



Lenni Kämäräinen

# Massaräätälöintisimulaation kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

7.11.2024

## Tiivistelmä

Tekijä(t): Lenni Kämäräinen  
Otsikko: Massaräätälöintisimulaation kehittäminen  
Sivumäärä: 55 sivua  
Aika: 7.11.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Tuotantotalous  
Suuntautumisvaihtoehto: Toimitusketjun johtaminen  
Ohjaaja(t): Yliopettaja Antero Putkiranta

---

Tämän insinöörintyön tavoitteena oli kehittää Lean-ajatteluun perustuva tuotannonohjaussimulaatiopeli, joka tarjoaa opiskelijoille vaihtoehtoisen oppimistavan massaräätälöidyn tuotannon toiminnan ymmärtämiseksi. Simulaatiopeli tulee Metropolia Ammattikorkeakoulun tuotantotalouden opiskelijoiden käyttöön tukemaan opetusta. Simulaatiolla autetaan opiskelijoita ymmärtämään, miten massaräätälöinnin avulla voidaan tuottaa yksilöllisesti räätälöityjä tuotteita nopeasti ja kustannustehokkaasti.

Tämä insinöörintyö perustui Lean-ajatteluun ja tuotannonohjaukseen liittyvään kirjallisuuteen. Insinöörintyö koostui kolmesta vaiheesta. Ensimmäisessä osassa käytiin läpi Leanin teoriaa kuten hukan poistoa ja Just-In-Time-tuotantoa. Toisessa vaiheessa syvennyttiin tutkimalla tuotannonohjaukseen liittyvää kirjallisuutta. Viimeisessä vaiheessa kehitettiin simulaatiopeli hyödyntäen aiemmin tutkittua kirjallisuutta.

Simulaatio rakennettiin käyttämällä Lego DUPLO -palikoita, jotka toimivat konkreettisina osina tuotantoprosessin eri vaiheissa. Peliin luotiin simuloinnin säännöt, kuvalliset kasausohjeet ja vaihteelliset työvaihekuvaukset, jotka tekevät oppimisprosessista selkeämmän ja interaktiivisemmän. Kehitetty simulaatiopeli tekee oppimisesta mielekkäämpää ja syvällisempää tarjoamalla opiskelijoille mahdollisuuden soveltaa teoreettista tietoa käytännön tilanteissa turvallisesti ja vuorovaikutteisesti. Tämä oppimistyökalu tulee tukemaan opiskelijoiden oppimista ja parantamaan heidän valmiuksiaan tuotantotalouden periaatteiden ymmärtämisessä ja soveltamisessa tulevassa työelämässä.

Avainsanat: Lean, Tuotannonohjaus, Massaräätälöinti, Simulaatiopeli

## Abstract

Author(s): Lenni Kämäräinen  
Title: Development of a Mass Customization Simulation  
Number of Pages: 55 pages  
Date: 7 November 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Industrial Engineering and Management  
Specialisation option: Supply Chain Management  
Instructor(s): Antero Putkiranta, Principal Lecturer

---

The goal of this engineering thesis was to develop a Lean-thinking-based production control simulation game that provides students with an alternative learning method for understanding mass-customized production processes. The simulation game will be used by production management students at Metropolia University of Applied Sciences to support their studies. The simulation is designed to help students comprehend how mass customization can be used to produce individually tailored products quickly and cost-effectively.

This thesis was based on literature related to Lean thinking and production control. The work consisted of three phases. The first phase covered Lean theory, including waste elimination and Just-In-Time production. The second phase involved an in-depth study of literature on production control. In the final phase, a simulation game was developed using the previously studied literature.

The simulation was built using Lego DUPLO blocks, which serve as tangible components in different stages of the production process. Rules for the simulation, visual assembly instructions, and step-by-step work descriptions were created to make the learning process clearer and more interactive. The developed simulation game enhances the learning experience by providing students with an opportunity to apply theoretical knowledge in practical scenarios in a safe and interactive environment. This learning tool will support students' learning and improve their skills in understanding and applying production management principles in their future careers.

Keywords: Lean, Production Control, Mass Customization, Simulation Game

## Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Lean	2
2.1	Lean-filosofia	2
2.2	Historia	2
2.3	Lean strategiana	4
2.4	Asiakasnäkökulma	5
2.5	Peruskäsitteet ja työkalut	6
2.5.1	Hukan poisto	7
2.5.2	Just-in-Time	8
2.5.3	Heijunka	8
2.5.4	Autonomia	9
2.5.5	5S	9
2.5.6	Pareton laki ja analyysi	10
2.5.7	Viisi miksi -menetelmä	11
2.5.8	Kanban	12
2.5.9	Gemba-kävely	13
2.6	Leanin riskit	13
3	Tuotannonohjaus	15
3.1	Tuotannonohjaus määritelmä ja tavoitteet	15
3.2	Tuotantostrategia	18
3.3	Asiakastilauksen kohdentamispiste	19
3.4	Tuotantotyytit	21
3.4.1	Varasto-ohjautuva tuotanto (MTS)	21
3.4.2	Kokoonpano-ohjautuva tuotanto (ATO)	21
3.4.3	Tilauksesta valmistus (MTO)	23
3.4.4	Tilauksesta suunnittelu (ETO)	23
3.5	Tuotannon tasapainottaminen	24
3.6	Tuoteprosessimatriisi	26
3.7	Suorituskykymittarit	28
3.8	Tuotantojärjestelmän ohjattavuus	29
3.8.1	Sisäiset tekijät	30
3.8.2	Ulkoiset tekijät	31
3.9	Massaräätälöinti	32

3.9.1	Hyödyt	33
3.9.2	Vaatimukset	35
3.10	Arvovirtakuvaus	36
4	Simulaatio ja simulaatiopeli	38
4.1	Pelin yleiskuvaus	38
4.2	Pelin idea	39
4.3	Pelin säännöt	40
4.3.1	Pelin valmistelu	40
4.3.2	Roolien jako	41
4.3.3	Simulaation läpivienti	42
4.3.4	Massaräätälöintipelin mittarit	42
4.4	Massaräätälöinti simulaatiopelin osaluettelo	43
4.4.1	Asennusprotokolla	44
4.4.2	Räätälöintivaihtoehdot	51
4.4.3	Kombinatorinen analyysi	52
4.5	Simulaatiopelin jatkokehitysehdotukset	54
5	Yhteenveto	55
	Lähteet	57
	Liitteet	60

# 1 Johdanto

Simulaatiopelejä on hyödynnetty korkeakoulujen opetuksessa jo vuosia, sillä niiden avulla opiskelijoille voidaan tarjota käytännönläheinen ja vuorovaikutteinen tapa oppia. Ne auttavat opiskelijoita soveltamaan teoreettista tietoa käytännössä ja antavat mahdollisuuden kokeilla erilaisia ratkaisuja turvallisessa ympäristössä ilman riskejä. Simulaatiopelit kehittävät ongelmanratkaisutaitoja ja syventävät ymmärrystä monimutkaisista ilmiöistä, kuten tuotannonohjauksen prosesseista.

Metropolia Ammattikorkeakoulu on havainnut tarpeen oppimismateriaalista, joka auttaa opiskelijoita ymmärtämään paremmin Lean-ajattelun periaatteita ja massaräätälöintiä. Tämän tarpeen pohjalta syntyi ajatus tuotannonohjaussimulaatiosta, joka yhdistää nämä periaatteet. Simulaation tavoitteena on havainnollistaa, miten Lean-ajattelu ja massaräätälöinti voidaan yhdistää tehokkaasti, mikä mahdollistaa yksilöllisten tuotteiden valmistamisen kustannustehokkaasti. Simulaatio tulee toimimaan osana opetusta, mikä auttaa opiskelijoita soveltamaan teoriassa opittua tietoa tuotannonohjauksen periaatteista käytännön tasolla.

