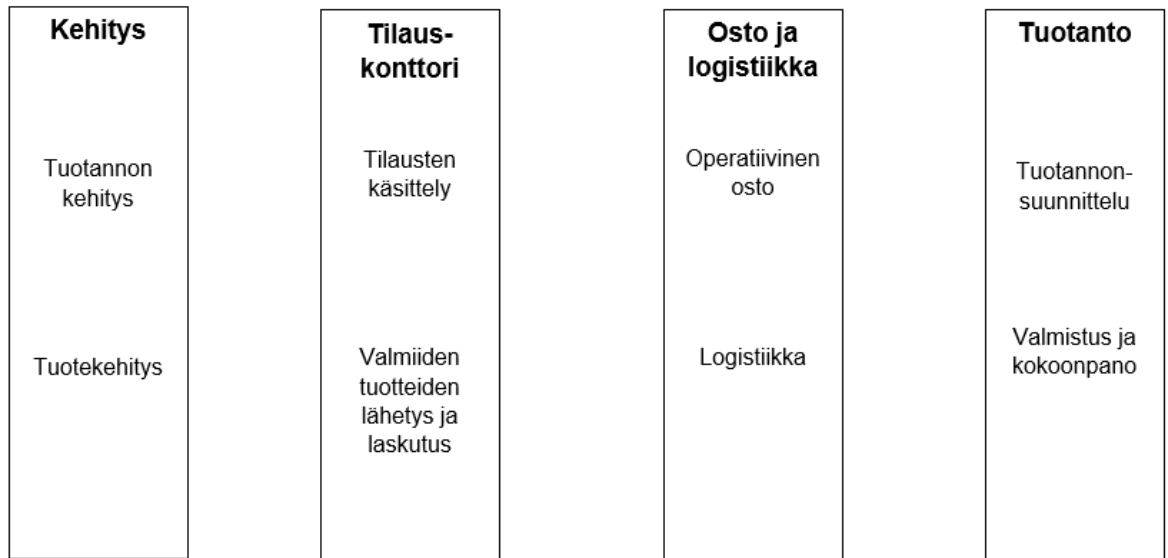


*Kuva 19. Nykyinen toimintatapa datavirhe-tilanteissa*

Kuvassa 19 on kuvattu tämän hetkinen toimintatapa datavirheiden suhteen. Kun datavirhe havaitaan ostossa, siitä ilmoitetaan tuotannon- tai saatavuudensuunnitteluun. Heille ilmoitetaan sähköpostilla tiedot mahdollisesta virheestä ja samat tiedot ilmoitetaan muille ostajille ostoon. Kun vastaus datavirheeseen saadaan, tulee se jakelulla, jossa on mukana

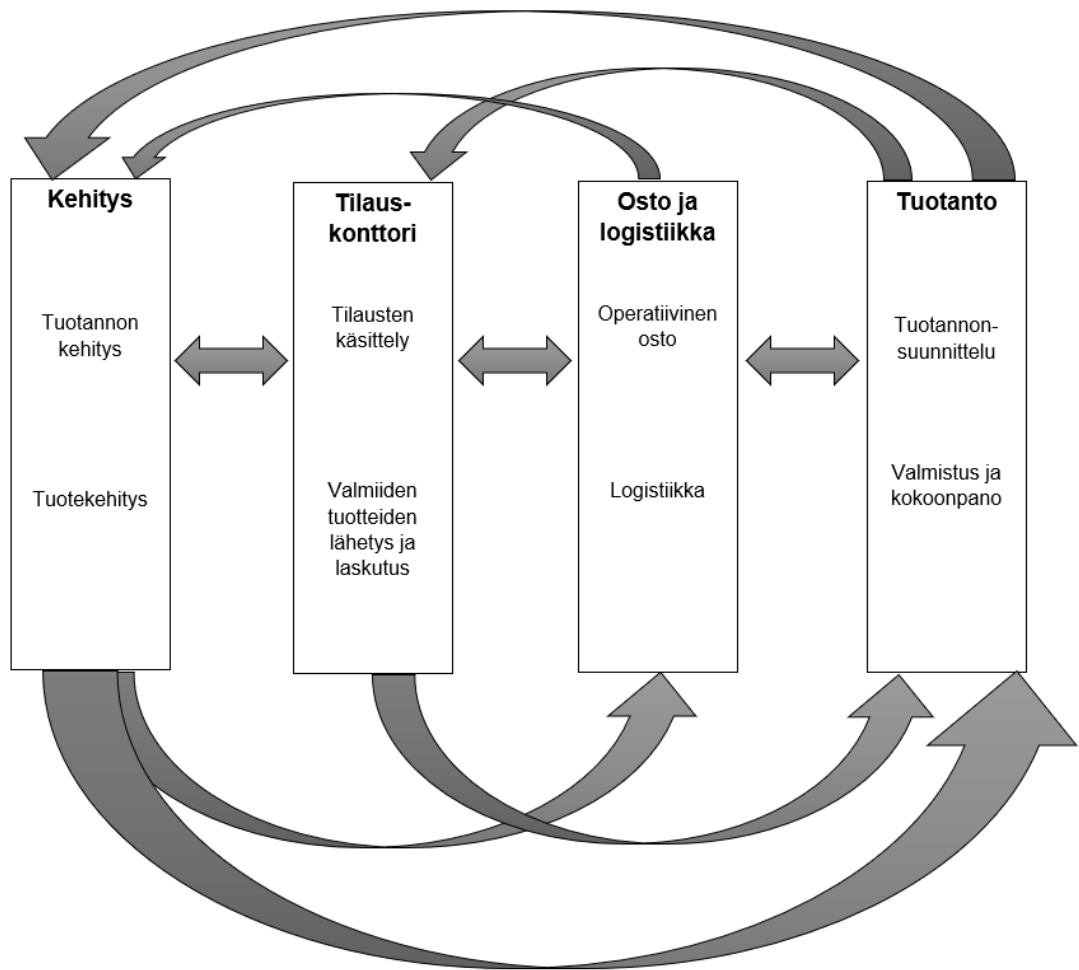
kaikki ne henkilöt, joita asia koskettaa. Osaston päiväpalaverissa kaikki havaitut datavirheet kirjataan ylös. Ylös kirjaamisen lisäksi tällä hetkellä ei uusien datavirheiden estämiseksi tehdä toimenpiteitä, vaan virheet jäävät kirjaamisen ja korjaustoimenpiteiden jälkeen analysoimatta ja käsittelemättä, jonka jälkeen niihin ei enää palata.

Kuvassa 20 on esitetty yrityksen prosessikaavio. Tämän pohjalta voimme selvittää kuinka tieto liikkuu tilaus-toimitusketjussa yrityksessä. Kuvassa 20 tilaus-toimitusketju on esitetty yksinkertaistettuna ja niiltä osin, kun sitä tässä työssä tutkitaan.



**Kuva 20.** Metso Minerals Oy:n tilaus-toimitusprosessi

Kuvassa 21 on havainnollistettu myös tietovirran kulku yksinkertaistetun prosessin läpi.



*Kuva 21. Tietovirta tilaus-toimitusprosessissa*

Kuten yllä olevasta kuvasta nähdään, tieto virtaa tilaus-toimitusprosessissa kaikkiin suuntiin ja kaikkien toimien välillä. Pää tietovirta kulkee kehityksestä tilauskonttoriin, oston kautta tuotantoon, mutta todellisuudessa muut tietovirrat kytkevät kaikki toiminnot toisiinsa ja tietovirtaa niin prosessin alusta loppuun, kuin lopusta alkuun ja kaikkien vaiheiden välillä.

### 6.1.1 Nykytilanteen kuvaus

Nykytilanne on kuvattu alla kuvassa 22 (löytyy myös liitteenä A). Kuten kuvasta nähdään, pääsyyt datavirheille ovat muutokset, järjestelmä, ympäristö ja ihmiset. Näiden pääsyyden alle jää monia muita, pienempiä syitä.

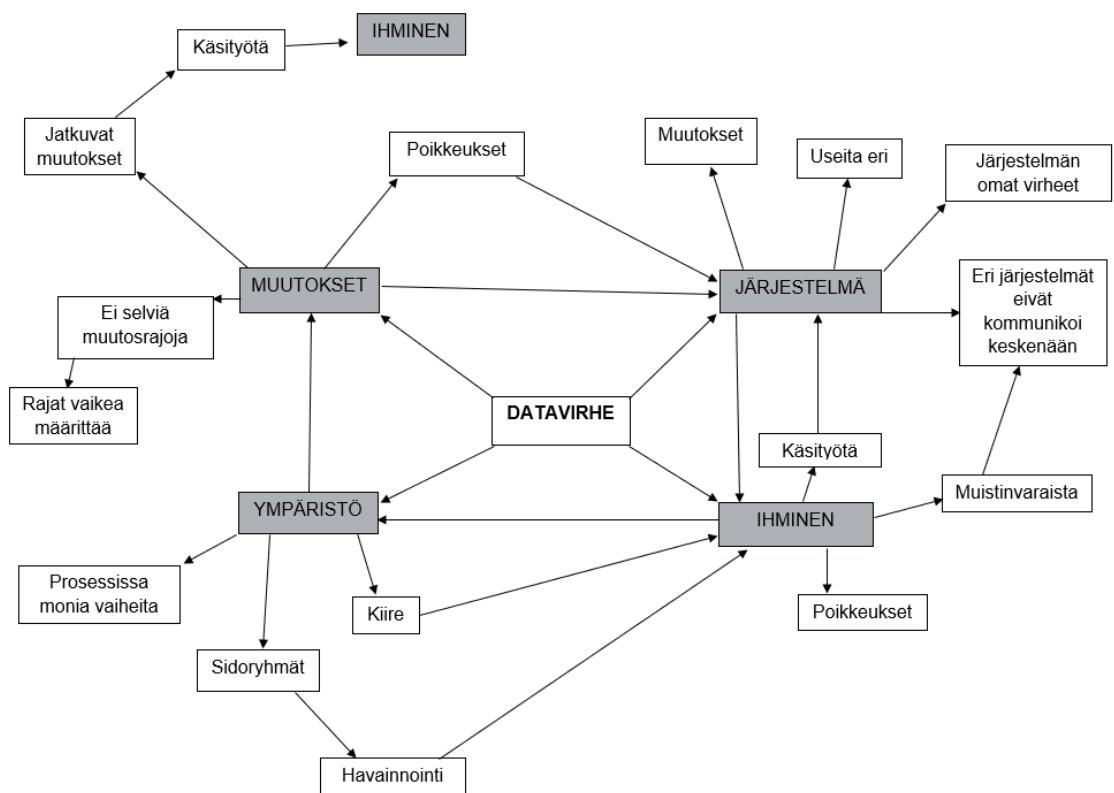
Muutoksissa ongelmana on niiden tiheys. Muutoksia tulee nopealla tahdilla, eikä organisaatio ei pysy kaikessa mukana. Olemassa ei ole selviä muutosrajoja ja ne liikkuvat alati. Rajoja on vaikea määrittää tai sitoa tiettyyn päivämäärään, ja tavaksi on tullutkin niiden siirtely. Muutosrajojen jäädyttäminen ei ole onnistunut ainakaan toistaiseksi. Lisäksi kaikki poikkeustapaukset aiheuttavat aina omanlaisiaan virheitä, joita ei voida ennustaa



etukäteen. Kaikenlaiset muutokset ja poikkeukset aiheuttavat käsityötä ja silloin virheen synnyn mahdollisuus kasvaa eksponentiaalisesti.

Järjestelmä itsessään aiheuttaa virheitä, sillä kukaan ei täysin osaa ennustaa mitä jotkin muutokset saavat muussa järjestelmässä aikaan. Käytössä on myös monia eri järjestelmiä, jotka eivät keskustele keskenään, joten tiedonsiirto järjestelmästä toiseen tapahtuu käsin ja muistinvaraisesti. Lisäksi monet työvaiheet ovat muistinvaraisia ja käsin tehtäviä, ja siksi järjestelmään syntyykin usein inhimillisiä virheitä. Erilaisissa poikkeustapauksissa toimintatapa on erilainen. Kun tiedon siirto ei tapahdu automaattisesti, ovat inhimillisten virheiden ja unohtusten aiheuttamat virheet yleisiä.

Ympäristön paineet aiheuttavat kiireen ja siten virheiden syntyriski kasvaa. Myös eri sidoryhmien yleinen kommunikointi ja yhteistyö on yksi syy datavirheille. Prosessi sisältää monia vaiheita ja ongelmat datan liikkumisessa aiheuttaa sen, ettei voida olla varmoja, että tieto onko siirtynyt oikein ja onko se ajan tasalla seuraavaan vaiheeseen siirryttäessä.



**Kuva 22.** Nykytilanteen kuvaus

Ideaalitilanne olisi, että kenenkään ei tarvitsisi tehdä mitään tarkistuksia tai lisäyksiä järjestelmien tietoihin, vaan kun jotain asiaa muutetaan yhdestä järjestelmästä, päivittyy se automaattisesti ja oikein myös muihin järjestelmiin. Lisäksi tuotteen ja tilauksen edetessä tuotannossa tieto ei hukkuisi tai muuttuisi, vaan pysyisi oikeana tuotesuunnittelusta val-

mistuksen loppuun asti. Tässä ideaalitulanteessa suunnittelulla on käytössä tuotekehityksestä saadut tulokset ja he voivat tehdä aukottomat suunnitelmat ja piirustukset tuotteesta, jotka sisältävät kaiken tarvittavan tiedon. Näin tilauskonttori pystyy suunnittelun suunnitelmien mukaisesti myymään tuotteen asiakkaalle ja konfiguroimaan tuotteen kaikkineen osineen järjestelmään. Tuote ajoitetaan tuotantolinjaan oikein ja oikeaan aikaan, ja osto pystyy ostamaan järjestelmän pyytämät osat, jotka saapuvat oikeaan aikaan ja paikkaan ilman erillistä tarkastusta. (Tässä ideaalimallissa ei huomioida osien toimittajien aiheuttamaa epävarmuutta.)

### 6.1.2 Käytössä olevat järjestelmät

PDM (Product Data Management), eli tuotetiedon hallinta, on järjestelmä, jolla hallitaan yrityksen tuotteisiin liittyvä dataa ja se on osa tuotteen elinkaarenhallintaa. PDM käsittää kaikki tuotteeseen liittyvät tekniset tiedot, sekä aineistot kuten CAD-kuvat, komponenttilistat ja alihankkijoiden tiedot. PDM-järjestelmän tavoitteena on keskittää kaikki valmistettavien tuotteiden tiedot yhteen järjestelmään. PDM-järjestelmällä hallitaan tuotannossa olevia nimikkeitä ja PDM-järjestelmä käsittääkin tuotesuunnittelun tuottamaa tietoa nimikkeistä. (Peltonen et al. 2002)

ERP-järjestelmä (Enterprise Resource Planning) eli toiminnanohjausjärjestelmällä ohjataan yrityksen eri toimintoja. ERP on siis yrityksen toiminnan ja resurssien suunnitteluun hallintaan kehitetty järjestelmä. Se voi sisältää monia osia liittyen muun muassa kirjanpitoon, laskutukseen, varastonhallintaan, tuotannonohjaukseen sekä prosessien, materiaalien ja muiden resurssien hallintaan. ERP-järjestelmällä lisätään yrityksen tuotannon tehokkuutta, kun yrityksen tiedot eri toimintojen välillä pystytään tallentamaan samaan paikkaan. Lisäksi kaikki tieto on reaaliaikaista kaikille ja kaikki tietävät mistä tiedot löytyvät.

Työtä koskevassa yrityksessä käytettävänä PDM-systeeminä on Aton (vaihtuu Teamcenteriin 2018/2019) ja ERP systeeminä käytetään SAP-järjestelmää. Yrityksessä käytetään myös Lotus Notes pohjaista Pipelineä, josta näkee kaikki koneet, jotka on suunniteltu valmistuvan tuotannosta. Tämä suunnitelma tehdään pitkälle eteenpäin ja tästä suunnitelmasta valitaan ne vapaat koneet tai tyhjät paikat tuotanto-ohjelmasta myytävälle koneille (luku 6.2.3). Sieltä myynti näkee vapaat koneet, jotka voidaan asiakkaalle myydä ja tieto siirretään ERP järjestelmään koneen konfiguroinnin jälkeen. Tällöin kaikki tieto valmistettavasta koneesta tulisi olla SAP-järjestelmässä, mutta usein tämä ei pidä paikkansa vaan eroavaisuuksia näiden kahden välillä on.