Opinnäytetyön kehityshaaste on, että simulaatiopelistä tulee tarpeeksi realistinen ja käytettävä. Haasteena on se, että pelin tulee mallintaa riittävän tarkasti massaräätälöinnin toimintaa ja samalla olla käytännöllinen ja helppokäyttöinen opiskelijoille, joilla ei vielä ole syvällistä koulutusta tuotannosta ja logistiikasta. Toinen opinnäytetyön kehityshaaste on simulaatiopelin pedagoginen suunnittelu. Pelin toiminta täytyy olla siis helposti ymmärrettävissä, jotta sitä osataan pelata ja eikä tällöin toiminnalliset epäselvyydet pääse haittaamaan heidän edistymistään. Haasteista selvittäään, kun laaditaan tarkat ohjeet simulaatiopelin pelaamiseksi sekä annetaan oppilaille riittävästi palautetta ja tukea oppimisprosessin aikana.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Lean-ajatteluun pohjautuva simulaatiopeli, joka tarjoaa opiskelijoille vaihtoehtoisen ja interaktiivisemmän oppimistavan ymmärtämään, miten massaräätälöinnin avulla voidaan tuottaa yksilöllisesti räätälöityjä tuotteita nopeasti ja kustannustehokkaasti. Pelin on tarkoitus olla yksinkertainen, mutta havainnollistava, jossa oppilaat pääsevät näkemään kuinkauseiden asiakkaiden tilaamat yksilöllisesti räätälöidyt tuotteet valmistuvat tuotannossa nopeasti ja kustannustehokkaasti. Myös tavoitteena on, että oppilaat ymmärtävät logistiikan merkityksen massaräätälöidyssä tuotannossa ja pääsevät näkemään oppimansa tiedon konkreettisesti käytännössä simulaation avulla. Simulaatiopelin avulla pyritään parantamaan myös opiskelijoiden ryhmätyö- ja viestintätaitoja, jotka ovat tärkeitä tulevaisuuden työelämässä.

## 2 Lean

Tämä osio käsittelee Leania, joka on tuotantoprosessien kehittämiseen keskitetty ajattelutapa. Lean pohjautuu ajatuksiin jatkuvasta kehittämisestä ja prosessien virtaviivaistamisesta.

### 2.1 Lean-filosofia

Lean on liiketoimintafilosofia ja järjestelmä, joka keskittyy tehokkuuteen ja asiakasarvon maksimointiin poistamalla hukkaa prosesseista. Se perustuu jatkuvan parantamiseen, työntekijöiden osallistamiseen ja arvovirran optimointiin. Yritykset hyödyntävät sitä toiminnoissaan, jotta resursseja pystyttäisiin käyttämään mahdollisimman tehokkaasti. Lean pyrkii virtaviivaistamaan toimintaa, parantamaan laatua ja vähentämään kustannuksia. (Gauci 2023.)

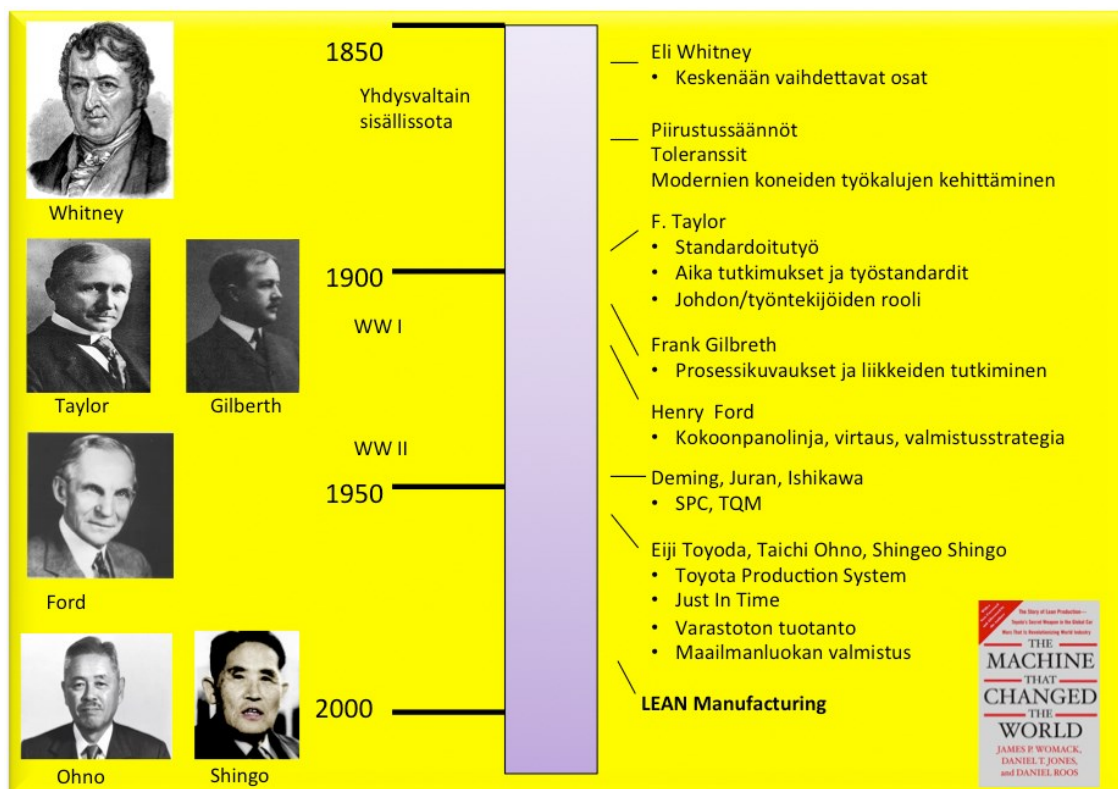
### 2.2 Historia

Leanin historia juontaa juurensa Japaniin, erityisesti Toyota-yhtiön kehittämään tuotantosysteemiin. Se sai alkunsa toisen maailmansodan jälkeen, kun Toyota pyrki sopeutumaan Japanin resurssiköyhään talouteen ja kilpailemaan kansainvälisillä markkinoilla. Keskushenkilönä tässä kehityksessä oli Taichi Ohno, joka

tunnetaan Toyota Production Systemin (TPS) keskeisenä kehittäjänä. TPS:ssä keskeistä oli koko tuotantoprosessin virtaviivaistaminen ja jatkuva parantaminen. Toyota alkoi soveltaa periaatetta, jossa valmistettiin vain sitä, mitä asiakkaat tarvitsivat, ja vain silloin, kun sitä tarvittiin. Tämä johti just-in-time (JIT) -tuotantoon, joka vähensi varastoja ja kustannuksia merkittävästi. (Mantere & Nykänen 2013.)

Lean-filosofian kehityksessä oli tärkeää myös W. Edwards Demingin panos, joka toi Japaniin laadunhallinnan periaatteita ja tilastollisia menetelmiä. Demingin ajatukset integroituivat vahvasti TPS:ään ja Lean-filosofiaan. Myös Henry Ford oli yksi suurimmista Lean-filosofian vaikuttajista, innovaationaan standardoitu liukuhihnatuotanto. Tämän avulla pystyttiin valmistamaan suuri määrä autoja nopeasti ja tehokkaasti. 1980-luvulla Lean-filosofia alkoi levitä laajemmin länsimaihin erityisesti Yhdysvaltoihin, kun japanilaiset autonvalmistajat erityisesti Toyota alkoivat menestyä kansainvälisillä markkinoilla. Tämä herätti kiinnostusta Leanin menetelmiä kohtaan myös muilla teollisuudenaloilla. (Mantere & Nykänen 2013.)

Nykyään Lean on laajalti hyväksytty ja käytetty menetelmä eri organisaatioissa ympäri maailmaa. Se on kehittynyt alkuperäisestä tuotantosysteemistä laajemmaksi liiketoimintafilosofiaksi, jota sovelletaan niin valmistus- kuin palvelusektoreillakin. Lean-filosofian perusperiaatteet, kuten jatkuva parantaminen, arvovirran analyysi ja hukkan poistaminen, ovat olleet keskeisiä periaatteita organisaatioiden kilpailukyvyn ja tehokkuuden parantamisessa. (Mantere & Nykänen 2013.)



Kuva 1. Leanin historia kuvattuna aikajanana. (Oakley 2021.)

## 2.3 Lean strategiana

Yrityksen kehitys perustuu päivittäisiin asteittäisiin valintoihin, jotka ovat osa selkeää ja ennalta määriteltyä strategiaa. Lean-organisaatiossa ongelmia nähdään mahdollisuuksina, ei virheinä, ja johtajat toimivat mentoreina rohkaisten työntekijöitä tuomaan esille virheitä jatkuvan kehityksen edistämiseksi. He osallistuvat aktiivisesti tiimensä työhön ja ymmärtävät kokonaiskuvan tekemällä Gemba-kävelyjä. (Collis 2016.)

Lean-strategia pyrkii saamaan kilpailuetua tarjoamalla laadukkaampia tuotteita edullisemmin ja vähentämällä hukkaa ottamalla työntekijät mukaan uusien ideoiden oppimiseen ja yhteistyön tehostamiseen. Vaikka Lean on osoittautunut tehokkaaksi, sen potentiaalia ei ole vielä täysin hyödynnetty. Strategia pyrkii löytämään uusia tapoja, hyödyntää lean-malleja ja kuuntelemaan työntekijöiden näkemyksiä työkaluista ja menetelmistä. (Collis 2016.)

Lean-strategian implementoinnissa on tärkeää varmistaa, että kaikki organisaation työntekijät ovat tietoisia strategian hyödyistä. Selkeät tavoitteet ja helposti sisäistettävä Lean-ajattelutapa ovat avainasemassa tässä prosessissa. (Collis 2016.)



Kuva 2. Lean-strategiakartta. (Collis 2016.)

Kuvassa 2 esitetään Lean-strategian prosessikaavio, joka kuvaa jatkuvaa ja mukautuvaa strategiamallia. On keskeistä ymmärtää, että strategia ei synny valmiina, vaan sen on jatkuvasti muututtava ja kehityttävä. Yhdistämällä Lean-käytäntöjä perinteiseen strategiaan hankkeet voivat ohjata työntekijät kohti yhteistä päämäärää, optimoida rajalliset resurssit ja oppia markkinoista, mikä mahdollistaa strategian mukauttamisen. (Collis 2016.)

## 2.4 Asiakasnäkökulma

Lean-periaatteiden tavoitteena on vähentää turhaa toimintaa, standardisoida prosesseja ja jatkaa jatkuvaa kehitystä. Asiakkaan vaatimukset muodostavat

perustan arvon luomiselle. Tämä tarkoittaa vaatimusten tarkkaa määrittelyä tuoteperheittäin ja loppukäyttäjän näkökulmasta. Jokaisen tuoteperheen erityispiirteet ja asiakastarpeet on ymmärrettävä syvällisesti. (Womack & Jones 2003.)

Arvovirran kartoituksessa keskitytään kaikkiin prosessin vaiheisiin, jotka vaikuttavat halutun tuotteen tai lopputuloksen luomiseen valmistuksesta aina loppuasiakkaalle asti. Tämän vaiheen tarkoituksena on tunnistaa ja poistaa kaikki turhat vaiheet, jotka eivät suoraan lisää tuotteen arvoa asiakkaalle. Kun turhat vaiheet on poistettu ja prosessit toimivat saumattomasti ilman häiriöitä, viiveitä tai pullonkauloja, syntyy arvovirtaus. Arvovirran luominen mahdollistaa tehokkaan ja sujuvan tuotannon, joka vastaa asiakkaiden tarpeisiin nopeasti ja tehokkaasti. (Womack & Jones 2003.)

Imu luodaan keskittymällä täysin asiakaslähtöiseen tuotantoon. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotetaan vain tarpeiden mukaisia tuotteita oikeaan aikaan ja oikeassa määrin. Tavoitteena on minimoida hukka ja varastot, ja toimittaa asiakkaille juuri sitä, mitä he tarvitsevat. (Womack & Jones 2003.)

Täydellisyyden tavoittelu on jatkuva prosessi, jossa pyritään parantamaan toimintaa jatkuvasti. Tämä saavutetaan toistuvilla vaiheiden tarkasteluilla ja parantamisilla, joissa turhat ja ei-arvoa tuottavat elementit pyritään eliminoida. Tavoitteena on luoda mahdollisimman sujuva ja tehokas prosessi, joka palvelee asiakkaita optimaalisesti. (Womack & Jones 2003.)

## 2.5 Peruskäsitteet ja työkalut

Lean-filosofian peruskäsitteet ovat olennaisia organisaation toiminnan tehostamisessa ja prosessien parantamisessa kohti parempaa tehokkuutta ja asiakasyytyväisyyttä. Jatkuva parantaminen eli Kaizen on keskeisin periaate, joka kannustaa organisaatiota tekemään jatkuvasti pieniä parannuksia prosesseissaan. Kaizenin avulla pyritään löytämään ja poistamaan esteitä, optimoimaan toimintaa ja kehittämään laatua. (Knuutila 2011.)

### 2.5.1 Hukan poisto

Hukan poistaminen on toinen keskeinen käsite Leanissa. Hukkaa ovat kaikki ne toiminnot ja prosessit, jotka eivät lisää arvoa asiakkaalle. Hukan poistaminen pyritään tekemään tunnistamalla ja eliminoimalla näitä turhia toimintoja. Tällä voidaan parantaa tehokkuutta ja vähentää kustannuksia. Tuotantoa hidastavia hukkia on määritelty listaan kahdeksan erilaista. (Liker 2010.)

1. Tarpeettomat varastot: Valmistetaan tuotteita etukäteen enemmän kuin olisi tarpeen. Tämä johtaa ylimääräisiin varastointi- ja kuljetuskustannuksiin. Myös tuotteet voivat vahingoittua sekä tuotannosuunnittelu vaikeutuu.
2. Virheellinen- tai yli käsittely: Tuotteita käsitellään enemmän kuin olisi tarpeen, esimerkiksi lisäämällä työvaiheita tai tekemällä tuotteista laadukkaampia kuin asiakkaat vaativat. Tällöin aikaa ja resursseja menee hukkaan ilman lisäarvoa.
3. Tarpeeton kuljettaminen: Materiaalien ja tuotteiden siirteleminen yrityksen sisällä paikasta toiseen. Vie turhaa aikaa ja lisää tarpeettomia kustannuksia.
4. Ylituotanto: Valmistetaan enemmän tuotteita kuin mitä asiakas on tilannut. Tämä lisää ylimääräisiä henkilö-, varasto- ja kuljetuskustannuksia.
5. Tarpeeton liikkuminen: Työntekijän turha liikkuminen työpisteiden välillä ja työvälineiden etsiminen vie aikaa, jonka voisi käyttää tuottavammin itse työn tekoon.
6. Odotus: Työvaiheet pysähtyvät, jos seuraavassa työvaiheessa tarvittava raaka-ainetta ei ole saatavilla. Tätä aiheutuu, jos tuotanto on epätaustainen tai se kärsii selvistä pullonkauloista. Odottelu johtaa tehottomuuteen.