## 6.2 Puuttuvan tiedon vaikutus tuotannon eri vaiheissa

Puuttuvalla tai virheellisellä tiedolla tuotannossa on monia eri vaikutuksia. Kun järjestelmien data on virheellistä, ei oikeita tavaroita saada oikeaan paikkaan, oikeaan aikaan. Tilatut osat voivat tulla liian aikaisin, jolloin ne ovat tiellä tuotannossa tai vievät varastotilaa

ja aiheuttavat näin lisäkuluja varastoinnille. Jos osat saapuvat myöhässä, viivästyttää se koko tuotantolinjaa ja pahimmassa tapauksessa tuotanto seisoo ja tuote myöhästyy loppuasiakkaalta. Myöhästymät sekoittavat myös ennalta tehdyt logistiikan aikataulut ja suunnitelmat. Alla olevissa luvuissa käsitellään tuotannon erivaiheita ja niitä tietoja, joita näissä vaiheissa tarvitaan ja kuinka tiedot liittyvät toisiinsa. Aloitetaan vaiheiden tutkinta ostosta, jossa tämän työn materiaali datavirheistä on kerätty.

### 6.2.1 Osto ja hankinta

Yrityksen ostossa työskentelee niin hankintainsinöörejä kuin operatiivisia ostajia. Hankinnan tehtävänä on toiminnan suunnittelu, ostaja-toimittajasuhteiden kehittäminen sekä toimittajien valinta ja arviointi. Operatiivinen osto-toiminta puolestaan sisältää päivittäiset työt, eli osien ja nimikkeiden tilaamisen, laskujen tarkastamisen ja toimitusten valvonnan.

Ostossa puuttuvan tiedon vaikutukset huomataan helposti tarkastelemalla järjestelmää tarkemmin. Ristiriitainen tieto ostossa aiheuttaa usein turhaa työtä ja ristiriitaisen tiedon vaikutukset näkyvät myös tuotannossa. Ostossa tarvitaan monenlaista tietoa ja tässä luvussa on listattu niistä tärkeimmät.

Ensimmäisenä ja tärkeimpänä tarvitsee ostossa tietää, mitä osia tuotannossa tarvitaan. Kaikille nimikkeille (ts. osille) on määrätty ostaja, eli järjestelmässä jokaisen nimikkeen takaa tulisi löytyä kyseisen ostajan ostajatunnus ja tämän perusteella järjestelmä nostaa nämä nimikkeen kyseisen ostajan ostojonoon. Ostojonosta nähdään, milloin mitäkin osia tulisi ostaa ja kuinka paljon.

Ostossa tarvitsee olla ostajatiedon lisäksi tieto siitä, mitä ja minkälaisia osia tarvitaan ja milloin osia tarvitaan tuotannossa. On tärkeää olla tiedossa, millaisia osia halutaan eli millaisia ominaisuuksia osilla tulee olla tai millaisia laatuvaatimuksia osalle on asetettu, jotta tilatut osat täyttävät kaikki sille asetetut vaatimukset. Ostossa on tärkeää myös tietää, milloin osa tarvitaan. Aikataulutieto tulee olla ajan tasalla, jotta osa osataan ostaa oikeaan aikaan, jotta ne ehtivät tuotantoon ajoissa. Nimikkeiden takana ollaan määritelty myös osien toimitusaika eli PDT, joka on toimittajan yritykselle lupaama toimitusaika. Tämä PDT tieto tulee olla tiedossa, jotta osat nousevat järjestelmässä ajoissa ostettavaksi ja siten ehtivät tarpeelle.

Tärkeää tietoa on myös, että mistä osat ostetaan. Tietyt osat on sovittu ostettavaksi tietyiltä toimittajilta ja tämä hankintatieto tulee myös olla nimikkeen takana järjestelmässä, jotta se saadaan ostettua oikealta toimittajalta oikeilla tiedoilla. Toimittajan valintaan liittyy myös hinta. Jokaisen osan kohdalla ollaan sovittu mistä tuote ostetaan ja millä hinnalla. Hinta tieto tulee olla ostossa tiedossa ennen tilauksen tekemistä.

Tieto toimituspaikasta tulee myös olla ostossa tiedossa osia tilattaessa. Kaikki osat eivät mene tuotannossa välttämättä aina samaan paikkaan, joten tieto mihin osa tilataan, tulee olla ostajalla tilaushetkellä, jotta toimittaja tietää järjestää toimituksen oikeaan paikkaan.

## 6.2.2 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannon suunnittelun tavoitteena on suunnitella ja ohjata tuotantoa asiakastarpeiden perusteella. Tuotannonsuunnittelun tärkeimmät osa-alueet ovat materiaalin ja kapasiteetin suunnittelu (tuotannon hienokuormitus). Yleensä yleisesti ennakkoon ennusteiden perusteella tehdyn kysyntäsuunnitelman perusteella tehdään karkean tason tuotantosuunnitelma (Pipeline), josta lasketaan materiaalitarpeet ja huomioidaan jo putkessa olevat tilaukset. Materiaalitarpeiden lisäksi määritetään kapasiteettitarpeet tuotannolle. Kapasiteettia voidaan joutua sopeuttamaan esimerkiksi henkilö- tai konekapasiteettia lisäämällä tai hyödyntämällä alihankkijoita. Tuotantosuunnitelma tarkentuu tuotantotilausten tai tarkemman tuotantosuunnitelman mukaan. Näin voidaan tehdä materiaalivarauksia ja hienokuormittaa tuotanto-ohjelmaa. Tuotannonsuunnittelu ohjaa materiaali- ja kapasiteettitarpeita, jotta tuotanto sujuisi tehokkaasti ja laadukkaasti, ja jotta se täyttäisi tuotannolle asetetut tavoitteet. Tuotannon suunnittelun lähtökohtana on olemassa oleva tilauskanta, ennusteet, tuotteiden tai raaka-aineiden varastotilanne ja valmistusbudjetin tavoitteet (Haverila et al. 2009).

Tuotannon suunnittelussa tärkeimmät tarvittavat tiedot ovat BOM ja master routing, eli material masterin tiedot eli ostettavat materiaalit ja niiden tiedot kuten ostaja, hinta ja toimitusaika. Lisäksi valmistettavan tuotteen rakenteet tulee olla järjestelmässä kunnossa, jotta tuote voidaan ohjata oikein vaiheiden läpi tuotannossa. Tämä tuotteen reititys eli työvaiheet luovat aikataulun toimitusajan taakse.

Tuotannon suunnittelussa tarvitaan myös itse tilauskonttorin tilaus asiakkaalta, joka antaa impulssin tuotantoon valmistaa kyseinen tuote. Tällöin tiedossa tarvitsee olla toimituskatoive asiakkaalta. Tuotannonsuunnittelulla tarvitsee olla myös tieto siitä, mitä tuotantovaiheita valmistus vaatii ja missä tuotannossa on tilaa tehdä tämä tuote. Tieto siitä, mitä missäkin valmistetaan milläkin hetkellä, kuinka uusi tilaus saadaan sovitettua tuotantoon ja millä aikataululla tulee olla tuotantosuunnittelulla ajan tasaista.

Tuotannonsuunnittelulla tarvitsee olla tieto materiaaleista, jonka vuoksi yleensä tehdään materiaalitarkistus, eli katsotaan mitä materiaaleja on jo olemassa ja mitä on tulossa, jotta ne ehtivät valmistukseen. Lisäksi selvitetään, puuttuuko jotain materiaaleja. Tällaisessa tapauksessa kysytään hankinnasta ja ostosta toimitusaikoja ja saatavuutta puuttuville osille. Lisäksi tarvitsee tehdä tarvittavat kapasiteettitarkastelut, jotta tiedetään millä aikataululla tuotteen voidaan olettaa valmistuvan. Tähän vaikuttaa muun muassa tuotannon vuorojärjestelyt. Nämä kaikki tulee olla tuotannonsuunnittelun tiedossa, kun he kuormittavat tuotantoa.

Jos tehdään niin sanottua räätälituotetta, tarvitaan projektiryhmältä tiedot, eli tuotteen yksilörakenne. Tässä kohtaa selvitetään, tarvitseeko suunnitella jotain vai onko olemassa melkein valmista tuotetta, jota lähdetään muokkaamaan. Tämän jälkeen selvitetään ostolta osien saatavuutta ja hankintatietoja, sekä laaditaan alustava aikataulu. Suunnittelusta saadaan nimikkeet, jotka tuotannosuunnittelu avaa ostolle hankittavaksi. Räätälituotetta rakennetaan suunnittelun, tilauskonttorin, tuotannosuunnittelun ja räätälöintijärjestelmän yhteistyönä ja se rakentuu vaiheittain.

### 6.2.3 Tilauskonttori

Tilauskonttorissa vastaanotetaan ja käsitellään asiakkailta saapuvat tilaukset ja valmiiden tuotteiden lähetykset. Tilauskonttorissa tilauskoordinaattorit käsittelevät tilauksia ja ovat yhteyksissä sisäisiin ja ulkoisiin sidosryhmiin, eli prosessin muihin vaiheisiin ja asiakkaisiin. Logistiikan koordinaattorit hoitavat tilausten lähetykset, sekä laskutuksen. Saatavuuden suunnittelija vastaa tehtaan saatavuuden suunnittelusta yhdessä tuotepäälliköiden ja tuotannon kanssa. Tässä työssä keskitytään tilauskonttorin osalta tilausten käsittelyyn ja siinä tarvittaviin tietoihin.

Jotta tilaus saadaan tilauskonttorista tuotantoon, tulee asiakkaan tilaus olla SAP-järjestelmässä, joko vapautettuna asiakkaan puolelta tai asiakkaan tekemä tilaus on tilauskonttorilla sähköpostissa. Toisin sanoen tiedoissa tulee olla se mitä asiakas haluaa tilata. Tilauksen tulee sisältää täydellinen spesifikaatio siitä, mitä asiakas tuotteelta haluaa. Tilauskonttorin täytyy tietää yksityiskohtaisesti kaikki ominaisuudet, lisäosat jne. mitä asiakas mahdollisesti haluaa tilaamansa tuotteeseen, jotta tilaus voidaan käsitellä ja lähettää tuotantoon.

Mikäli asiakas haluaa jotain muuta kuin standardituotteita, tarvitaan suunnittelusta tieto, onko kyseessä niin sanottu räätälituote. Jos kyseessä on räätälituote, tarvitsee järjestää katselmointi, eli tapaaminen tuotannon eri sidosryhmien kanssa, jotta saadaan tilauskonttoriin tietoon kaikki huomioonotettavat seikat, kuten erikoisosien toimitusajat ja valmistusaikaan vaikuttavat tekijät ja seikat. Jos kyseessä ei ole räätälikone, tarvitsee tilauskonttorissa tietää kaikki nimikkeet mitä tuotteeseen tulee.

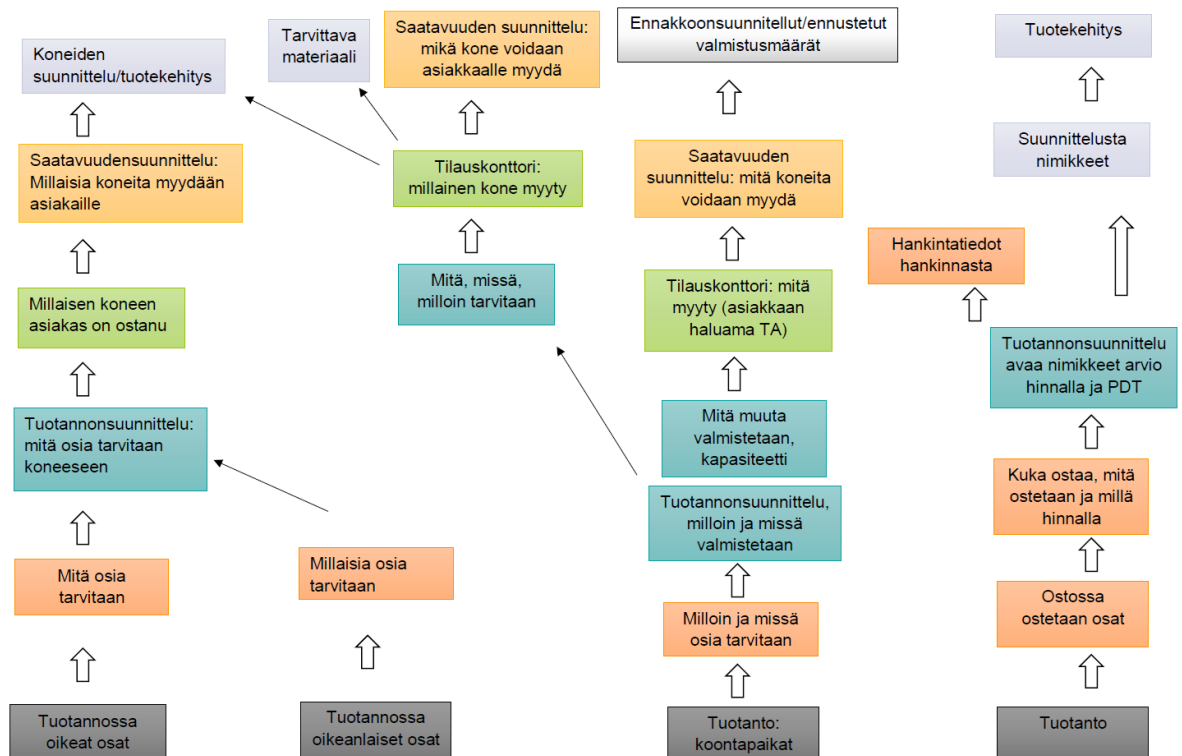
Tilausta tehdessä on tilauskonttorilla oltava tieto siitä, millä aikataululla asiakas haluaa tuotteen, jotta voidaan selvittää, millä aikataululla tuotteen tulisi valmistua tuotannosta ja millä aikataululla oston tulisi ostaa osat kyseiseen tuotteeseen. Ostettavien osien toimitusaika asettaa tiettyjä rajoitteita tuotteen toimitusajalle ja yleensä nämä seikat sovitaan oston, tuotannosuunnittelun ja tilauskonttorin kanssa.

Kun tilaus saadaan siirrettyä tuotantoon, tulee Pipelinestä valita vapaa paikka tuotannon etukäteen tehdystä suunnitelmasta. Tässä kohtaa tilauskonttorilla tulee olla tiedossa oikea releasenumero, jotta tilaus voidaan laittaa tuotantoon.

## 6.2.4 Yhteenveto

Kuvassa 23 esitetyssä kaaviossa (alkuperäinen liitteenä B) on esitetty yrityksen tietovirtakaavio. Kaavio käsittelee tietovirtaa niiltä osin kuin työn kannalta on oleellista. Kaaviosta nähdään hyvin, kuinka ostossa tarvittava tieto jalostuu suunnittelusta ja/tai tuotekehityksestä asti.

Kaavio rakentuu eri värisistä palikoista. Harmaa väri edustaa tuotantoa (kokoontapaamista), oranssi väri ostoa, turkoosi tuotannosuunnittelua, vihreä väri tilauskonttoria, keltainen saatavuudensuunnittelua ja violetti väri suunnittelua ja tuotekehitystä. Valkoisella pohjalla on merkattu koko toimintaa koskevat ennakkosuunnitelmat valmistusmääristä. Kaaviossa on tietovirtaa lähdetty rakentamaan ostosta. Valittiin siis tuotannosta piste, tässä osto, ja alettiin selvittämään, mitä tietoja ostossa tarvitaan ja mistä nämä tiedot ovat muodostuneet. Eri kohdissa tarvittavat tiedot on listattu luvuissa 6.2.1, 6.2.2 ja 6.2.3.



**Kuva 23.** Yksinkertaistettu tietovirtakaavio yrityksestä

Puuttuvan tiedon puute ostossa näkyy muun muassa silloin, kun ei ole saatavilla oikeaa tietoa siitä, millaisia osia tulisi ostaa. Esimerkki tällaisesta tapauksesta on, jos ei ole tiedossa, millä osilla tuote tehdään tai tuotteen osalista voi esimerkiksi puuttua järjestelmästä kokonaan. Tällöin ei siis saada hankittua tuotantoon oikealaisia osia tai järjestelmä käskee ostamaan vääriä, esimerkiksi vanhoja, osia. Tieto siitä millaisia osia tulisi ostaa tulee suunnittelusta tai tuotekehityksestä asti, kuten kuvasta 23 nähdään. Osat voivat

myös tulla väärään aikaan ja väärään paikkaan, jos tieto järjestelmässä ostettavien nimikkeiden takana ei ole oikein. Kun tuotantoon tilataan väärää osia, väärään paikkaan ja väärään aikaan, aiheuttaa se esimerkiksi tuotannon viivästymistä tai turvallisuusriskejä, kun kokoonpanolinjalla on liikaa tavaraa työskentelyn tiellä ostettujen osien saapuessa tuotantoon liian aikaisin.

Myös tarpeiden puuttuminen järjestelmästä aiheuttaa ongelmia tuotannossa, kun tarvittavia osia ei osteta ajoissa. Tämä aiheuttaa sen, että osia ei välttämättä ehditä saamaan tuotantoon ajoissa, ostetaan kiireessä väärää osia tai voidaan esimerkiksi päätyä ostamaan osat kalliilla, jotta ne saadaan ajoissa. Kiireellä hankittujen osien erikoiskyydit ja – järjestelyt aiheuttavat myös lisäkuluja. Kaikissa näissä toimissa joudutaan usein myös joustamaan yhteisistä sovitusta toimintatavoista.