7. Viat: Viallisten tuotteiden valmistaminen ei tuo arvoa, sekä niiden korjaaminen ja löytäminen vie valtavasti resursseja. Virheitä ja hajonneita laitteita voidaan estää tuotannon huoltotoimenpiteillä.
8. Luovuuden alihyödyntäminen: Johto ei onnistu hyödyntämään työntekijöiden luovuutta ja tietotaitoa. Työntekijöiden motivointi ja heidän sitouttamisensa kehittämiseen voisivat tuoda tärkeitä parannuksia tuotantoon ja prosessien tehokkuuteen. (Liker 2010.)

### 2.5.2 Just-in-Time

Just-in-Time (JIT) on tuotantofilosofia, joka keskittyy tuottamaan tavaraa tai palveluita juuri oikeaan aikaan ja juuri oikeassa määrässä. JIT pyrkii minimoimaan varastointia ja odotusaikoja, mikä vähentää hukkaa ja kustannuksia. Tämä auttaa organisaatiota reagoimaan joustavasti vaihtelevaan kysyntään ja parantamaan toimitusaikoja. (Logistiikanmaailma 2024.)

### 2.5.3 Heijunka

Heijunka tarkoittaa Lean-menetelmää, jonka avulla tuotannon aikatauluja tasaataan asiakastilausten ja erilaisten tuotteiden välillä. Tämä tehdään siksi, että tuotantoprosessi pysyisi mahdollisimman tasaisena ja tehokkaana. Menetelmän tavoitteena on varmistaa, että tuotanto etenee sujuvasti ja samalla minimoidaan varastointitarpeet sekä ylimääräiset työvuorot. Menetelmä keskittyy työmäärän jakamiseen tuotantosuunnitelmassa ja mahdollistaa tuotteiden valmistamisen juuri silloin, kun niitä tarvitaan. Tarkan tuotannonsuunnittelun lisäksi Heijunkan toimiminen edellyttää, että asiakastilaukset saapuvat riittävän ajoissa luvattuihin toimitusaikoihin nähden. Tällä varmistetaan, että tuotannon optimointiin jää riittävästi aikaa ja resursseja. (Liker 2010.)

## 2.5.4 Autonomia

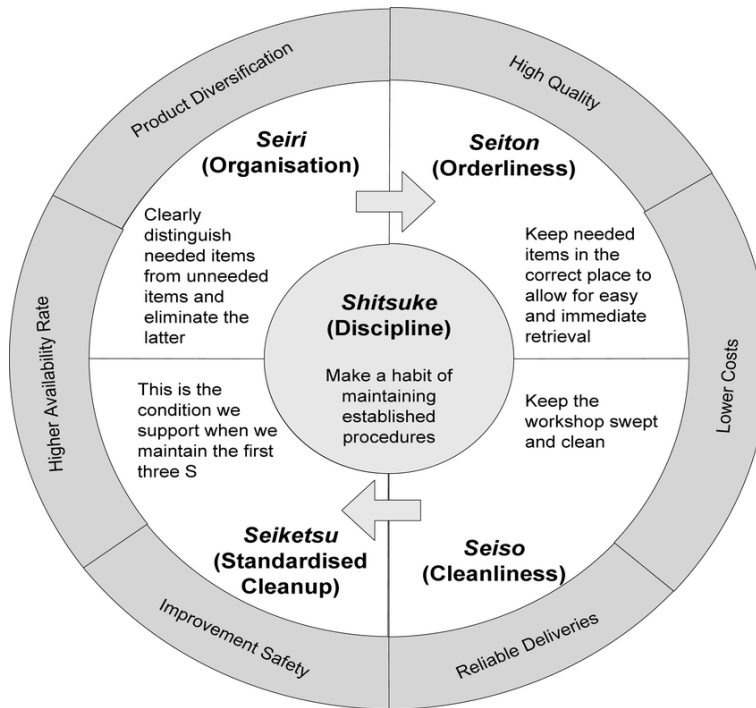
Autonomia työntekijöille on periaate, joka korostaa työntekijöiden roolia ja vastuuta omassa työssään. Lean-filosofiassa työntekijöitä kannustetaan osallistumaan prosessien parantamiseen ja päätöksentekoon. Tämä lisää työntekijöiden sitoutumista ja motivaatiota, mikä edistää Lean-filosofian tehokasta toteutumista organisaatiossa. (Ullakonoja 2024.)

## 2.5.5 5S

5S-menetelmä on yksi Leanin työkaluista, joka perustuu viiden vaiheen prosessiin. Menetelmän nimi tulee japaninkielisistä sanoista seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. Sanat kääntyvät suomeksi sortteeraus, systematisointi, siivoa, standardoi ja seuranta. Sen avulla työympäristö järjestetään ja siivotaan tehokkaaksi ja turvalliseksi. Seuraavaksi esimerkki ohjeet 5S-käyttöönotto projektista. (Puro-aho & Jauhonen 2021.)

1. Sortteeraus (Seiri): Kaikki työpisteen tavarat lajitellaan tarpeellisiin, tarpeettomiin ja ”hyvä olla olemassa” -tavaroihin. Tarpeettomat poistetaan, ja vain tarpeelliset jätetään paikoilleen.
2. Systematisointi (Seiton): Mietitään, mitkä tarvikkeet säilytetään työpisteillä ja mitkä keskitetyksi yhteisissä kaapeissa. Työkalujen paikat merkitään ja materiaalien varastointia ja kulkua optimoidaan.
3. Siivoa (Seiso): Työpisteet ja yhteiset alueet siivotaan perusteellisesti, jotta saadaan esiin tilan tavoiteltu puhtaus. Tämä luo motivaatiota ylläpitää saavutettua siisteyden tasoa.
4. Standardoi (Seiketsu): Yhdenmukaistetaan työtavat ja työpisteet parhaan käytännön mukaisesti. Laaditaan rutiinilista, joka määrittää, milloin ja miten toimenpiteet suoritetaan.

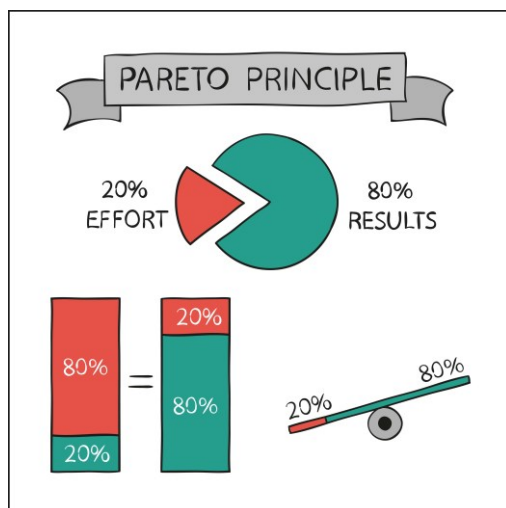
5. Seuranta (Shitsuke): Jatkuvalle seurannalle ja auditoinnille varmistetaan järjestyksen ja siisteyden ylläpito. Näistä vaiheista kaikista tärkein on tämä numero 5 seuranta. Tapojen säilyttämisen vaikutusta ja tehoa ei voi aliarvioida. (Puro-aho & Jauhonen 2021.)



Kuva 3. 5S-prosessin vaiheet. (Hirano 1995.)

### 2.5.6 Pareton laki ja analyysi

Pareto-analyysi on tilastollinen menetelmä, joka auttaa tunnistamaan ja priorisoimaan tärkeimmät ongelmat tai hukat prosesseissa. Se perustuu Pareton lakiin. Laki toteaa, että usein suurin osa ongelmista aiheutuu pienestä määrästä syistä. 20/80-sääntö tarkoittaa sitä, että 20 % tuloksista syntyy 80 % syistä. Esimerkiksi tehtaassa 20 % tuotantolinjoista voi tuottaa 80 % koko tehtaan tuotannosta. Tällöin johdon kannattaisi keskittyä näihin linjoihin, että ne ovat aina kunnossa ja toiminnassa, koska suurin osa tuotannon tehokkuudesta ja volyyymista tulee niistä. (Brameld 2023.)



Kuva 4. Pareto-laki. (Brameld 2023.)

### 2.5.7 Viisi miksi -menetelmä

Viisi miksi -tekniikka on yksi käytetty ongelmanratkaisumenetelmä juurisyiden tutkimisessa. Menetelmä pohjautuu yksinkertaiseen sarjaan ”miksi”-kysymyksiä, joiden avulla pyritään erottamaan ongelman oireet sen todellisista syistä. Tämän menetelmän kehittäjänä pidetään tuotantomenetelmien asiantuntija Taichi Ohnoa, joka työskenteli Toyota Motor Corporationilla. Viiden peräkkäisen kysytyn kysymyksen idea on siinä, että päästään mahdollisimman lähelle oikeaa juurisyitä, koska ongelman oireet voivat usein peittää alleen varsinaisen ongelman syyt. (Samuel, Marathamuthu & Murugaiah 2015.)

Vaikka ”Viisi miksi” on nopea ja kustannustehokas menetelmä, sen toteuttaminen kannattaa silti suunnitella tarkasti. Kysymykset ovat tärkeässä roolissa menetelmän onnistumisen kannalta. Niiden tulisi alkaa selkeästi määritellystä ongelmasta ja edetä loogisesti sen pohjalta. Kysymykset täytyy olla tarkkoja sekä niiden täytyy perustua havaittuihin tosiasioihin, ei oletuksiin. Myös tärkeää on keskittyä koko prosessiin eikä välttämättä yksilöihin, jotka toimivat sen ympärillä. Yksilön tekemät virheet voivat kylläkin olla juurisyitä, mutta menetelmän periaatteiden mukaan on tärkeämpää ymmärtää, miksi kyseinen yksilö teki virheen. Kysymyksien kysymistä tulee siis jatkaa niin kauan, kunnes todellinen syy löydetään. Vaikka tekniikan nimi on ”Viisi miksi”, niin joskus kysymyksiä

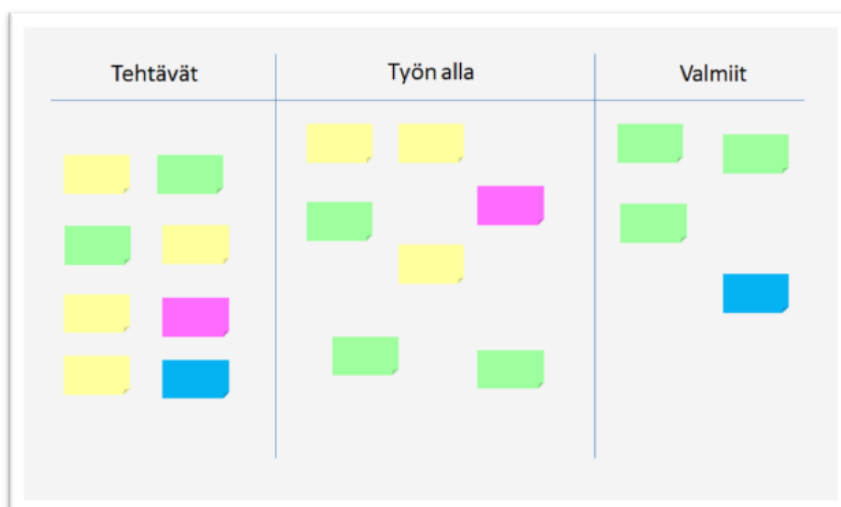
määrä voi tilanteen vaatiessa olla enemmän tai vähemmän kuin viisi. (Samuel, Marathamuthu & Murugaiah 2015.)

<b>Problem</b>	Auto ei käynnisty.
<b>Why</b>	Miksi auto ei käynnisty? Akku on tyhjä.
<b>Why</b>	Miksi akku on tyhjä? Valot jäivät päälle yön yli.
<b>Why</b>	Miksi valot jäivät päälle? Varoitusääni ei toiminut
<b>Why</b>	Miksi varoitusääni ei toiminut? Sulake oli palanut.
<b>Why</b>	Miksi sulake oli palanut? Sitä ei vaihdettu vuosihuollossa.
<b>Root cause</b>	Vuosihuollon prosessissa on vika. Tämä tulee korjata.

Kuva 5. "Viisi miksi" -esimerkki. (Muokattu, Flovio.)

## 2.5.8 Kanban

Kanban on visuaalinen ohjausjärjestelmä, joka auttaa hallitsemaan työnkulkuja ja varastoja. Kanban-järjestelmässä käytetään erivärisiä lappuja, jotka osoittavat työtehtävät tai tuotteet ja niiden tilan prosessissa. Lappujen eri väreillä voidaan myös ilmaista tehtävien erilaisia ominaisuuksia, kuten kiireellisyyttä tai vastuuhenkilöä. Kanban perustuu imuohjaukseen, sen avulla pyritään aloittamaan työ vasta tuotteen kysynnän mukaan. Tuotetta siis tuotetaan lisää aina sama määrä, kuin sitä on äskettäin kulunut. (Liker 2010.)



Kuva 6. Kanban-taulu. (Borgström)

### 2.5.9 Gemba-kävely

Gemba tulee japaninkielisestä termistä, ja se tarkoittaa todellista paikkaa, eli työssä sitä kohtaa, missä arvo tuotetaan. Gemba-kävely on prosessi, jossa esimerkiksi johtajat menevät työpaikalle tarkkailemaan ja oppimaan, kuinka työkentely tapahtuu käytännössä. Kävelyn tarkoituksena on auttaa johtajia ymmärtämään organisaation prosessit syvällisemmin, jonka seurauksena pystytään tunnistamaan ongelmakohdat ja havaitsemaan parannusmahdollisuudet kentältä käsin. Tämä ei ole kuitenkaan kävelyn ainoa tarkoitus, vaan tavoitteena on myös avata vuoropuhelu työntekijöiden ja johtajien välille. Keskusteluiden ja kysymyksien avulla voidaan helpommin löytää ratkaisut ongelmiin ja kehittää prosessit yhteistyössä paremmiksi. (Womack 2011.)