Kun tuotannosuunnittelussa puuttuu tarvittavat tiedot, ei tuotanto-ohjelmaa saada ajan tasalle, jolloin järjestelmä ei pyydä tuotantoon oikeita osia oikeaan aikaan. Kun järjestelmässä on virheitä, saattavat tuotanto ohjelmassa olevat koneet pyytää kokoonpanolinjalle väärää osia, väärään aikaan tai väärään paikkaan. Tiedot tarvittavista nimikkeistä tuotannosuunnitteluun tulee tilauskonttorista asiakkaan tilauksesta ja tiedot osista/nimikkeistä itsestään tulevat suunnittelusta. Jos tuotanto-ohjelma ei ole ajan tasalla, vaikuttaa se tuotannon etenemiseen.

Tilauskonttorissa väärä tieto aiheuttaa sen, että asiakkaalle myydään tuotetta liian optimistisella toimitusajalla. Mikäli ohjelma ei ole ajan tasalla, vaan onkin oikeasti jättämällä tai joidenkin osien toimitusaika onkin pidempi kuin järjestelmä antaa ymmärtää, ei tuotetta ehditä valmistaa asiakkaalle luvattuun toimitusaikaan.

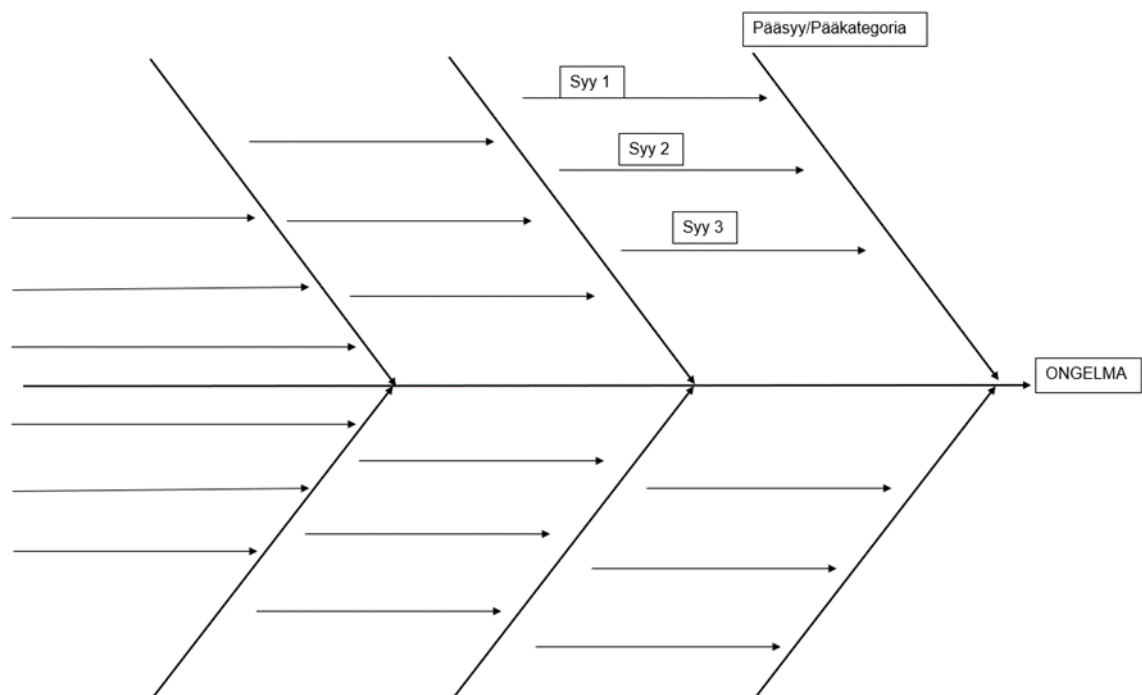
Puuttuvan tiedon vaikutukset näkyvät erityisesti kustannuksissa. Kaikesta tässä luvussa esitetyistä vaikutuksista aiheutuu yritykselle ylimääräisiä kustannuksia. Kustannuksia syntyy niin ylimääräisen työn kuin varastoarvojen ja erikoisjärjestelyiden, kuten kuljetusten järjestämisestä. Kustannuksia syntyy myös, kun koneen myöhästyttyä asiakkaalta joudutaan maksamaan esimerkiksi myöhästymä sakkoja. Myöskin myöhästymistä aiheutuva negatiivinen yrityskuva luo kustannuksia yritykselle.

Tiedon oikeellisuuden käsitteellä tarkoitetaan sitä, että tuotannossa oleva tieto on paikansa pitävää, ajantasaista tuotannon jokaisessa vaiheessa ja tiedon oikeellisuuteen voidaan luottaa. Lisäksi tuotannon eri vaiheiden välillä tieto pysyy samana ja nämä vaiheet keskustelevat jatkuvasti keskenään. Tieto siis liikkuu (virtaa) koko prosessin ajan kaikkien sen osien välillä. Oikean tiedon esteetön virtaus koko tilaus-toimitusprosessin läpi on tietovirta-ajattelun, ja siten tuotannon teorian, perusta.

## 7. JUURISYYANALYYSIT

Juurisyyanalyysijä voidaan tehdä monilla eri työkaluilla. Tässä työssä juurisyyanalyysien tekoon päätettiin käyttää kalanruotokaaviota ja 5\*miksi analyysiä ja ne on esitetty alla.

Kalanruotokaavio (Ishikawa diagram) on paljon käytetty työkalu laadunhallinnassa ja sitä voi käyttää monissa muissakin yhteyksissä. Kalanruotokaavion avulla etsitään ongelman juurisyitä. Kalanruoto, nimensä mukaan, näyttää kalanruodolta ja sen muodostamiseen on listattu seuraavat vaiheet. Ensin kuvataan ongelma, jolle haetaan ratkaisua ja sen jälkeen määritellään pääkategoriat. Fyysisissä prosesseissa yleensä käytetyt pääkategoriat ovat ihmiset, koneet, materiaalit, menetelmät, mittaukset ja ympäristö, mutta monia muitakin kategorioita voi käyttää tutkittavan tilanteen mukaan. Pääsyiden jälkeen etsitään syitä virheen esiintymiseen ja syntyyn liittyen ja ne listataan pääsyyn alle. Kalanruotokaavion pohjalta voidaan muodostaa ne toimenpiteet, joita tarvitaan pääsyyn eliminomiseksi. (Andersen 2007 s. 128) Alla esimerkkipohja kalanruotokaaviosta, jota tässä työssä käytetään.



*Kuva 24. Kalanruotokaavion esimerkkipohja*

5\*MIKSI-analyysi on tekniikka, jolla pyritään löytämään ongelman juurisyitä esittämällä viisi eri miksi-kysymystä liittyen ongelmaan. Kysymyksiä ei tarvitse olla juuri viittä kap-



paletta, vaan kyselyä tulee jatkaa niin pitkään, kunnes todellinen syy löytyy. Tämä työkalu sopii hyvin toistuvien ongelmien etsimiseen. (Andersen 2007, s. 132) 5\*MIKSI-analyysin pohja tätä työtä varten esitetty kuvassa alla.

### 5x MIKSI

MIKSI	SELITE
1. MIKSI	1. SELITE
2. MIKSI	3. SELITE

*Kuva 25. 5\*MIKSI-analyysiin käytetty pohja*

## 8. DATAVIRHETAPAUSTEN ANALYSOINTI

Tässä luvussa esitellään käytetyt juurisyyanalyysimenetelmät ja lopuksi käydään läpi itse käytännön tapaukset analyyseineen. Liitteissä on esitetty luvuissa 8.1, 8.2 ja 8.3 käsiteltyjen tapausten juurisyyanalyysit. Niiden tulokset on käsitelty seuraavissa luvuissa.

### 8.1 Tapaus 1: BEN puuttuu

Tapauksen 1: BEN puuttuu, datavirhe-tapauksen juuri-syyanalyysit on esitetty liitteissä C, D ja E. BEN (BOM explosion number= käytettävän materiaaliluettelon tunnistenumero/koodi) puuttumisella tarkoitetaan, että kun tarpeita (osia) nousee SAP-järjestelmässä ostettavaksi operatiiviseen ostoon ei siellä olevilla tarpeilla ole näkyvissä käytettävän materiaalilistan numeroa tai koodia, eli BEN puuttuu. Tällöin ei voida tietää, mitä ja millaisia osia tulee oikeasti ostaa, eli millä osilla asiakas on koneen tilannut.

BEN-numeron puuttumiselle on olemassa monia syitä. Yksi niistä on se, että järjestelmään ei ole vielä määritelty käytettävää BEN-numeroa tai koodia, koska tilaus voi olla niin kaukana tulevaisuudessa, että valmistusajankohdan voimassa olevia tietoja ei vielä ole tiedossa. Tällöin ei varmasti tiedetä, onko tuotteeseen ja osiin tulossa välissä muutoksia tai uudistuksia. Ei voida myöskään olla varmoja, millä BEN-numerolla kone halutaan tulevaisuudessa valmistaa tai onko tulossa mahdollisia tuote tai relase-muutoksia. Muutoksia saattaa tulla lyhyelläkin varoitusajalla, eikä BEN-numeroa voida välttämättä vielä määrittää tulevaisuuteen, jos muutoksista ei olla varmoja. Muutoksien aikatauluun vaikuttaa käytettävissä olevat resurssit ja aika. Nopeita muutoksia tarvitaan muun muassa muuttuvien asiakastarpeiden ja suunnittelutarpeiden vuoksi.

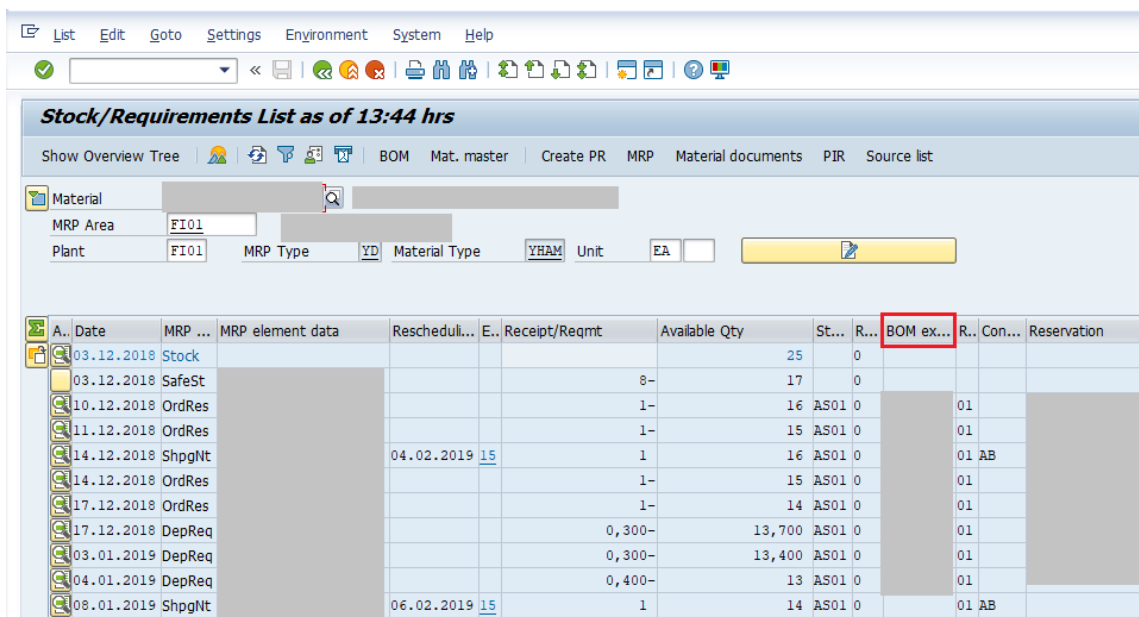
BEN puuttuminen järjestelmästä voi johtua myös muutosrajojen häilyvyydestä. Muutoksille ei pystytä määrittämään selvää rajaa, koska muutosten suunnittelu, käsittely ja toimeenpano riippuu monista tekijöistä. Muutosrajoja suunniteltaessa tulee ottaa huomioon uusien osien saatavuus ja vanhojen osien varasto. Kaikella tällä pyritään siihen, ettei vanhoja osia jää käyttämättä, kuitenkin niin, että tuotanto ei häiriinny tai viivästy uusien osien toimituksesta johtuen. Yleensä tätä tarkkailua tehdään kriittisten osien (pitkä PDT, korkeat hinnat jne.) osalta, sillä kaikkia osia ei voida ottaa muutosrajanmääritys tarkkailussa huomioon. Vanhojen osien romuttamisesta aiheutuva hukka tulee myös minimoida mahdollisuuksien mukaan.

BEN puuttuminen voi johtua siitä, että tuotannosuunnittelu on unohtanut lisätä sen kääntäessään tilausta järjestelmässä. Tämä prosessi on käsin tehtävää työtä, sillä suunniteltuja tilauksia (planit) käännettäessä oikeiksi tilauksiksi järjestelmään (Pipelimestä SAP-järjestelmään), ei BEN siirry automaattisesti mukana. SAP ja Pipeline eivät välttämättä ole aina ajan tasalla, koska tiedot eivät siirry oikein niiden välillä. Järjestelmä ei tässä kohdin toimi

halutulla tai tarvittavalla tavalla, mutta siihen ei ole löydetty ratkaisua yrityksistä huolimatta. Tarvitaan muun muassa muutossaumojen parempaa hallintaa, sillä tämän hetkinen tapa ei ole toimiva.

## 8.2 Tapaus 2: Väärä BEN

Tapauksen 2: Väärä BEN datavirhetapauksen juurisyyanalyysit on esitetty liitteissä F, G, H ja I. Väärällä BEN järjestelmässä tarkoitetaan, että järjestelmä nostaa ostettavaksi osia, joita oikeasti ei edes tarvita kyseiselle koneelle. Väärän BEN havaitseminen järjestelmästä voi olla vaikeaa, jos ei ole täysin perillä muutoksista ja muutossaumoista. Usein kuitenkin pätevät ostajat huomaavat nämä virheet järjestelmästä tai tietävät ainakin kysyä ja varmistaa, että juuri tällä BEN halutaan nämä osat ostettavan. Tässä tarkistuksessa apuna käytetään Pipelineä, josta voidaan tarkistaa mikä BEN olisi millekin tarpeelle pitänyt SAP-järjestelmään siirtyä. Alla olevasta kuvasta 26 nähdään, että tarkkailtaessa nimikkeen (osan) varastosaldoja antaa se jokaisen tarpeen (OrdRes) perään siinä käytettävän BEN-numeron/tunnuksen, eli BOM (explosion number), joka kertoo mitä osia tähän kyseiseen koneeseen tarvitaan.



A.	Date	MRP ...	MRP element data	Reschedul...	E...	Receipt/Reqmt	Available Qty	St...	R...	BOM ex...	R.	Con...	Reservation
	03.12.2018	Stock					25	0					
	03.12.2018	SafeSt				8-	17	0					
	10.12.2018	OrdRes				1-	16	AS01 0				01	
	11.12.2018	OrdRes				1-	15	AS01 0				01	
	14.12.2018	ShpgNt		04.02.2019	15	1	16	AS01 0				01 AB	
	14.12.2018	OrdRes				1-	15	AS01 0				01	
	17.12.2018	OrdRes				1-	14	AS01 0				01	
	17.12.2018	DepReq				0,300-	13,700	AS01 0				01	
	03.01.2019	DepReq				0,300-	13,400	AS01 0				01	
	04.01.2019	DepReq				0,400-	13	AS01 0				01	
	08.01.2019	ShpgNt		06.02.2019	15	1	14	AS01 0				01 AB	

*Kuva 26. SAP näkymä nimikkeelle*

Väärän BEN järjestelmässä voi aiheutua koneiden siirtelystä tuotanto-ohjelmassa. BEN-numerot siirtyvät koneiden mukana ja silloin niitä on järjestelmässä sekaisin useita. BEN-numerot eivät tämän takia välttämättä ole järjestelmässä enää vanhimmasta uusimpaan ja tämä aiheuttaa usein hämmennystä ja lisätyötä, kun kaikki tiedot tulee tarkastaa, jotta ne ovat järjestelmissä oikein ja ajan tasalla. Täysin stabiilia tuotanto-ohjelmaa ei voida tehdä, vaan se elää koko ajan ja siihen joudutaan usein tekemään muutoksia johtuen itse tuotannosta, sen aikataulusta ja asiakastarpeista.

Väärä BEN-numero voi johtua myös muutossaumoista ja niiden siirtelystä. BEN voi olla käytössä tuotannossa useita samaan aikaan, eikä niiden järjestys ole välttämättä looginen ja niiden tarkastaminen voi olla vaikeaa. Toisaalta tarkistus täytyy tehdä, sillä riski siihen, että järjestelmä ei ole ajan tasalla, on olemassa. Jos BEN-numerot eivät ole loogisesti järjestyksessä ja muutoksia on tehty, voi olla, että ostetaan väärää osia. Muutoksille ei ole sovittu selkeää saumaa ja se elää muuttuvan tilanteen mukaan. Ostettavien osien toimitusajat ovat myös sellaisia seikkoja, jota muutossaumoissa tulee ottaa huomioon. Muutossaumojen käsittelyyn tarvitaan muutos, jotta järjestelmään ei syntyisi niin paljon virheitä. Tämän hetkinen toimintatapa on tältä osin puutteellinen.