Gemba-kävely edistääkin jatkuvaa parantamista yrityksen sisällä, kun johtajat ja työntekijät pääsevät yhdessä keskustelemaan toiminnan kehittämisestä. Keskusteleminen avaa uusia näkökulmia ja parantaa hyvinvointia yrityksessä. Johtajien tarkoitus tässä tilanteessa on toimia enemmän oppijoina kuin arvioijina ja kuunnella työntekijöiden näkemyksiä sekä kokemuksia työn toteuttamisesta. Suurin hyöty tästä prosessista syntyykin siitä, kun ongelmat havaitaan ja ratkaisut löydetään juuri sieltä, missä työ todella tapahtuu. (Womack 2011.)

## 2.6 Leanin riskit

Leanin käyttöönottoon liittyy myös riskejä, jotka voivat vaikuttaa organisaation menestykseen ja suorituskykyyn. Näitä riskejä tarkasteltaessa on tärkeää ymmärtää, että Lean ei ole vain joukko työkaluja tai menetelmiä, vaan se edellyttää koko organisaation kulttuurin ja toimintatapojen muutosta.

Leanin väärinymmärtäminen tai puutteellinen soveltaminen on yksi merkittävä riski. Organisaatiot saattavat kiirehtiä sen käyttöönotossa ilman asianmukaista koulutusta ja valmistautumista, jolloin Lean nähdään pelkkänä tehokkuuden parantamisen työkaluna eikä laajempaa filosofiana. Tämä voi johtaa siihen, että

Lean-työkaluja käytetään satunnaisesti eikä niiden taustalla olevia periaatteita ymmärretä täysin. Tällainen puutteellinen soveltaminen voi johtaa sen tavoitteiden saavuttamatta jäämiseen ja jopa kielteisiin vaikutuksiin organisaation toiminnassa. (Čiarnienė & Vienažindienė 2012.)

Henkilöstön vastustus tai vastahakoisuus on suuri riski Leanin käyttöönottamisessa. Sen käyttöönotto voi aiheuttaa epävarmuutta ja pelkoa organisaatiossa, erityisesti jos se koetaan uhkana vakiintuneille toimintatavoille tai työtehtäville. Henkilöstön vastustus voi vaikeuttaa Leanin tehokasta käyttöönottoa ja hidastaa sen vaikutusten näkymistä organisaatiossa. On tärkeää huolehtia henkilöstön osallistamisesta ja viestinnästä sekä tarjota heille tarvittavaa tukea ja koulutusta sen periaatteiden ja käytäntöjen ymmärtämiseksi. (Čiarnienė & Vienažindienė 2012.)

Kolmas riski liittyy Lean-periaatteiden ylikorostamiseen tai soveltamiseen liian tiukasti. Lean-filosofian tavoitteena on poistaa hukkaa ja tehostaa prosesseja, mutta liiallinen keskittyminen tehokkuuteen saattaa johtaa siihen, että organisaatio menettää näkyvyyden muihin tärkeisiin tavoitteisiin, kuten laadun ylläpitämiseen tai innovaation edistämiseen. Sen soveltaminen liian tiukasti voi johtaa henkilöstön ylikuormittumiseen ja motivaation laskuun, mikä voi pitkällä aikavälillä heikentää organisaation suorituskykyä. (Čiarnienė & Vienažindienė 2012.)

Neljäs merkittävä riski on ympäristön ja markkinoiden muutosten jättäminen huomiotta. Lean-filosofia korostaa jatkuvaa parantamista ja sopeutumista muuttuviin olosuhteisiin. Joskus organisaatiot saattavat keskittyä liikaa sisäisiin prosesseihin ja unohtaa ulkoiset tekijät, kuten markkinoiden muutokset tai teknologian kehityksen. Tällainen sokea Lean-periaatteiden noudattaminen voi tehdä organisaatiosta haavoittuvaisen ulkoisille häiriöille ja kilpailijoiden etumatkoille. (Čiarnienė & Vienažindienė 2012.)

### 3 Tuotannonohjaus

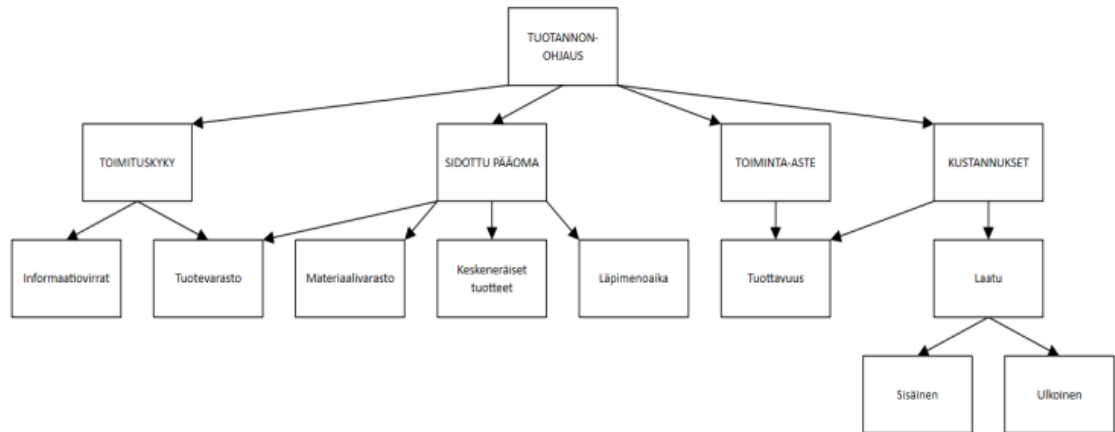
Tämä osio käsittelee tuotannonohjausta, joka on keskeinen osa tuotantoprosessia ja varmistaa resurssien tehokkaan käytön sekä tuotteiden oikea-aikaisen valmistuksen.

#### 3.1 Tuotannonohjaus määritelmä ja tavoitteet

Tuotannonohjaus tarkoittaa tuotantojärjestelmän eri osien yhteensovittamista niin, että yrityksen päämäärät ja tuotantotavoitteet saavutetaan tehokkaasti. Tämä kokonaisuus kattaa tuotannon suunnittelun, toteutuksen, informoinnin ja valvonnan. Tuotannonohjaus varmistaa, että tuotantojärjestelmä toimii optimaalisesti ja että kaikki tarvittavat tekijät toimivat yhteen sujuvasti. Tärkeintä tuotannonohjauksessa on se, että saadaan koordinoitua yrityksen resurssit, kapasiteetti ja prosessit niin, että tuotanto etenee tavoitteiden mukaisesti. (Haverila ym. 2009.)