Tällä hetkellä järjestelmä tarjoaa aina uusimman voimassa olevan BEN-numeron, jolla asiakas voi ostaa tuotteen. Järjestelmää ei saada ohjelmoitua muulla tapaa ja BEN-numero vaihdot tehdään kahdessa kohtaa tuotantoa: tilauskonttorissa kun tilausta tehdään ja tuotannonsuunnittelussa. Tämä siksi, että siirrettäessä BEN vaihtuu järjestelmässä uusimpaan, vaikka se olisi tilauskonttorissa vaihdettu siihen BEN-numeroon, millä tuote oikeasti tehdään. BEN vaihtaminen oikeaan tulee tehdä ennenkö MRP pyörähtää, koska muuten se nostaa väärää tarpeita järjestelmään ostettavaksi. Tämä johtuu monista syistä, joista suurin on inhimillinen virhe, sillä BEN-numeron vaihtaminen on käsityötä ja ulkoa muistettava asia.

Väärä BEN-numero on voitu laittaa jo tilauskonttorissa järjestelmään. Tällöin kyseessä on inhimillinen virhe, sillä tämä tehdään käsityönä, muistinvarassa tai haluttua BEN-numeroa ei olla määritelty vielä järjestelmään, koska lopullisia muutossaumoja ei ole määritelty tai muutosaikataulut ovat olleet liian tiukkoja.

### 8.3 Tapaus 3: Ylimääräinen tarve järjestelmässä

Tapauksen 3: Ylimääräinen tarve järjestelmässä juurisyyanalyysit on esitetty liitteissä J ja K. Kun järjestelmässä on ylimääräinen tarve, tarkoitetaan sillä, että järjestelmä pyytää ostamaan osia alle PDT, eli alle toimittajan kanssa sovitun toimitusajan. Näin on, vaikka PDT on syötetty järjestelmään oikein ja järjestelmän tulisi nostaa osat tarpeeksi ajoissa ostettavaksi. Lisäksi tarve yleensä näkyy lähitulevaisuudessa, esimerkiksi samalla tai seuraavalla päivällä. Tarpeen läheisyys yleensä viittaa siihen, että kyseessä on järjestelmävirhe. Tällä hetkellä ei suunniteltuja koneita tulisi olla ainakaan samalla viikolla, vaan tilaukset järjestelmässä käännetään ennen tätä oikeiksi tilauksiksi, jolloin tarpeet nousevat oikein ostajille ostettavaksi.

Ylimääräinen tarve järjestelmään voi syntyä esimerkiksi, kun tuotannossa vaiheen lopullinen päätös on unohdettu tehdä. Tämä johtuu usein inhimillisestä virheestä, sillä kun työvaiheen päätöstä tehdään järjestelmään, se tarjoaa automaattisesti ”*osittaista päättämistä*” ja tähän kohtaa tulee muistaa vaihtaa käsin ”*lopullinen päättäminen*”. Syytä sille, miksi järjestelmä antaa automaattisesti osittaisen päättämisen ei tiedetä, vaikka suurim-

missa osissa tapauksia tarvitaan lopullinen päättäminen. Kun vaihe päätetään vain osittain, nostaa se järjestelmään uudelleen tarpeet ja yleensä tarpeet nousevat lähitulevaisuuteen. Tämä usein herättää oston huomion, eikä niitä tilata, vaan virheestä ilmoitetaan.

Toinen mahdollinen syy ylimääräiseen tarpeeseen on se, että tilauskonttorissa on siirretty varastokoneita vastaamaan asiakkaan tilausta ja prosessissa on unohdettu vaihe, jossa blokataan tilausta vastaava kone järjestelmästä ennen MRP-päivitystä, jolloin järjestelmä nostaa tälle tilatulle koneelle tarpeet järjestelmään ostettavaksi, vaikka oikeasti varastokone on jo olemassa tälle tilaukselle. Kaikki tällaista tilausta koskevat vaiheet tulee tehdä käsin, ja samalla kertaa, ennen kuin MRP päivittää tai muut tarpeet nousevat. Joudutaan tekemään paljon käsityötä oman muistin varassa, koska ei ole olemassa järjestelmää, joka hoitaisi tämän kaiken.

## 8.4 Datavirheiden kalanruotokaavio

Kuten kuvassa 27 (löytyy myös liitteenä L) esitetystä kalanruotokaaviosta nähdään, että datavirheiden kaikkein suurimmat aiheuttajat ovat järjestelmät, ihmiset, muutokset, menetelmät, mittaus ja ympäristö.

Ympäristö aiheuttaa usein kiireen työpaikalla. Kiire aiheuttaa taas huolimattomuutta ja viivästyksiä, kun kaikkia asioita ei pystytä, eikä ehditä, tekemään samaan aikaan. Kiireen aiheuttaa myös se, että MRP päivittyy joka yö, eli seuraavalle päivälle ei voi jättää keskeneräistä työtä, sillä se voi aiheuttaa datavirheen järjestelmään MRP:n päivityksen jälkeen. Stressi on myös yksi ympäristöön liittyvä syy. Stressi saattaa työpaikalla aiheutua juurikin edellä mainitusta kiireestä, sekä henkilökohtaisista tai työpaikan asettamista paineista. Stressi voi aiheuttaa huolimattomuutta, sekä muita inhimillisiä virheitä ja siten voi myös syntyä datavirheitä järjestelmiin. Jatkuvat muutokset voivat olla myös yksi stressin aiheuttaja ja tämä jatkuvan muutoksen ilmapiiri tuotannossa aiheuttaa usein datavirheitä, sillä kaikissa muutoksissa ei pystytä mukana, muutokset eivät välttämättä ole hallittuja, ne eivät ole kenenkään vastuulla tai aikataulut muuttuvat jatkuvasti ja alussa sovitusta ei pidetä kiinni.

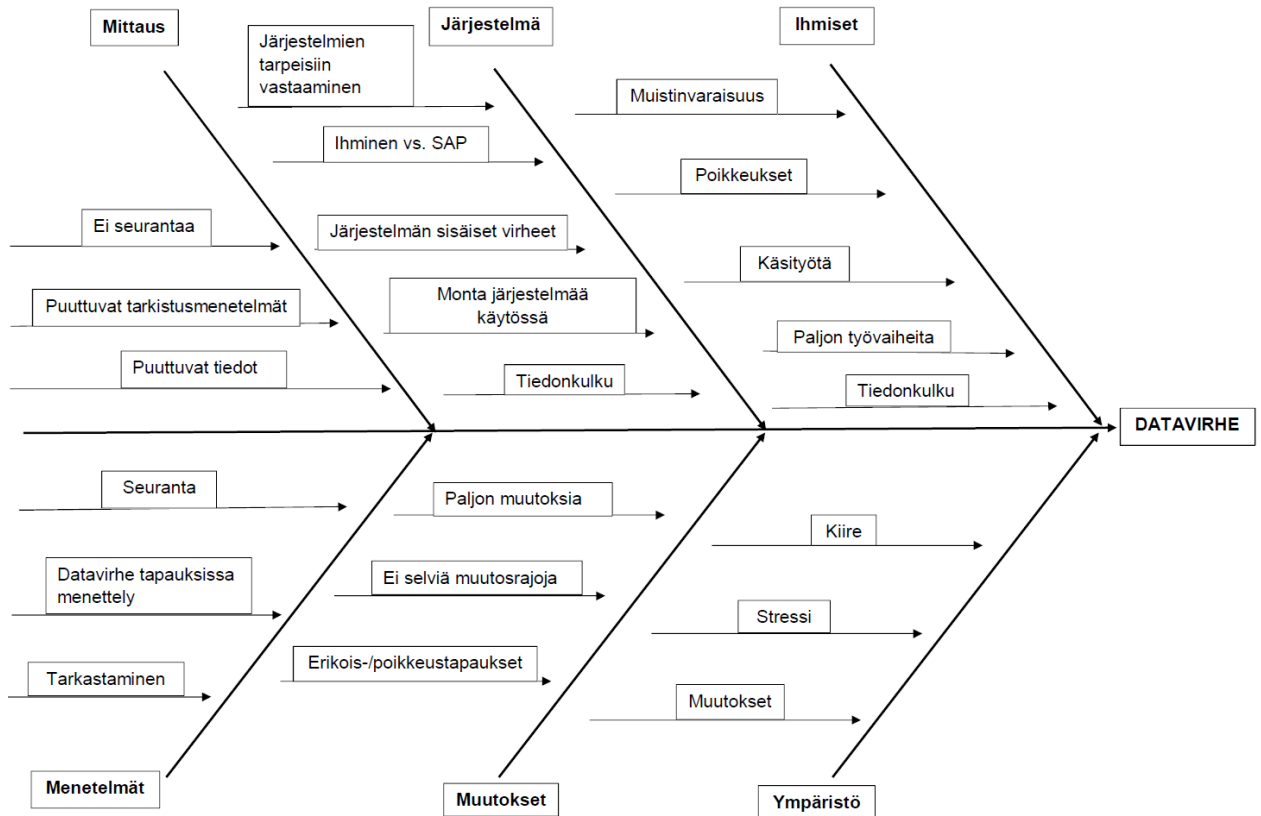
Järjestelmät aiheuttavat taas sen, että useat työvaiheet ovat käsin tehtäviä ja usein myös muistinvaraisia, koska järjestelmät eivät aina toimi halutulla tai tarvitulla tavalla. Kun käytössä on useampi järjestelmä ja tietoja siirrellään näiden välillä, aiheutuu niiden siirroissa datavirheitä tai datahäviöitä. Tämä tilausten siirtely on myös käsin tehtävää ja tarkastukset, jotta kaikki vaiheet menevät oikein ja kaikki muutokset on tehty, tapahtuu myös käsityönä. Tarkastus saattaa monesti unohtua tai tarkastusta ei ehditä tehdä ennen kuin MRP päivittyy, jolloin järjestelmään ilmestyy datavirheitä, jotka näkyvät kaikille järjestelmän käyttäjille. Yleensä nämä virheet huomataan ostossa, ennenkö ne huomataan muualla tai ehditään korjaamaan.

Ihmisistä aiheutuvista virheistä suurimmat ovat inhimilliset virheet. Työtä tehdään paljon käsin ja muistivarassa ja tästä aiheutuu aina varmasti virheitä. Työntekijät saattavat vaihtua ja ns. hiljainen tieto ei aina siirry, eikä ketään voida velvoittaa muistamaan ulkoa kaikkea. Monet poikkeustapaukset tuovat omat lisänsä ihmisistä aiheutuviin datavirheisiin. Jokainen poikkeustapaus tilaus-toimitusprosessissa tuo lisää käsin tehtävää työtä ja monessa tapauksessa vakiintunutta toimintatapaa ei ole olemassa. Tiedonkulkua voi olla myös yksi virheen aiheuttaja. Se, että hiljainen tieto ei liiku, tarkoittaa, että tuotannon toimivuuden kannalta oleellinen tieto ei liiku tuotannossa. On olemassa monia eri osastoja, joiden yhteistyö on elintärkeää tuotannon toimivuuden kannalta, joten tiedonkulkua ja osastojen välistä vuorovaikutusta kannattaisi myös kehittää.

Muutokset tuotannossa, tuotantosuunnitelmassa tai asiakkaiden tilauksissa aiheuttavat datavirheitä, koska muutoksia tuotannossa tapahtuu paljon. Tuotteita päivitetään, suunnitellaan uudelleen ja uusia osia vaihdetaan kokonaisuuksiin. Näille muutoksille on vaikea määrittää selviä muutosrajoja, ja näiden päätettyjen rajojen pitäminen on vaikeaa, sillä näihin muutoksiin osallistuu monia eri tahoja. Muutosten tekemiseen vaikuttavat monet eri tekijät, kuten uusien osien saatavuus, tuotannon aikataulu ja kapasiteetti.

Kaikki erilaiset erikois- ja poikkeustapaukset lisäävät tätä muutosten aiheuttamaan virhettä. Myös kaikkiin muutoksiin ei pystytä reagoimaan halutulla nopeudella. Esimerkiksi tuotanto reagoi hitaasti kaikenlaisiin muutoksiin ja niiden tulisi olla hyvin etukäteen suunniteltu ja ilmoitettu. Muutoksien toteuttamiselle tulisi antaa myös tarpeeksi väljä aikataulu. Tällä hetkellä muutosaikataulut ovat liian tiukkoja, jotta tuotanto pystyisi suoriutumaan niistä ja tämän takia syntyy myös paljon datavirheitä järjestelmiin, jolloin myös tuotanto vaikeutuu.

Menetelmät ja mittaus ovat yksiä pääsyitä datavirheiden synnyssä. Mittauksen alla suurimmat datavirheiden syyt löytyvät seurannan puutteesta ja puuttuvista tiedoista. Varsinaista seuranta- tai tarkistusmenetelmiä ei tällä hetkellä ole olemassa, vaan datavirheet korjataan sitä mukaa, kun niitä havaitaan. Mitään ennakoivia toimia ei ole käytössä. Menetelmien alta löytyy taas seurannan ja datavirhemenetelyiden puute. Tilaus-toimitusprosessiin tarvittaisiin jokin tapa, millä voitaisiin kaikkia järjestelmiä tarkastaa, jotta datavirheitä voitaisiin ennakoita ja korjata, ennenkö ne vaikuttavat tuotantoon.



*Kuva 27. Kalanruotokaavio: datavirheet*

## 8.5 Yhteenveto juurisyyanalyseistä

Liitteessä M esitettyssä juurisyyanalyysi-kaaviossa on tehty yhteenveto edellisistä luvuista. Tässä luvussa esitellään yhteenveto tästä analyysistä.

Kuten luvuissa aikaisemmin on mainittu, suuri osa tehtävästä työstä on muistinvaraista ja käsin tehtävää, joten datavirheitä on mahdollista syntyä monessa kohtaa. Lisäksi käsin tehtävien töiden tarkistamisen ollessa myös käsin tehtävää, voi siellä edelleen helposti jäädä jotain huomaamatta. Virheet myös huomataan yleensä ostossa, eikä datavirheiden tämän hetkinen käsittelytapa ole toimiva, eikä ennaltaehkäiseviä toimia datavirheiden torjuntaan ole. Datavirheiden juurisyyt tulisi aina selvittää, jotta jatkuvasti saataisiin ajan-kohtaista tietoa siitä, miksi ja missä datavirheitä syntyy ja kuinka niiden syntymistä voitaisiin estää.

Suuri ongelma on myös se, että käytössä on useampia järjestelmiä, joista Notes Pipeline ja SAP eivät keskustele keskenään. Tilausten siirtely näiden kahden välillä aiheuttaa sen, että tieto muuttuu ja tämä tulee aina muistaa käsin tarkistaa, jotta varmistetaan tiedon oikeellisuus molemmissa järjestelmissä. Olemassa ei myöskään ole järjestelmää, jolla pystyttäisiin hoitamaan kaikki erikoistapaukset, joten ne joudutaan aina tekemään käsin.

Järjestelmät itsessään saattavat myös sisältää vikoja, joista datavirheitä aiheutuu ja näiden alkuperää ja syytä ei yleensä saada selville.

Muutosauamat ja niiden määrittäminen aiheuttavat vaikeuksia kaikissa vaiheissa tuotantoa ja niistä aiheutuu myös datavirheitä. Näiden muutossaumojen määrä vuodessa on liian suuri ja niiden määrittäminen tällä hetkellä ei ole toimiva. Muutossaumoihin liittyy myös näiden niiden käsittelyyn varattu aika, muutossaumojen suunnitteluun ja toteutukseen liittyvien henkilöiden halukkuus ja osaamisen puute. Myös selvät työnjaot puuttuvat ja siten aiheuttavat vaikeuksia. Tuotanto myös reagoi hitaasti muutoksiin ja yleensä muutosaikataulut ovat liian tiukkoja, jotta tuotannolla olisi aikaa reagoida siihen. Näin jo sovittuja aikatauluja joudutaan uudelleen ajoittamaan, jotta kaikki muutokset ehditään toteuttamaan tuotannossa.

Muutosaikatauluihin ja yrityksen yleiseen ilmapiiriin liittyvä kiire on yksi ongelmien lähteistä. Tämä kiire ja sen aiheuttamat lieveilmiöt kuten ajanpuute, stressi ja huolimattomuus aiheuttavat kaikki omalta osaltaan datavirheitä. Kaikkein tärkeimpänä korostetaan tarkkuutta ja huolellisuutta, mutta inhimillisten virheiden kitkeminen kokonaan pois ei ole mahdollista.

Tapauksessa 1, jossa BEN puuttuu, tämän puuttuvan tiedon vaikutukset näkyvät erityisesti siinä, että ostossa ei tiedetä mitä osia tulisi ostaa. Kun ei tiedetä, mitä pitäisi ostaa, lisätyötä syntyy tämän tiedon selvittämisestä, ennen kuin osto suoritetaan. Tällä viivästyksellä, mikä selvityksestä aiheutuu, voi olla vaikutuksia muun muassa osien saatavuuteen.