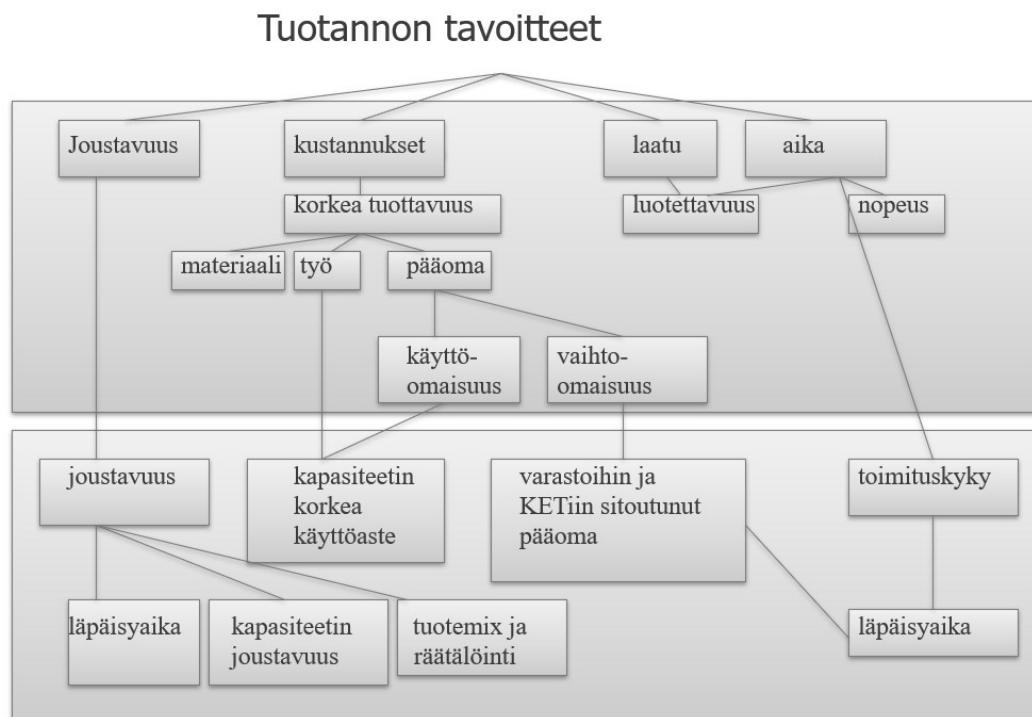
Tuotannonohjauksen tavoitteena on ohjata tuotantojärjestelmää siten, että tuotannon tavoitteet täyttyisivät. Tuotannonohjauksen päätekijät ovat seuraavat.

1. Toimitusaika: Tuotteet toimitetaan asiakkaille sovitussa aikataulussa.
2. Toimitusvarmuus: Tuotteet toimitetaan asiakkaalle aina sovitussa määrässä.
3. Valmistusaika: Aika, joka kuluu tuotteen valmistamiseen tilauksesta valmiiksi tuotteeksi.
4. Sidottu pääoma: Taloudelliset resurssit, jotka on sidottu varastoihin, koneisiin ja muihin tuotantoon liittyviin kohteisiin.
5. Kapasiteetin toiminta-aste ja toimintasuhde: Käytetyn tuotantokapasiteetin osuus yrityksen koko tuotantokapasiteetista ja todellisen tuotannon määrä suhteessa suunniteltuun tai maksimikapasiteettiin.



Kuva 7. Tuotannonohjauksen koostumus. (Haverila ym. 2009.)

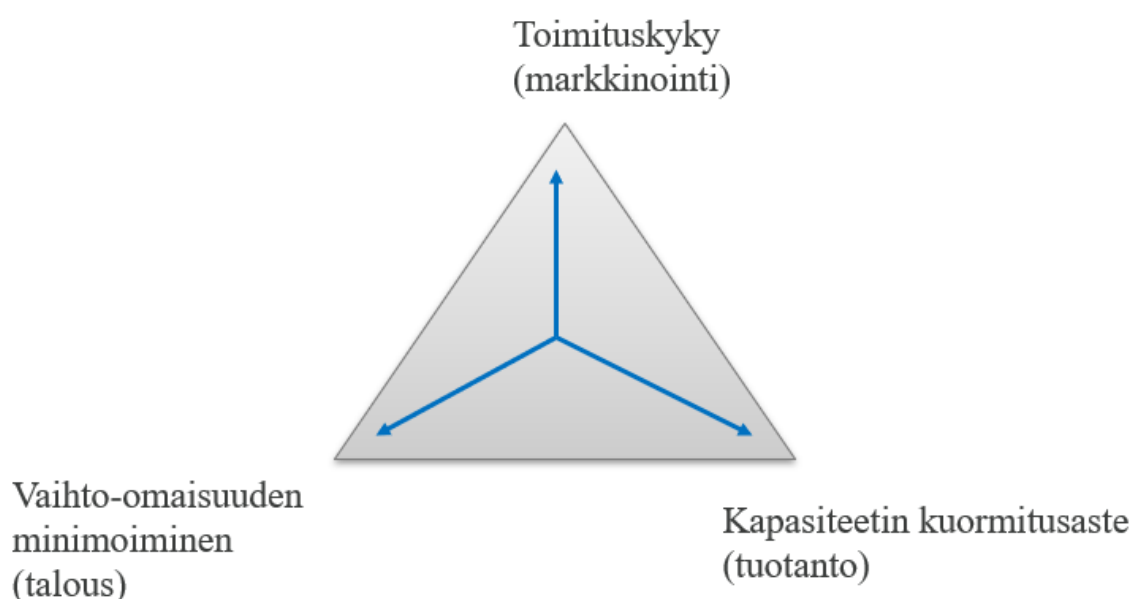
Tuotanto on yksi yrityksen tärkeimmistä toiminnoista. Tuotannon keskeisiä tavoitteita on lyhentää tuotantoaikaa, hallita kustannuksia, varmistaa laatu sekä olla joustava. Tuotannon haasteet liittyvät yleensä prosessien hallintaan ja kehittämiseen. Yksinkertaistettuna siis tuotannon päämääränä on valmistaa haluttu tuote sovittuun aikaan laadukkaasti ja mahdollisimman edullisesti. (Putkiranta 2022.)



Kuva 8. Tuotannon tavoitteet. (Putkiranta 2022.)

Tuotannonohjauksen tavoitteet siis liittyvät suoraan tuotannon tavoitteisiin. Tuotannonohjauksella pyritään optimoimaan monia tärkeitä osa-alueita kuten nämä kolme.

- Toimituskyky (markkinointi): joka kuvastaa kykyä vastata asiakkaiden tarpeisiin luotettavasti ja ajallaan.
- Vaihto-omaisuuden minimointi (talous): tarkoittaa materiaalien ja tuotteiden varastoinnin minimointia, mikä vapauttaa pääomaa ja parantaa kustannustehokkuutta.
- Kapasiteetin kuormitusaste (tuotanto): joka liittyy tuotantoresurssien tehokkaaseen käyttöön, jotta tuottavuus olisi mahdollisimman korkea ilman turhaa hukkaa.



Kuva 9. Tuotannonohjauksen tasapaino. (Putkiranta 2022.)

Nämä kolme tavoitetta muodostavat siis tuotannonohjauksen keskeisen tasapainon, jonka avulla pyritään optimoimaan koko tuotantoprosessi tehokkaaksi ja kilpailukykyiseksi.

## 3.2 Tuotantostrategia

Olennainen osa yrityksen liiketoimintastrategiaa on tuotantostrategia, se määrittelee, kuinka yritys järjestää tuotantotoimintansa tukemaan liiketoiminnan tavoitteita. Tuotantostrategian tarkoituksena on varmistaa, että tuotannon operatiiviset päätökset ja toimenpiteet ovat linjassa koko yrityksen strategisten tavoitteiden kanssa. Sen tulee toimia yhdessä muiden toiminnallisten strategioiden, kuten markkinointistrategian ja hankintastrategian kanssa. (Logistiikanmaailma 2024.)

Tärkeimpiä tuotantostrategisia päätöksiä ovat esimerkiksi seuraavat.