Tapauksessa 2 eli väärä BEN väärän tiedon vaikutukset näkyvät muun muassa siinä, että ostossa ostetaan vääränlaisia tavaroita, jolloin tuotantoon myös toimitetaan väriä osia. Väärästä tiedosta aiheutuu työtä niin ostossa, tuotannonsuunnittelussa kuin tilauskonttorissakin, kun aluksi selvitetään oikea BEN, jonka jälkeen tehdään muutokset järjestelmään ja vasta sen jälkeen voidaan tilata tarvittavat osat. Väärällä BEN ostettuja osia ei välttämättä enää edes käytetä tuotannossa ja silloin ne jäävät käyttämättä varastoon. Uudella oikealla BEN ostetut osat saattavat myöhästyä tuotannosta ja vaikuttaa tuotannon etenemiseen ja toimitusaikoihin, varsinkin, jos virhe huomataan liian myöhään.

Datavirhetapauksessa 3, eli ylimääräinen tarve järjestelmässä, aiheuttaa ensinnäkin ylimääräistä työtä ostossa ja tuotannonsuunnittelussa, kun selvitetään tilauskonttorista ja saatavuudensuunnittelusta, onko tarve todellinen vai virhe järjestelmässä. Ylimääräinen tarve järjestelmässä pyytää ostamaan osia, jolloin on mahdollista, että ostetaan väriä ja ylimääräisiä osia tuotantoa varten, joita ei todellisuudessa tarvita. Tämä aiheuttaa varastoarvojen kasvua sekä turhia menoja. Voi olla, että ylimääräinen tarve pyytää ostamaan osia, joita ei enää käytetä tai tarvita, jolloin ostetut osat jäävät kokonaan käyttämättä ja menevät käyttämättöminä hukkaan.



Järjestelmästä puuttuvat tarpeet ovat yksi harvinaisemmin esiintyvä datavirhetapaus, mutta aiheuttaa suuria ongelmia prosessissa. Puuttuvat koneet eivät näy tuotannosuunnittelussa, joten niitä ei voida ajoittaa tuotannosuunnitelmaan. Puuttuvat koneet eivät myöskään nosta osia ostettavaksi ostoon, jolloin jotain saattaa jäädä pois tai myöhästyä. Tämän tapaiset virheet ovat vaikeasti havaittavissa, sillä kukaan ei päivittäin tarkista ohjelmien ja järjestelmien datan oikeellisuutta.

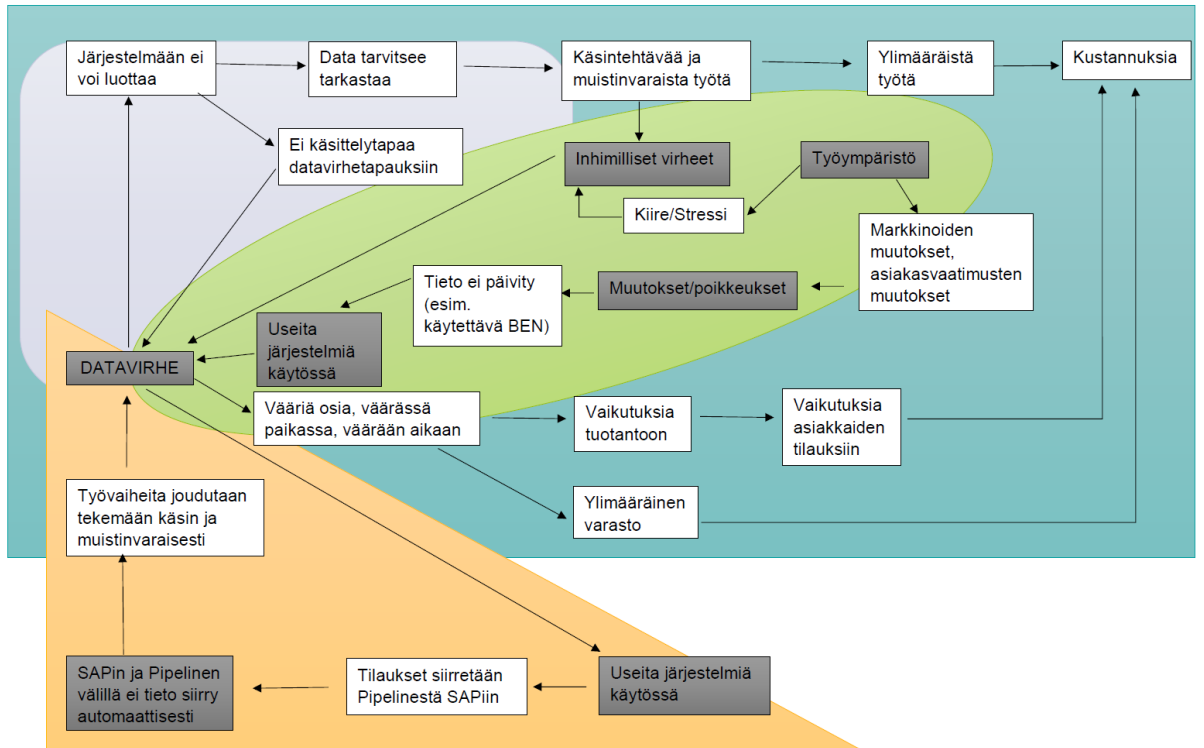
Puuttuvan ja väärän tiedon vaikutukset datavirhetapauksissa ovat moninaiset. Kaikkein suurimmat vaikutukset ovat ylimääräiseen työhön, mitä datavirheiden löytämisestä ja korjaamisesta aiheutuu. Datavirheiden takia voidaan ostaa väärää ja virheellisiä osia, jolloin varastoarvot kasvavat ja väärät osat saattavat jäädä käyttämättä. Myös korvaavien eli uusien, oikeiden osien hankinta saattaa viivästyä, jolloin ne saattavat myöhästyä tuotannon tarpeilta ja tuotanto saattaa viivästyä. Datavirheistä järjestelmästä saattaa aiheutua myös, että osat tulevat väärään paikkaan ja väärään aikaan, joka aiheuttaa taas ylimääräistä työtä. Väärään aikaa, ennakkoon tulevat osat aiheuttavat sen, että ne vievät ylimääräistä varastotilaa tai aiheuttavat vaaranpaikkoja tuotannossa viedessään tilaa siellä. Datavirheistä aiheutuu myös ylimääräisiä kustannuksia, joita ovat muun muassa korkeat varastoarvot, ylimääräinen työ, erikoisjärjestelyt tuotannossa ja myöhästymäsakot asiakkaalle.

## 8.6 Syy-seurauskaavio datavirheistä

Tässä luvussa esitelty syy-seurauskaavio datavirheistä ja siitä selviää pahimmat noidan kehät, josta tutkimuksen kohteena olevat datavirheet aiheutuvat. Alla olevassa kuvassa 28 on esitelty nämä noidan kehät. Noidankehät on eroteltu eri väreihin.

Pahimpia datavirheiden aiheuttajia ovat inhimilliset virheet, joita syntyy, kun asioita, kuten muutoksia tilauksiin, joudutaan tekemään käsin järjestelmiin. Lisäksi useat näistä muutoksista tehdään muistinvarassa koska data ei päivity SAP ja Pipelinen välillä automaattisesti. Lisäksi, koska käytössä on useampi järjestelmä ei tieto liiku sujuvasti ja siihen saattaa siirrettäessä syntyä virheitä tai tietoa saattaa jäädä puuttumaan.

Muutokset ja poikkeukset aiheuttavat myös datavirheitä, kun tietoja muutetaan ja muutokset eivät välity järjestelmien välillä ja syy-seurauskaaviossa päästään taas siihen, että käytössä on useampi järjestelmä, joiden välillä tieto ei liiku automaattisesti, eli kaikki muutokset tulee muistaa päivittää molempiin. Lisäksi järjestelmän datavirheiden käsitteilyyn ei ole olemassa tällä hetkellä käsittelytapaa, joten olemassa ei ole mitään, millä havaitaan tai analysoidaan virheitä järjestelmissä. Tällä hetkellä kukaan ei tarkista olemassa olevaa dataa eikä sitä, onko molempien järjestelmien tieto paikkansa pitävää tai ajantasaista.



**Kuva 28.** Syy-seurauskaavio datavirheistä

Kun kahden käytössä olevan järjestelmän välissä tieto ei liiku automaattisesti, vaan se joudutaan korjaamaan käsin ja muistinvaraisesti aiheutuu, että tuotannosta saattaa puuttua osia, ne saattavat tulla väärään aikaan tai väärään paikkaan. Myöskin lisääntynyt työ, kun datavirheitä havaitaan ja korjataan aiheuttaa vaivaa ja kustannuksia. Kun datavirheiden takia ei saada tilattua oikeita tavaroita oikeaan aikaan vaikuttaa se itse tuotantoon ja sen aikatauluun.

Näiden syy-seurauskaaviossa esitettyjen noidankehien merkitys tuotannon virtaukselle on huomattavaa, kun järjestelmissä olevaan tietoon ei voida luottaa, joudutaan se kyseenalaistamaan jokaisessa kohtaa ja tämä ylimääräinen tarkastaminen aiheuttaa ylimääräistä työtä ja on suoraan suhteessa kustannuksiin. Lisäksi virheellisellä ja puutteellisella tiedolla on vaikutuksia itse tuotantoon ja siten mahdollisesti asiakkaiden tilauksiin, joilla taas on vaikutus kustannusten lisäksi yrityksen toimitusvarmuuteen ja imagoon.

## 9. TULOKSET

Tässä luvussa validoidaan tuotannon teoria ja pohditaan tulosten uutuusarvoa ja luotettavuutta sekä tulosten yleistettävyyttä. Tässä luvussa esitellään myös muita vastaavia tutkimuksia.

### 9.1 Työn hypoteesin toteutuminen ja teorian validointi

Kuten kaikista datavirhetapauksista huomataan, virheellinen tieto on syntynyt tuotantoprosessissa ennen ostoa. Tarvittava tieto virtaa tuotekehityksestä/suunnittelusta tilauskonttorin ja tuotannosuunnittelun kautta ostoon ja sieltä tuotantoon asti. Kuten edellä esitetyissä datavirhetapauksissa ja niiden juurisyyanalyyseistä huomataan, virheellinen tieto ostossa johtuu puutteellisesta ja virheellisestä tiedosta aikaisemmassa vaiheessa tietovirtaa. Juurisyyanalyyseissä esitettyjen syiden takia tietovirta ei pääse yrityksessä virtaamaan esteettä ja aiheuttaa siksi hukkaa tuotannossa. Tietovirran esteettömän kulun ja oikean tiedon merkitys tuotannossa pystytään näkemään selvästi datavirhetapauksissa. Näiden datavirheiden aiheuttajien vaikutukset tuotantoon ovat suuret, sillä ne aiheuttavat ongelmia jokaisessa vaiheessa tuotantoa, eikä järjestelmissä olevaan dataan voida luottaa, eikä se virtaa tuotannossa ongelmitta.

Näiden juurisyyanalyysitapausten pohjalta voimme todeta, että tiedon oikeellisuus tuotannon jokaisessa kohdassa on välttämätöntä tuotannon toimivuuden kannalta ja tietovirta on selvästi nähtävissä tilaus-toimitusprosessissa. Tuotannon tavoitetilana on, että tuotekehityksestä lähtien tieto on oikeaa ja paikkansapitävää ja pysyy oikeana koko tuotantoprosessin ajan. Näin ei tapahdu tällä hetkellä datavirheiden takia. Lisäksi työssä esitelty tuotannon teoria täyttää sille osoitetut ominaisuudet ja vaatimukset, joten työssä esitettyä hypoteesia voidaan pitää paikkansa pitävänä. Tämän perusteella työssä esitetyn tuotannon teorian voidaan ajatella pitävän paikkansa, ja näin esitetty teoria validoituu.

### 9.2 Tulosten uutuusarvo ja luotettavuus

Tutkimuksen tärkeimpänä saavutuksena on, että esitetylle tuotannon teorialle saatiin validointi. Validointi tehtiin yhden yrityksen tapaustutkimuksen kautta, ja teorian paikkansapitävyyttä voidaan testata muissakin tapauksissa samaan tapaan. Yritykselle tulosten merkitys on suurin. Työn tulosten avulla saatiin selville suurimmat datavirheiden aiheuttajien juurisyyt ja nyt niihin voidaan puuttua. Toimenpide-ehdotuksissa esitettyllä automaattitarkastuksella pystytään jatkossa havaitsemaan järjestelmien datavirheet ennen kuin niillä on vaikutuksia tuotantoon. Lisäksi ehdotetuilla datavirheiden käsittelymenetelmillä voidaan jatkossa tehdä samaa juurisyyiden selvittämistyötä ja siten jatkuvasti kehittää toimintaa.

Yleisesti työn tulosten luotettavuudesta voidaan sanoa, että ne perustuvat työssä mukana olleiden työntekijöiden tietotaitoon, yrityksestä kerättyyn informaatioon ja itse tutkimuksen toteuttajan omaan tutkimusmateriaalien tulkintaan. Informaation ja datan keräys ja juurisyyanalyysien laatiminen tutkimusta varten toteutettiin yhteistyössä eri osastojen työntekijöiden kanssa sekä tutkijan omien havaintojen sekä aiheeseen liittyvän kirjallisuuden avulla. Tulokset on pyritty perustelemaan työssä selkeästi, mikä lisää niiden luotettavuutta.

Tutkimuksen luotettavuutta pohtiessa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että kaikkia mahdollisia vaikuttavia tekijöitä ei voida tai pystytä ottamaan huomioon ja usein monet tekijät esiintyvät vasta työn toteutusvaiheessa. Uusien tuloksien löytyminen ei kuitenkaan vaikuta itse tutkimuksen tulokseen vaan täydentävät sitä.

Tämän työn tuloksia voidaan soveltaa myös muualla. Työssä esitetty teoria on mukautuva ja siksi sitä voidaan käyttää erilaisissa valmistavissa tuotannoissa. Teoria tuotannosta ei aseta kovia rajoitteita tuotannon ominaisuuksille ja siksi sitä voidaankin soveltaa monenlaisiin tapauksiin.

Aiheesta löytyy myös muita tutkimuksia. Muun muassa Bertelsen et al. 2006 *Critical flow – towards a construction flow theory*, jossa käsitellään virtausnäkökulmaa. Tutkimuksessa käydään lyhyesti läpi eri virtausmalleja ja niiden hallintamenetelmiä. Modig and Åhlström (2013) tutkimuksessa taas esitellään ajatus virtaustehokkuudesta. Virtaustehokkuuden parantamisen lisäksi työssä esitellään, kuinka asiakasarvoa voidaan lisätä myös nopeuttamalla prosessin nopeutta ja lyhentämällä läpimenoaikaa. Näitä aiheita käsitellään myös tässä tutkimuksessa.

## 10. TOIMENPIDE–EHDOTUKSET

Tässä luvussa esitellään tämän työn tutkimuksen pohjalta laaditut toimenpide–ehdotukset. Näillä toimenpide–ehdotuksilla pyritään vähentämään datavirheitä jatkossa ja annetaan useampiakin ehdotuksia toimintavavoista, jotta datavirheiden käsittely jatkossa sujuisi paremmin. Käytännön toimenpiteet pannaan toimeen tämän työn ulkopuolella.

Kuten edellä on mainittu, tällä hetkellä yrityksessä ei ole olemassa toimivaa toimintatapaa datavirheiden käsittelyyn. Tällä hetkellä datavirheet kerätään ostossa ylös ja niistä ilmoitetaan, mutta datavirheet tulisi käsitellä niin, että niiden juurisyitä saadaan selville. Virheiden voidaan olettaa syntyvän useimmiten samasta syystä, mutta taustalla saattaakin piillä useita syitä, mutta niitä ei voida korjata, eikä asioita muuttaa, jos näitä syitä ei saada ensin selville. Joten onkin tärkeää, että yritykseen kehitetään uusi datavirheiden käsittelymenetelmä ja toimintatapoja datavirhetilanteissa. Lisäksi juurisyyanalyysyjä tulisi tehdä eri osastoilla ja osastot sekä yksin, että yhdessä. Näin saadaan parempi käsitys siitä, mistä virheet johtuvat. Lisäksi voidaan helpommin yhdessä ideoida ehdotuksia niistä toimista, joilla ongelmat saadaan korjattua. Alla olevassa kuvassa on esitettyä ehdotus uudesta datavirheiden keräyslistasta oston.

Päivämäärä	Kone	Datavirhe	Syy	Korjaus (miten/kuka)	Korjattu (päivämäärä)
19.12.2018	LT130	Väärä BEN	BEN vaihtunut tilausta käännettäessä ja unohdettu vaihtaa käsin oikeaan	Tuotannosuunnittelu vaihta oikean BEN	19.12.2018

**Kuva 29.** Uusi datavirheiden keräyslista (ehdotelma)

Datavirheiden käsittelyyn liittyen tulisi yrityksessä myös parantaa tiedonkulkua ja eri osastojen ja tahojen välistä kommunikaatiota. Tämän kommunikaation ja tiedonkulun puutteen korjaamisen ensimmäinen vaihe on ongelman tunnistaminen ja sen hyväksyminen. Tähän toimenpiteeseen tarvitsee saada kaikki mukaan, sillä tämän ongelman korjaaminen ei tapahdu hetkessä ja siihen vaaditaan kaikkien panos.

Hiljaisen tiedon välittyminen yrityksen sisässä, ja siten myös uusille työntekijöille, tulisi taata. Kaikki erikoistapaukset kannattaisi kirjata ylös yksityiskohtaisesti ja merkata myös sitä koskevat toimet. Nämä dokumentit tulisi olla kaikkien saatavilla ja nähtävillä, jotta seuraavalla kerralla, vastaavassa tilanteessa, löytyisi tietoa. Lisäksi työntekijöiden vaihtuvuuden takia olisi hyvä, että kaikki hiljainen tieto saataisiin dokumentoitua. Tällaisille dokumenteille voidaan luoda jokaisella osastolla valmispohja, joka on helppo täyttää ja näitä voitaisiin säilyttää esimerkiksi Sharepointissa, jolloin ne ovat kaikkien asianosaisten saatavilla.

Mahdollinen toimenpide datavirheiden havainnointiin olisi tarkistaa järjestelmien väliset virheet. Pipelinen ja SAP väliset erot voitaisiin käsin tarkastaa. Tämä voisi olla osana

jonkun työtehtävää. Koko ohjelman tarkastus on työlästä, mutta erityisesti lähiviikkojen tuotanto-ohjelman tarkistaminen ja laittaminen ajan tasalle olisi tärkeää.

Selvä, ja siten parempi, käytännön toimenpide datavirheiden vähentämiseksi on automaattitarkistus SAP-järjestelmän ja Notes Pipelinen välillä. Näiden kahden välille ohjelmoitu automaattitarkistusohjelma tarkistaa tietyt koneet tietyltä aikaväliltä ja ilmoittaa eroavaisuudet BEN-numeroiden välillä. Automaattitarkastuksesta huomataan, onko molemmissa järjestelmissä sama BEN, puuttuuko SAP-järjestelmästä BEN-numero tilaukselta vai onko tuotanto-ohjelman järjestys sama. Järjestelmä siis ilmoittaa, jos SAPissa on syntynyt jokin ylimääräinen tarve, joka ei sinne kuulu. Automaattitarkistuksen tulokset lähetetään päivittäin sähköpostilla kaikille, joita asia koskettaa ja joiden vastuulla virheiden korjaaminen järjestelmässä on.

Automaattitarkistus tarkistaa jokaisen konetyypin samalla tavalla: tarkistusohjelma ottaa Pipelimestä konetyypin ohjelmaraportin. Tästä raportista rajataan pois kaikki projektikoneet ja kaikki koneet, joissa merkintä ”related to”. Tämän raportin ensimmäistä konetta verrataan sen BEN-numeroa saman konetyypin ensimmäiseen koneen BEN-numeroon SAPista ajettuun raporttiin. Tämän jälkeen se vertaa Pipeline-raportin toista konetta, SAP-järjestelmästä saadun raportin toiseen koneeseen ja niin edelleen n: teen koneeseen asti. Eroavaisuuden havaitessaan tarkistusohjelma antaa virheilmoituksen yhdessä Pipelinessä olevan tilauksen numeron, päivämäärän tai muun tiedon, jolla kone tai suunniteltu kone pystytään identifioimaan. Tällä tavalla tarkistetaan kaikki konetyypit automaattisesti päivittäin ja virheraportista ovat eroavaisuudet ja ylimääräiset tarpeet nähtävissä.

Muutossaumoista aiheutuviin muutoksiin ja niistä aiheutuviin datavirheisiin ollaan parhaillaan etsimässä ratkaisua. Tällä hetkellä muutosamat ja niiden määrittäminen aiheuttavat vaikeuksia tuotannon eri vaiheissa. Näiden muutossaumojen määrää tulisi rajoittaa ja niiden toteutustapaa tulisi muuttaa, jotta tuotannon eri vaiheet ja osat olisivat mukana päätöksenteossa jo ennakoivasti. Näin tuotannolla on enemmän aikaa reagoida muutoksiin. Työnjaot tulee selvittää myös uudelleen, jotta muutossaumoista saataisiin jatkossa sujuvampia. Tästä aiheesta on yrityksessä käynnissä jo kehitystyöryhmä ja tämän asian analysointia jatketaan.

Tärkeimpiä toimenpiteitä ovat datavirheiden tiedostaminen. Työ on käsityötä ja huolellisuutta vaaditaan. Tietoisuuden ja huolellisuuden lisääminen ovat tämän hetken tärkeimmät toimenpiteet, joihin kaikki yrityksessä voivat vaikuttaa. Kaikki virheet tulee paremmin dokumentoida ja niitä tulee tarkkailla ennakoivasti ja puuttua ennenkö ne vaikuttavat tuotantoon.

Jatkossa tulee jatkaa datavirheiden tarkkailua ja pohtia mahdollista ohjelmistovaihdosta. Tällä hetkellä on olemassa kolme järjestelmää, jotka eivät keskustele keskenään. Nämä voitaisiin korvata yhdellä järjestelmällä, joka pitäisi sisällään kaiken tiedon, mitä tämän tyyppisessä tuotannossa tarvitaan.

Alla kuvassa 30 on esitelty toimenpide-ehdotukset ja niiden suunniteltu toteutusaikataulu. Kaikkein tärkeintä on jatkuvan parantamisen periaate, eli kaikki toimenpide-ehdotukset integroidaan kaikkien käyttöön jokapäiväiseen työhön. Lisäksi automaattitarkastuksen kehittäminen järjestelmien välille, mitä aletaan toteuttamaan käytännössä heti tämän työn jälkeen.

<b>Toimenpide-ehdotukset</b>	<b>Toteutuksen aikaväli: 0-2kk</b>	<b>Toteutuksen aikaväli: 2-6kk</b>	<b>Toteutuksen aikaväli: 6kk-</b>
Datavirheiden käsittelyn toimintatapojen luominen	x	x	x
Tiedonkulun parantaminen	x	x	x
Automaattitarkastuksen kehittäminen järjestelmien välille	x		
Hiljaisen tiedon dokumentointi ja jakaminen	x	x	x
Muutossaumojen määrittämisen uudistaminen	x		
Uusi järjestelmä			x

*Kuva 30. Toimenpide-ehdotukset ja niiden toteutusaikataulut*

Tärkeintä on ylläpitää jatkuvan parantamisen periaatetta kuten kuvasta 30 nähdään. Datavirheitä tulee jatkossakin selvittää ja analysoida yhteistyössä kaikkien tuotannon sidosryhmien kanssa ja uusien ratkaisujen ideointi ja toteutus tulisi olla jatkossakin osa jokapäiväistä työskentelyä ja jatkuvan parantamisen ja kehittämisen ilmapiiri osa koko organisaation prosessia.

## 11. YHTEENVETO

Tuotannon teorialla tarkoitetaan tieteellistä todistusta siitä, mitä suurin osa yrityksistä harjoittaa jokapäiväisessä toiminnassaan. Tuotannon teorialle on asetettu tavoitteita, jotka sen tulisi täyttää. Teorian tulee siis näyttää toteen se mitä jo tiedämme tuotannosta. Teorian tulisi vastata ainakin kysymyksiin *mitä, kuinka, miksi, kuka, missä ja milloin*. Teorian tulee ottaa kantaa siihen, mitkä muuttujat ovat tarkkailussa mukana ja miksi, sekä selittää tutkittavaa kohdetta. Teoria ei saa olla liian sitova, vaan sen pitää olla muuteltavissa ja eri tilanteisiin mukautuva. Teoria antaa vain suuntaviivat siitä, miten asiat tulisi tehdä.

Ensimmäisenä esitetty malli, eli Walrasian–tuotantomalli, kuvaa tuotannontekijöiden tuotantoprosessia lopputuotteeksi. Tässä mallissa käytetään virta-ajattelua, jossa materiaali, tieto, kontrolli virtaavat koko tuotannon läpi. Tuotanto jaetaan pienempiin osiin, joiden välillä virrat liikkuvat. Näistä jokaisen virran kulku tuotannossa esteettä tulisi taata. Materiaali ja tietovirran häiriöistä aiheutuu haittaa tuotannolle, esimerkiksi viivästyksiä toimituksiin. Walrasianin mallin havainnollistamiseen käytetään P- ja R-käyriä. P-käyrällä esitetään tarve, mikä resursseille on tuotannossa ja R-käyrällä havainnollistetaan näiden resurssien virtaa tuotannossa.

Factory physics–tuotantomallissa taas valmistus voidaan ajatella eräänlaisena operaati-onäkymänä. Tämä malli keskittyy materiaalin virtaamiseen tuotannon läpi. Valmistusjärjestelmä koostuu erilaisista verkostoista ja kaikki yksiköt virtaavat näiden läpi. Jotta virtausten (kuten materiaali ja tieto) esteetön kulku tuotannonläpi saadaan taattua, noudatetaan tuotannossa valmistuslakeja. Nämä lait auttavat tunnistamaan isoimmat hukan lähteet ja vaihtelevuudet ja antavat parannusehdotuksia.

Tuotteen toteutumisen mallissa keskeisenä ajatuksena on saavuttaa menetelmä tuotannolle, jossa kaikki sen toiminnot perustuisivat ennustamiseen, markkinoiden mittareihin ja kokonaislaatuun. Kaiken tämän saavuttamiseksi tässä tuotantomallissa käytetään muun muassa Taguchin lauteoriaa. Tämän tuotantomallin yksi merkittävä johtopäätös on, että yritystä voidaan hallinnoida hallitseamalla sen kokonaislaatua. Tässäkin mallissa korostetaan tuotannon jakamista pienempiin osiin, joka helpottaa sen hallittavuutta ja kehittämistä.

Tuotannon muutosprosessinäkökulmassa tuotanto ajatellaan tehtäviksi, jotka suoritetaan panos–tuotosjärjestelmänä. Tässä mallissa resurssit, eli panokset, muuttuvat muutosprosessissa valmiiksi tuotteiksi. Itse tuotantoprosessia ei käsitellä tässä mallissa, vaan sen panoksilla, tuotoksilla ja tuotannonhallinnalla tarkoitetaan juurikin tuon muutosprosessin hallintaa. Monet prosessit ovat kuitenkin monimutkaisia ja siksi ne usein jaetaan osaprosesseihin sen helpomman hallittavuuden vuoksi. Tässä ajatusmallissa halutaan minimoida prosessin kustannukset minimoimalla jokaisen osaprosessin kustannukset.



Virtausnäkökulmassa taas prosessilla viitataan tuotteiden virtaukseen työntekijältä toiselle tuotannossa. Prosessi on ne vaiheet tuotannossa, missä raaka-aineet muuttuvat valmiiksi tuotteeksi. Tässä mallissa on tärkeintä keskittyä varsinaiseen tuotteeseen, joka virtaa prosessien läpi. Virtauksen esteetön kulku on taattava, siksi kaikkien koneiden ja työntekijöiden tulee olla kunnossa. Virtausnäkökulmassa peruslähtökohtana on hukkiin poistaminen. Sillä edistetään sellaisia periaatteita kuten läpimenoajan (lead time) ja vaihtelun pienentämistä. Näihin apuna käytetään JIT-tuotantoa ja hukkan poistoa.

Arvoa generoivassa näkökulmassa tuotantoon tavoitteena on asiakastarpeiden täyttäminen. Itse muutos raaka-aineista tuotteeksi ei ole arvokas, vaan se, että tuotannon tuotos täyttää asiakkaiden tuotteelle asettamat asiakasvaatimukset: kuinka tuotannossa tuotetaan arvoa asiakkaalle. Arvoja generoivassa tuotantonaikakulmassa keskitytään ohjaamaan tuotannon muutosta ja virtausta asiakkaan asettaman arvon näkökulmasta. Jotta asiakastarpeet saadaan täytettyä, on pyrittävä tuottamaan mahdollisimman yhdenmukaisia tuotteita, joilla tyydytetään asiakkaiden tarpeet ja vaatimukset. Tässä apuna voi käyttää Demingin esittelemää 14 periaatetta.

Teorioiden yhteenvetona voidaan sanoa, että tuotannon teoriassa tärkeänä pidetään virtaajattelua. Tiedon, materiaalin, työn ja kontrollin ajatellaan virtaavan koko tuotannon läpi. Tuotannonhallinta on näiden virtojen hallintaa ja ohjausta. Tuotanto jaetaan pienempiin osiin ja virrat kulkevat näiden osien välillä ja virtojen esteetön kulku tulee taata. Tiedon tulisi olla oikeaa jokaisessa kohtaa tuotantoa tai muuten se häiriintyy. Sama koskee materiaalin virtausta tuotannossa. Oikeat tavarat tulee saada oikeaan paikkaan, oikeaan aikaan, jottei tuotanto häiriinny. Tuotannon voidaan ajatella olevan eräänlainen panos-tuotosjärjestelmänä, jossa tuotanto nähdään muutosprosessinhallintana. Prosessilla viitataan tuotteiden virtaukseen työntekijältä tai työpisteeltä toiselle, eli ne vaiheet tuotannossa, joissa raaka-aine muuttuu valmiiksi tuotteeksi. Tärkeintä on keksittyä prosessien läpi virtaavaan tuotteeseen ja virtauksen esteetön kulku on taattava tuotannossa. Tärkeimpiä periaatteita, joilla virtauksen esteetön kulku taataan, ovat muun muassa hukkan poisto tuotannosta, läpimenoajan pienentäminen, joustavuuden lisääminen tuotannossa ja JIT. Panos-tuotosjärjestelmässä puhutaan tuotteiden virtauksesta, mutta yhtä tärkeänä on pidettävä myös tiedon virtausta materiaalin mukana. Tuotannon tärkeänä tavoitteena on asiakastarpeiden täyttäminen ja siihen pyritään kaikilla edellä mainituilla keinoilla.

Virtaajattelu on vahvasti esillä tuotannon teoriassa. Jotta kaikki edellä mainittu pystytäisiin tuotannossa toteuttamaan, on tärkeää, että tuotannossa liikkuva tieto on oikeaa eli tietovirran ennen kaikkea tulee olla kunnossa, sillä se vaikuttaa muihin virtoihin ja siten kaikkiin toimintoihin tuotannossa.

Työssä käsiteltävänä olevassa yrityksessä nykytilanne on, että tuotannossa saatavilla oleva tieto ei ole ajan tasalla tai se on virheellistä. Tietoja saattaa myös puuttua. Näistä aiheutuu paljon vaivaa ja ongelmia prosessissa. Pääsyyt näille järjestelmään syntyville datavirheille ovat muutokset, järjestelmien ongelmat, ympäristö ja ihmiset. Muutoksissa

ongelmana on muutostahti, jossa ei kaikki tilaus-toimitusketjun osat pysy mukana. Lisäksi käytössä olevat järjestelmät aiheuttavat paljon virhettä, sillä käytössä on monia eri järjestelmiä, joiden välillä tieto ei liiku automaattisesti. Monet työvaiheet ovat myös muistinvaraisia ja käsin tehtäviä, johtuen osin käytössä olevista järjestelmistä ja siksi datavirheitä syntyy.

Yrityksen tilaus-toimitusketjussa käytössä olevat tiedot syntyvät tuotekehittelyssä/suunnittelussa ja sieltä se virtaa koko tuotannon saatavuudensuunnittelusta, tilauskonttoriin ja tuotannonsuunnittelusta ja ostosta tuotantoon asti. Puuttuvan tiedon vaikutukset näkyvät kaikkialla tuotannossa. Puuttuva tieto näkyy ostossa muun muassa silloin, kun ei ole saatavilla oikeaa tietoa siitä, millaisia osia tulisi ostaa. Tieto siitä, millaisia osia tulisi ostaa tulee suunnittelusta/tuotekehityksestä asti. Osat voivat myös tulla väärään aikaan ja väärään paikkaan, jos tieto järjestelmässä ostettavien nimikkeiden takana ei ole oikein. Myös tarpeiden puuttuminen järjestelmästä aiheuttaa vaikutuksia tuotannossa. Tällöin tarvittavia osia ei osteta ajoissa. Tämä aiheuttaa sen, että osia ei välttämättä ehditä saamaan tuotantoon ajoissa tai ostetaan kiireessä väriä osia.

Yrityksestä valikoituja datavirhetapauksia tutkittiin juurisyyanalyysin avulla. Juurisyyanalyysimenetelmiin käytettiin 5\* miksi analyysiä ja kalanruotokaaviota. Näiden avulla selvitetiin tietovirtoja ja puuttuvan tiedon vaikutuksia tuotannossa. Tärkeimpinä löydöksinä voidaan esittää seuraavat havainnot. Suuri osa tehtävästä työstä on muistinvaraista ja käsin tehtävää, joten datavirheitä on mahdollista syntyä monessa kohtaa. Lisäksi käsin tehtävien töiden tarkistamisen ollessa myös käsin tehtävää, voi siellä helposti jäädä jotain huomaamatta. Virheet myös huomataan yleensä ostossa, eikä datavirheiden tämän hetkinen käsittelytapa ole toimiva, eikä ennaltaehkäiseviä toimia datavirheiden torjumiseen ole. Suuri ongelma on se, että käytössä on useampia järjestelmiä, joiden välillä tieto ei liiku automaattisesti ja kun tilauksia siirtelee näiden kahden eri järjestelmän välillä, tieto muuttuu. Tämä tulisi aina muistaa tarkistaa käsin, jotta varmistetaan tiedon oikeellisuus molemmissa järjestelmissä. Lisäksi yrityksen muutosamat ja niiden määrittäminen aiheuttavat vaikeuksia kaikissa vaiheissa tuotantoa ja niistä aiheutuu myös datavirheitä. Näiden muutossaumojen määrä vuodessa on liian suuri ja niiden määrittäminen tällä hetkellä ei ole toimiva. Puuttuvan ja väärän tiedon vaikutuksia datavirhetapauksissa on monia. Kaikkein näkyvimmit vaikutukset ovat ylimääräiseen työhön, mitä datavirheiden löytämiseen ja korjaamisesta aiheutuu. Datavirheiden takia voidaan ostaa väriä ja virheellisiä osia, jolloin varastoarvot kasvavat ja väärät osat saattavat jäädä käyttämättä. Datavirheistä aiheutuu myös ylimääräisiä kustannuksia yritykselle.

Juurisyyanalyysista ja syy-seurauskaaviosta saadun tiedon mukaan tuotannossa tarvittava tieto syntyy jo tuotekehityksessä/suunnittelussa ja se virtaa koko tuotannon läpi. Virheellinen tieto tuotannon jossain kohdassa johtuu virheellisestä tiedosta aikaisemmassa vaiheessa prosessia. Tietovirran esteettömän kulun ja oikean tiedon merkitys tuotannossa pystytään näkemään selvästi datavirhetapauksissa. Yrityksen datavirhetapausten selvät noidankehät ovat myös tunnistettavissa.

Näiden analyysien pohjalta voimme todeta, että tiedon oikeellisuus tuotannon jokaisessa kohdassa on välttämätöntä tuotannon toimivuuden kannalta ja tietovirta on selvästi nähtävissä tilaus-toimitusprosessissa. Kaikki tieto on lähtöisin tuotekehityksestä/suunnittelusta, josta se virtaa tilauskonttorin, saatavuuden suunnittelun kautta tuotannosuunnitteluun ja hankintaan ja lopulta tuotantoon asti. Lisäksi työssä esitelty tuotannon teoria täyttää sille osoitetut ominaisuudet ja vaatimukset, joten työssä esitettyä hypoteesia voidaan pitää paikkansa pitävänä.

Yrityksen datavirhetapauksiin löydettiin työtä tehdessä useita toimenpide-ehdotuksia. Tärkeimpänä niistä on uuden toimitavan luominen datavirhe tapauksissa. Tarvitaan uusi tapa havainnoida, tutkia ja analysoida datavirhetapauksia ja siten ennakoiden ratkoa ongelmia järjestelmissä ja tuotantoprosessissa. Toinen toimenpide-ehdotus on järjestelmien välille kehiteltävä automaattitarkastus. Näin virheet voidaan korjata, ennenkö ne huomataan tuotannossa. Jatkossa tulee jatkaa datavirheiden tarkkailua ja pohtia mahdollista ohjelmistovaihdosta. Tällä hetkellä on olemassa kolme järjestelmää, jotka eivät keskustele keskenään. Nämä voitaisiin korvata yhdellä järjestelmällä, joka pitäisi sisällään kaiken tiedon mitä tämän tyyppisessä tuotannossa tarvitaan.

## LÄHTEET

- Akao, Y. 1990. Quality Function Deployment. Productivity Press. Cambridge, MA. 369 p.
- Andersen, B. 1999. Business process improvement toolbox. Unated States of America: ASQ Quality press Publication.
- Bertelsen, S., Koskela, L., Henrich, G. & Rocke, J. (2006). Critical Flow -Towards a Construction Flow Theory, IGLC-14, July, IGLC, Santiago, Chile, pp. 31-40.
- Cook, H. & Gill, M. 1993. On System Design. Research in Engineering Design, No. 4, pp. 215–226.
- Cook, H.E. 1997. Product Management – Value, quality, cost, price, profit and organization. Chapman & Hall, London. 411 p.
- Danese, P., Romano, P. & Bortolotti, T. 2012. In: Industrial management & data systems. 112, 3, p. 441-465.
- Deming, W. Edwards, 1982. Out of the crisis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. 507 p.
- Ghani J. & Hassan H., (Choudhury I.), 2004. Application of Taguchi method in the optimization of end milling parameters, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 145, pp. 84-92.
- Grubbström, R. 1995. Modelling production opportunities – a historical overview. Int. J. Production Economics, Vol. 41, pp. 1–14.
- Haron, N., & Kairudin, F. 2012. The application of quality function deployment (QFD) in the design phase of industrialized building system (IBS) apartment construction project. Eur. Int. J. Sci. Technol., Vol. 1 No.3, pp. 56-66.
- Haverila M., Uusi Rauva E., Kouri I. & Miettinen A. 2005. Teollisuustalous.
- Heim, J. & Compton, W. 1992. Manufacturing systems: foundations of world-class practice. National Academy Press, Washington, DC. 273 p.
- Hines, P., Found, P., Griffiths G. & Harrison, R. 2008. Staying Lean: Thriving, not just surviving. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff University, Cardiff Business Technology Centre, Cardiff, Wales. 96p.

- Hines, P. & Rich, N. 1997. The seven value stream mapping tools, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17 No. 1, pp. 46-64.
- Hopp, W. & Spearman, M. 1996. *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Irwin/McGraw-Hill, Boston. 668 p.
- Hopp, W., Spearman, M. & Woodruff, D. 1990. Practical Strategies for Lead Time Reduction. *Manufacturing Review*, Vol. 3, No. 2, pp. 78-84.
- Juran, J. 1992b. Developmental quality planning. *National Productivity Review*, Vol. 11, No. 3, pp. 287-.
- Karlsson, C. Nellore, R. & Söderquist, K. 1998. Black box engineering: Redefining the Role of Product Specifications. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 15, No. 6, pp. 534-549.
- Kochikar, V. & Narendran, T. 1994. On using abstract models for analysis of flexible manufacturing systems. *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 32, No. 10, pp. 2303-2322.
- Kolli, R. & Cook, H. 1994. Strategic Quality Deployment. *Manufacturing Review*, Vol. 7, No. 2, pp. 148-163.
- KOPPA, 2009. Menetelmäpolkuja humanisteille, Syy-seuraussuhteiden osoittaminen, <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmäpolkuja/menetelmäpolku/ongelmanasettelu/syy-ja-seuraussuhteiden-osoittaminen>, (viitattu 18.01.2019).
- Koskela, L. An exploration towards a production theory and its application to construction. Espoo 2000. Technical Research Centre of Finland, VTT Publications 408. 296 p.
- Kouri, I. 2009. *Lean taskukirja*. Teknologiateollisuus ry, Helsinki, Suomi, 38 s
- Laaksovirta, T. 1985. Tieteellinen metodi ja metodologia. Lähtökohtia kirjastotieteen ja informatiikan tutkimuksen metodologialle. [Scientific method and methodology. Basis of the methodology of research in library and information science]. *Kirjastotiede ja informatiikka* 4 (2), s. 35-44.
- Mehra, S. & Inman R. 1992. Determining the Critical Elements of Just-In-Time Implementation by Mehra, Satish; Inman, R. *Anthony Decision Sciences*, 01/1992, Volume 23, Issue 1.
- Melton, T. 2005. The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries, *Chemical Engineering Research and Design*, Vol. 83, No. 6 06/2005, pp. 662-673.
- Metson Tampereen toimintojen yleiskatsaus. (2018). Metson intranet. Rajoitettu saatavuus. (viitattu 4.10.2018).

- Modig, N. & Åhlström, P. (2013). *This is lean: resolving the efficiency paradox*, 1st ed., Rheologica Publishing, Halmstad, 168 p.
- Narasimhan, R., Swink, M. and Kim, S.W. 2006. "Disentangling leanness and agility: an empirical investigation", *Journal of Operations Management*, Vol. 24 No. 5, pp. 440-57.
- Nash, M. & Poling, S. 2008. *Mapping the total value stream. A comprehensive guide for production and transactional processes*. New York: Taylor & Francis Group.
- Nijssen, E.J. & Frambach, R.T. (2000). Determinants of the adoption of new product development tools by industrial firms, *Industrial Marketing Management*, Vol. 29(2), pp. 121-131.
- Ohno, T. 1988. *Toyota production system*. Productivity Press, Cambridge, MA. 143 p.
- Ostroff, F. & Smith, D. 1992. *The Horizontal Organization*. McKinsey Quarterly, No. 1, pp. 148–168.
- Peltonen, H., Martio, A. & Sulonen, R. 2002. *PDM -Tuotetiedon hallinta*. 1. painos. Helsinki: Edita Publishing Oy, IT Press.
- Pheng,L, Arain,F, Fang, J. 2011. *Applying Just-in-Time Principles in the Delivery and Management of Airport Terminal Buildings*. *Built Environment Project and Asset Management*. Vol 1(1), pp. 104-121.
- Porter, M. 1996. *What Is Strategy?* *Harvard Business Review*, November–December, pp. 61–78.
- Product brief development tools, Quality Function Deployment, Creative Industries, Research Institute, AUT University, [http://www.fme.aegean.gr/sites/default/files/cn/quality\\_function\\_deployment.pdf](http://www.fme.aegean.gr/sites/default/files/cn/quality_function_deployment.pdf), viitattu 10.12.2018
- Rolstadås, A. 1995. Planning and control of concurrent engineering projects. *Int. J. Production Economics*, Vol. 38, pp. 3–13.
- Rother, M. & Shook, J. 2003. *Learning to see. Value-stream mapping to create value and eliminate muda*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. *KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkojulkaisu]*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto [ylläpitäjä ja tuottaja], <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus>, viitattu 30.01.2019.
- Schmenner, Roger W. 1988. *The Merit of Making Things Fast*. *Sloan Management Review*, Fall, pp. 11–17.
- Shewhart, W. 1931. *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. Van Nostrand, New York. 501 p.
- Shingo, S. 1988. *Non-stock production*. Productivity Press, Cambridge, MA. 454 p.

Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A. & Johnston, R. 1995. *Operations Management*. Pitman Publishing, London. 914 p.

Starr, M. 1966. Evolving concepts in production management. In: *Readings in production and operations management*. Elwood S. Buffa (ed.). John Wiley, New York. Pp. 28–35.

Stewart, T. 1992. The Search for the Organization of Tomorrow. *Fortune*, May 18, pp. 92–98.

Suarez, F., Cusumano, M. & Fine, C. 1995. An Empirical Study of Flexibility in Manufacturing. *Sloan Management Review*, Fall, pp. 25–32.

Svensson, G. 2001. Just-in-time: the reincarnation of past theory and practice. *Management Decision*. Vol 39, nro 10, pp. 866-879.

Tapping, D. 2008. *The Simply Lean Pocket Guide: Making Great Organizations Better Through Plan-Do-Check-Act (PDCA) Kaizen Activities*. MCS Media. 240 p.

Umble, M. & Srikanth, M. 1990. *Synchronous Manufacturing*. South-Western Publishing, Cincinnati, OH. 270 p.

Wheeler, J.D., Chambers, D.S. (2010). *Understanding Statistical Process Control*. SPC Press, Knoxville Tennessee, ISBN: 978-0945320692, 428 p.

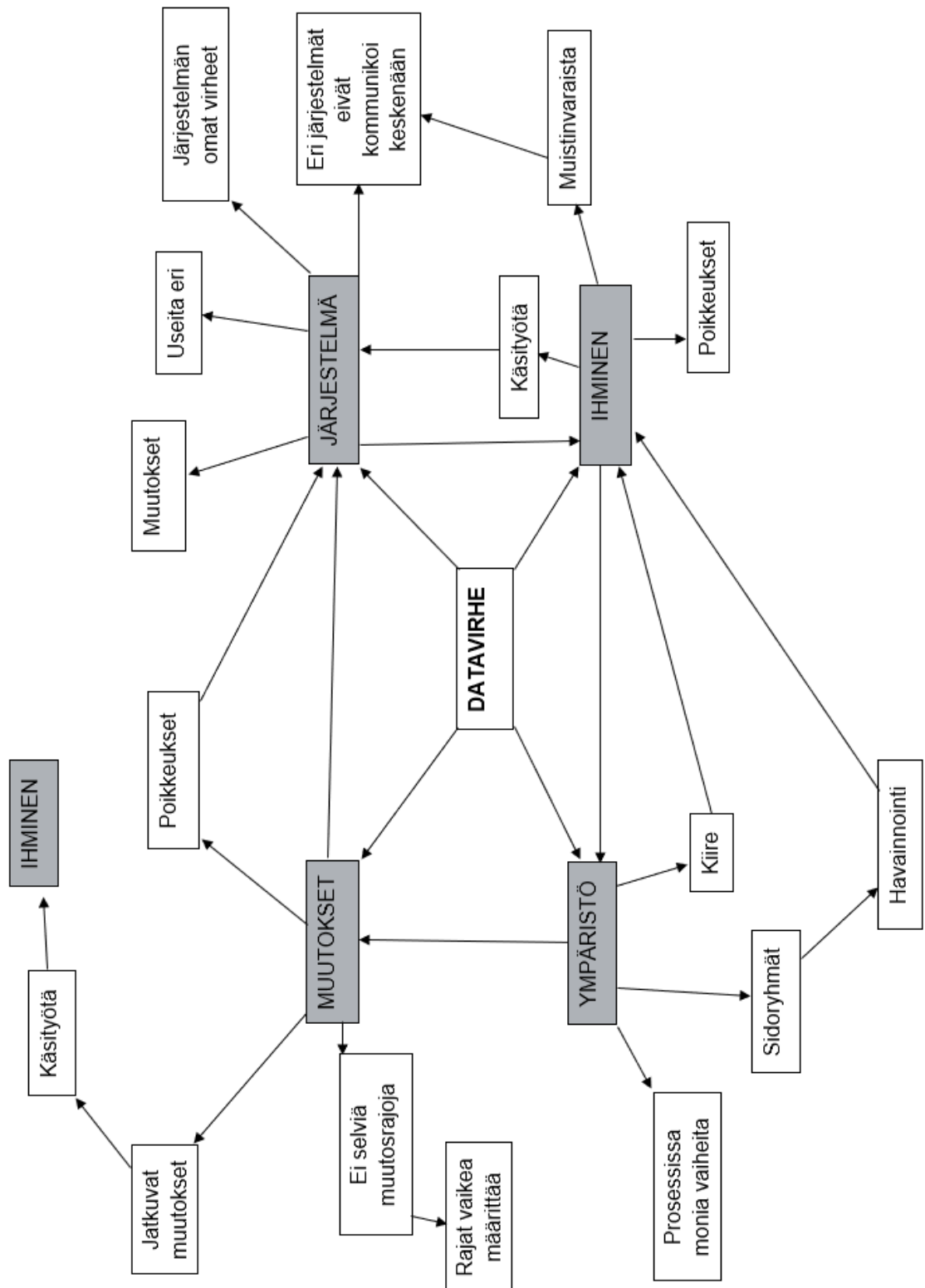
Whetten, D. 1989. What Constitutes a Theoretical Contribution? *Academy of Management Review*, Vol. 14, No. 4, pp. 490–495.

Womack, J. & Jones, D. 1996. *Lean Thinking*. Simon & Schuster, New York. 350 p.

Wortmann, J. 1992a. Factory of the Future: Towards an integrated theory for one-of-a-kind production. In: *One-of-a-kind production: New approaches*. Hirsch, B.E. & Thoben, K.-D. (eds.). Elsevier Science, Amsterdam. pp. 37–74.

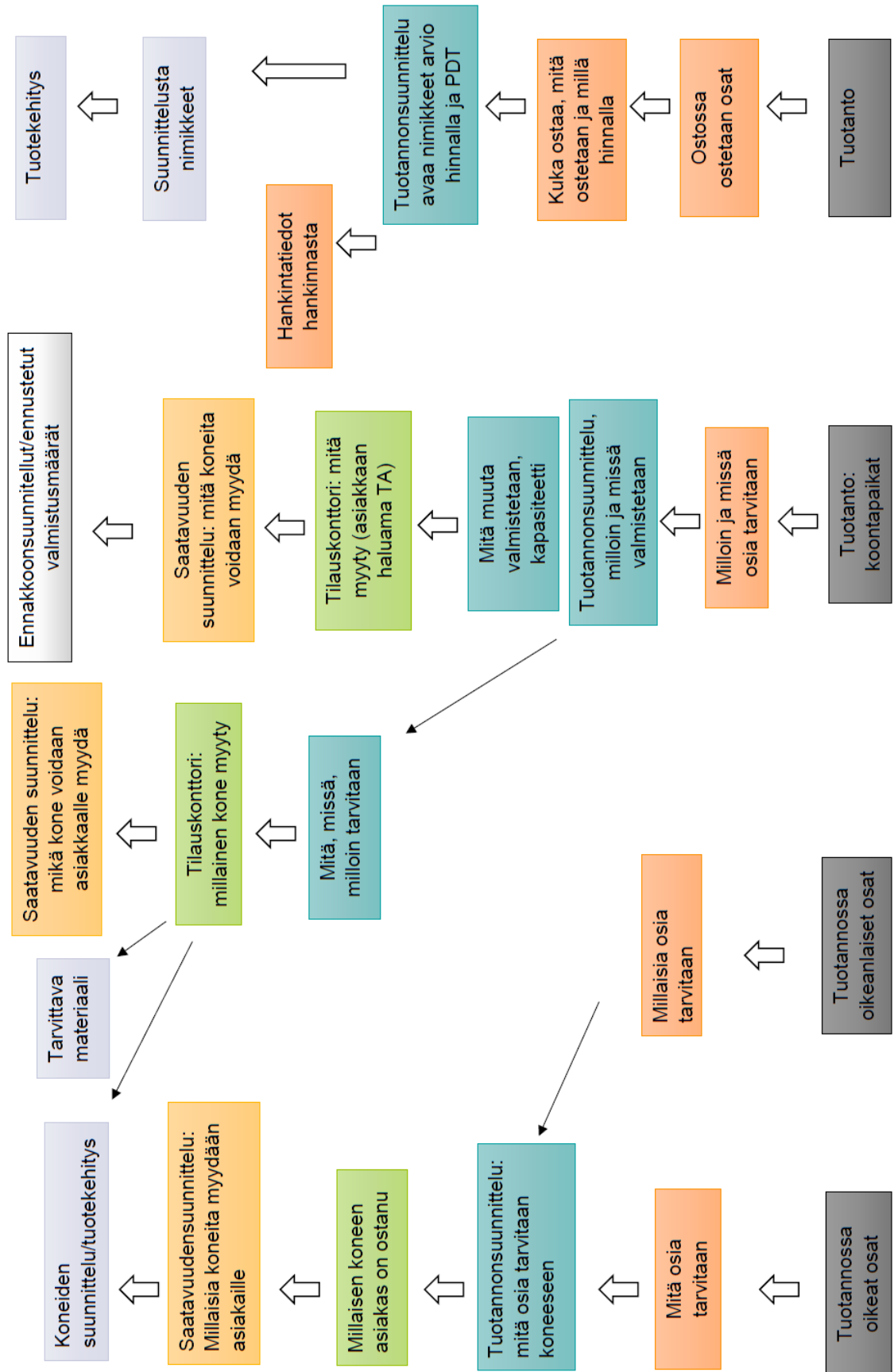
Väisänen, J. 2013. VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus. Viitattu 30.10.2018. <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>

## LIITE A: NYKYTILANTEEN KUVAUS





## LIITE B: TIETOVIRTAKAAVIO



**LIITE C: 5\*MIKSI: BEN PUUTTUU 1/3**

## 5x MIKSI: BEN puuttuu

MIKSI	SELITE
1. Miksi BEN puuttuu	Ei laitettu vielä järjestelmään
2. Miksi ei ole laitettu järjestelmään	Tilaus niin kaukana tulevaisuudessa, että ei tiedetä vielä millä BEN tehdään
3. Miksi ei tiedetä	Ei voida olla varmoja mitä BEN halutaan silloin käyttää tai onko tulossa uusia muutoksia ennen sitä
4. Miksi ei olla varmoja	Muutokset saattavat tulla lyhyelläkin aikataululla
5. Miksi muutokset tulevat lyhyellä aikataululla	Resurssit, aika, nopeasti muuttuvat asiakastarpeet, tuotekehitys, suunnittelu jne.

**LIITE D: 5\*MIKSI: BEN PUUTTUU 2/3**

## 5x MIKSI: BEN puuttuu

MIKSI	SELITE
1. Miksi BEN puuttuu?	Muutosraja häilyvä
2. Miksi muutosraja on häilyvä?	Ei pystytä päättämään selvää rajaa
3. Miksi ei pystytä päättämään selvää muutosrajaa?	Riippuu monista tekijöistä
4. Miksi riippuu monista tekijöistä?	Valmistukseen tarvitaan paljon ostettuja osia ja niiden saatavuus tarvitsee selvittää
5. Miksi saatavuus tarvitsee selvittää	Tarvitsee tietää uusien osien toimitusaika ja vanhojen osien määrä, jotta vanhat osat saadaan käytettyä pois ja uudet ehtivät saapua

**LIITE E: 5\*MIKSI: BEN PUUTTUU 3/3**

5x MIKSI: BEN puuttuu

MIKSI	SELITE
1. Miksi BEN puuttuu	Tuotannosuunnittelu unohtanut lisätä
2. Miksi lisääminen unohtunut	Käsityötä (kun tilaus käännetään joudutaan BEN lisäämään käsin)
3. Miksi käsityönä	BEN ei siirry järjestelmän mukana oikein
4. Miksi ei siirry	Koska järjestelmä ei toimi halutulla tavalla tai muutossauma / -aikataulu vielä auki
5. Miksi järjestelmä ei toimi niinkuin halutaan/tarvitaan tai miksi muutosaikataulu auki	Nykyinen järjestelmä ei kykene täyttämään tätä tarvetta ja tarvitaan muutossaumojen parempaa hallintaa

**LIITE F: 5\*MIKSI: VÄÄRÄ BEN 1/4**

5x MIKSI: Väärä BEN

MIKSI	SELITE
1. Miksi väärä BEN	Koneiden siirtely tuotanto-ohjelmassa
2. Miksi koneita siirtely vaikutti BENhin	BENit siirtyvät koneiden mukana ja sai järjestelmässä BENit sekaisin ja sitten järjestelmässä sekaisin useita eri
3. Miksi järjestelmä sekaisin	BENit sekaisin, ei enään järjestyksessä vanhimmasta uusimpaan, aiheuttaa muissa vaiheissa hämmästyä ja lisätyötä kun monta eri sekaisin
4. Miksi aiheuttaa lisätyötä	Joudutaan tarkistamaan ja varmistamaan muilta tahoilta, että BENit pitävät paikkansa, jos järjestelmän antamat BEN-järjestys näyttää oudolta
5. Miksi järjestys näyttää oudolta	Ei voida tehdä täysin stabiilia tuotanto-ohjelmaa, vaan muutoksia joudutaan tekemään usein jälkikäteen

**LIITE G: 5\*MIKSI: VÄÄRÄ BEN 2/4**

## 5x MIKSI: Väärä BEN

MIKSI	SELITE
1. Miksi väärä BEN	Muutossaumat ja niiden siirtely
2. Miksi muutosauomien siirtely aiheuttaa väärän BENin	Voi olla monta BENiä sekaisin järjestelmässä ilman loogista järjestystä
3. Miksi monta BENiä järjestelmässä	Ei ole sovittu selkeää saumaa, aikataulut sekaisin eli BENit sekaisin (vanhimhasta uusimpaan)
4. Miksi ei selkeää saumaa	Sauma elää muuttuvan tilanteen mukaan, ei olla saatu sovittua ja sovitettua selkeää saumaa
5. Miksi tilanne muuttuu	On olemassa pitkiä toimitusaikoja osille. Lisäksi tarvitsee ottaa huomioon uusien osien hankinta, vanhojen osien poiskäyttäminen. Lisäksi nykyhetken tapa määrittää muutossauman raja puutteellinen

**LIITE H: 5\*MIKSI: VÄÄRÄ BEN 3/4**

5x MIKSI: Väärä BEN

MIKSI	SELITE
1. Miksi väärä BEN	Tilauskonttorissa laitettu väärä BEN
2. Miksi laitettu väärä BEN	Inhimillinen virhe, tehdään käsityönä muistinvarassa, ei määritelty
3. Miksi ei määritelty	Ei ole päätetty lopullisia muutossaumojä ja muutossaumat elävät. Liian tiukat muutosaikataulut
4. Miksi muutossaumojä ei ole määritelty (ajoissa)	Ei voida tarkkaan pitkälle määrittää tai huono tapa määrittää muutossaumojen rajat
5. Miksi ei voida	Osaamisen, halukkuuden tai ajan mahdollinen puute

**LIITE I: 5\*MIKSI: VÄÄRÄ BEN 4/4**

5x MIKSI: Väärä BEN

MIKSI	SELITE
1. Väärä BEN?	Järjestelmä tarjoaa aina uusimman releasen ja voimassa olevan BENin ja asiakas voi ostaa tuotteen sillä
2. Miksi järjestelmä tarjoaa aina uusimman BEN?	Järjestelmää ei olla saatu ohjelmoitua muuten ja tilauskonttori tekee vaihdon käsin, mutta vaihtuu tilausta siirrettäessä
3. Miksi BEN vaihtuu tilausta siirrettäessä	Siirrettäessä tilausta SAPIin BEN vaihtuu taas uusimpaan mitä järjestelmä tarjoaa ja tuotannonsuunnittelun tarvitsee korjata BEN käsin ennenkö MRP pyörähtää
4. Miksi BEN unohtuu	Unohtetaan tehdä muutos käsin ennen MRP pyörähtämistä
5. Miksi unohtetaan vaihtaa BEN	Ei ehditä, kiire, inhimillinen unohdus



**LIITE J: 5\*MIKSI: YLIMÄÄRÄINEN TARVE 1/2****5x MIKSI: Ylimääräinen tarve järjestelmässä**

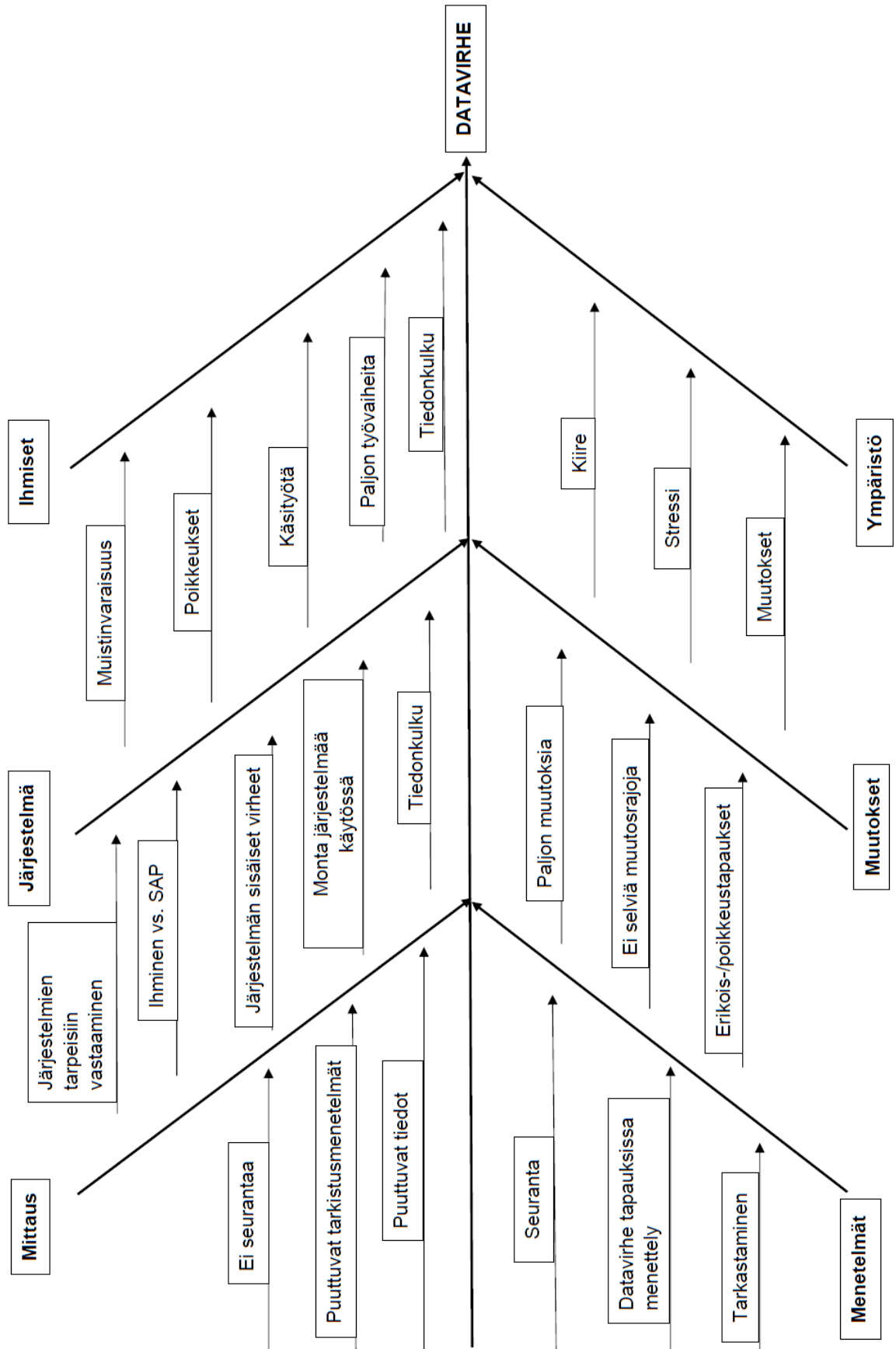
MIKSI	SELITE
1. Miksi ylimääräinen tarve/plan	Tuotannossa vaiheen lopullinen päätös puuttuu ja järjestelmä nostaa uudet tarpeet järjestelmään
2. Miksi lopullinen päätös puuttuu	Ihmellinen virhe
3. Miksi inhimillinen virhe tapahtuu	Järjestelmä tarjoaa vaiheen osittaista päättämistä automaattisesti, tulee muistaa vaihtaa kokonaan päättämiseen
4. Miksi järjestelmä tarjoaa osittain päättämistä	Ohjelma ohjelmoitu näin

**LIITE K: 5\*MIKSI: YLIMÄÄRÄINEN TARVE 2/2**

5x MIKSI: Ylimääräinen tarve järjestelmässä

MIKSI	SELITE
1. Miksi ylimääräinen tarve/plan	Tilauskonttori siirrellyt varastokoneita vastaamaan tilausta ja järjestelmä nostaa uuden valmistusehdotuksen
2. Miksi järjestelmä nostaa uuden valmistusehdotuksen/tarpeet	Unohdettu blokata tilausta vastaava kone ennen MRP pyörähtämistä
3. Miksi unohdettu	Inhimillinen virhe, monta vaihetta jossa koneita blokataan ja vapautetaan ja ne pitää kaikki tehdä ennen MRP pyörähtämistä, jottei ylimääräisiä tarpeita synny järjestelmään
4. Miksi inhimillinen virhe	Joudutaan tekemään paljon käsityötä ja muistinvarassa
5. Miksi paljon käsityötä	Ei ole olemassa/käytössä järjestelmää, joka hoitaisi kaiken

## LIITE L: KALANRUOTOKAAVIO: DATAVIRHEET



# LIITE M: YHTEENVETO JUURISYYNANALYYSIT

## A3 ongelmanratkaisu

Tuomiosuunnitelman liite A3:2019

Tiimi:

Revisiokäytäntö 31.12.2019

Versio: 1

**YMPÄRISTÖ**

- Muutosvalitus
- Pöytäkirjat
- Käsiyö

**YMPÄRISTÖ**

- Käsiyö
- Stressi
- Muutokset

**YMPÄRISTÖ**

- SAC-oppine
- Tarpeen vastaminen
- ihminen vs GAP

**NETOIMTAUS**

- Ei seurata
- Tarkastusmenetelmät
- Substanssi testit

**NETOIMTAUS**

- Seurata
- Henkilötyö
- Tarkastaminen

**MATERIAALIT**

**MENETELMÄT**

Esittely	7	7	7	7	7	7	7
Muutosvalitus	Asiantuntijajärjestelmä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä
Pöytäkirjat	Muutokset	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä
Käsiyö	Käsiyö	Käsiyö	Käsiyö	Käsiyö	Käsiyö	Käsiyö	Käsiyö
SAC-oppine	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä
Tarpeen vastaminen	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä
ihminen vs GAP	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä	Eläinlääkintä

**6. KOKONAISUUS**

Automaattinen tarkastus SAP-oppine

Tommi Kuitus

**7. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**8. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**9. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**10. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**11. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**12. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**13. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**14. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**15. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**16. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**17. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**18. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**19. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**20. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**21. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**22. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**23. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**24. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**25. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**26. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**27. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**28. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**29. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**30. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**31. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**32. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**33. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**34. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**35. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**36. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**37. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**38. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**39. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**40. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**41. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**42. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**43. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**44. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**45. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**46. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**47. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**48. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**49. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus

**50. KOKONAISUUS**

Tommi Kuitus