Missä kohtaa arvoketjua yritys sijaitsee eli yrityksen täytyy päättää, mitkä toiminnot se hoitaa itse ja mitkä se hankkii ulkopuolisilta toimittajilta? Tätä päätöstä kutsutaan ”make or buy” -päätökseksi. Tämä päätös, käyttääkö omaa tuotantoa vai ostaako muualta, vaikuttaa suoranaisesti yrityksen kustannuksiin, kilpailukykyyn sekä toimitusketjun hallintaan.

Tuotantokapasiteetin hallinta, eli yrityksen täytyy miettiä, missä tuotantolaitosten kannattaisi sijaita sekä lisätäänkö vai vähennetäänkö tuotantokapasiteettia. Tällä päätöksellä voidaan vaikuttaa toimituskykyyn sekä tuotannon tehokkuuteen ja joustavuuteen.

Tuotantoverkoston ja tehtaiden kohdalla yrityksen täytyy miettiä, tavoitellaanko skaalaetuja suuremmista tuotanto yksiköistä vai hajautetaanko tuotanto lähemmäksi asiakkaita esimerkiksi toimitusten ja pienempien kuljetuskustannusten vuoksi.

Tuotantotavan ja hyödynnettävien teknologioiden kohdalla yrityksen täytyy tehdä päätöksiä siitä, mitä tuotantotapaa käytetään ja mitä tuotantoteknologioita valitaan sen tukemiseksi. Oikeat ohjaus- ja johtamisjärjestelmät auttavat yritystä lisäämään sen tuotannon tehokkuutta ja laatua. (Logistiikanmaailma 2024.)



Kuva 10. Tuotantostrategian oleellimmat osa-alueet. (Haverila ym. 2009.)

Tuotantostrategian onnistuminen vaatii keskittymistä kahteen erittäin tärkeään tekijään eli kysyntään ja valmistettaviin tuotteisiin. Kysynnän tasaisuus ja ennakoitavuus ohjaavat tuotannon hallintaa, ja parempi käsitys kysynnästä voi parantaa asiakaspalvelua sekä tehostaa tuotannon toimintaa. Valmistettavien tuotteiden osalta tuotekehitys, standardoidut osat ja modulaarinen suunnittelu lisäävät tuotannon joustavuutta ja vähentävät tuotantokustannuksia. Tuotteiden suunnittelu vaikuttaa myös suoraan siihen, että mitä tuotantoteknologioita ja prosesseja kannattaa käyttää. (Logistiikanmaailma 2024.)

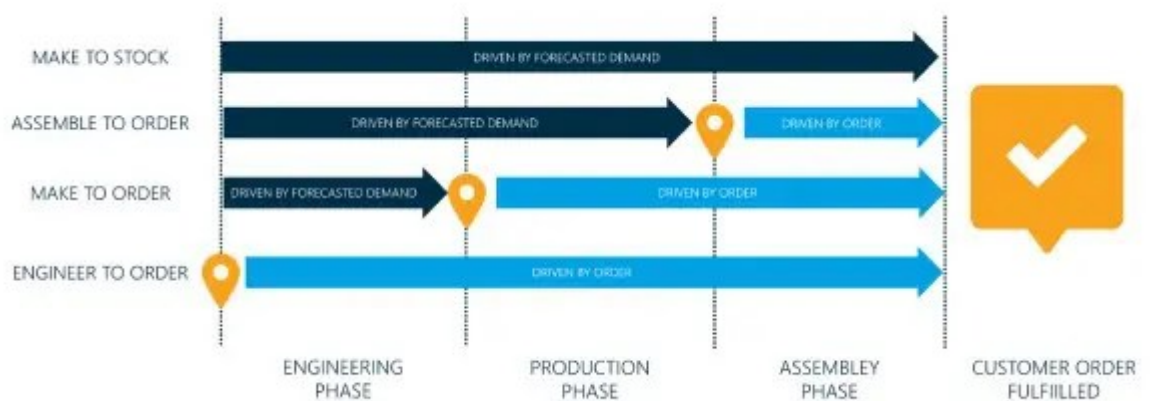
### 3.3 Asiakastilauksen kohdentamispiste

Asiakastilauksen kohdentamispiste eli ”Customer order decoupling point” (CODP) on toimitusketjun ja tuotannon hallinnan keskeinen käsite, joka määrittää, missä vaiheessa tuotantoprosessi siirtyy ennustepohjaisesta tuotannosta asiakastilauspohjaiseen tuotantoon. Tämä piste kuvaa kohtaa, jossa tuotanto muuttuu massa varastotuotannosta yksilöllisten asiakastilausten mukaan räätälöidyksi tuotannoksi. Ennen CODP-pistettä tuotanto perustuu ennusteisiin ja

tehdään varastoon odottamaan asiakastilauksia. Tämä ennustepohjainen osuus tuotantoprosessista mahdollistaa suuren mittakaavan ja tehokkuuden, koska tuotteita valmistetaan standardoidusti ilman asiakaskohtaisia vaatimuksia. (Wikner & Rudberg 2005.)

Kohdentamispisteen (CODP) jälkeen tuotanto alkaa reagoida suoraan asiakastilauksiin, jolloin tuotteen räätälöinti ja yksilölliset ominaisuudet tulevat mukaan prosessiin. Tämä osuus tuotannosta on usein monimutkaisempaa ja aikaa vievämpää, koska se vaatii tuotantokapasiteetin ja resurssien joustavaa hallintaa, jotta asiakkaiden erityistarpeet voidaan täyttää. (Wikner & Rudberg 2005.)

CODP:n sijainti vaikuttaa suoraan yrityksen kykyyn vastata markkinoiden muutoksiin ja asiakastarpeisiin. Jos CODP on sijoitettu lähelle tuotantoprosessin loppupäätä, yritys voi reagoida nopeammin asiakastilauksiin, mutta se saattaa samalla joutua kantamaan korkeampia varastointikustannuksia ennusteperusteisesta tuotannosta. Tämä tarkoittaa sitä, jos CODP on sijoitettu aikaisempaan vaiheeseen tuotantoprosessissa, yritys voi pitää varastointikustannukset alhaisempina, mutta se voi kohdata haasteita vastata nopeasti asiakkaiden räätälöintipyyntöihin ja yksilöllisiin tarpeisiin. (Wikner & Rudberg 2005.)



Kuva 11. Asiakastilauksen kohdentamispisteen eri tuotantomuodot (Phipps 2024.)

## 3.4 Tuotantotyypit

Tuotantotyypit määrittelevät, millä tavalla ja missä vaiheessa tuotteet valmistetaan asiakastarpeisiin. Ne vaihtelevat ennakoidusta varastotuotannosta yksilöllisesti räätälöityyn tilaustuotantoon, mikä riippuu kysynnän ennustettavuudesta, asiakaskohtaisista vaatimuksista ja toimitusajoista. Perustuotantotyyppinä on neljä, ja ne ovat varasto-ohjautuva tuotanto (Make-to-Stock, MTS), kokoonpano-ohjautuva tuotanto (Assemble-to-Order, ATO), tilauksesta valmistus (Make-to-Order, MTO) ja tilauksesta suunnittelu (Engineer-to-Order, ETO). Perustuotantotyyppien lisäksi voidaan määritellä muita tuotantomuotoja sen perusteella, mitä tuotantoprosessissa tapahtuu ennen asiakastilausta ja mitä sen jälkeen. (Sapot 2024.)

### 3.4.1 Varasto-ohjautuva tuotanto (MTS)

Varasto-ohjautuva tuotanto on tuotantostrategia, jossa tuotteita valmistetaan ennustetun kysynnän perusteella ja varastoidaan, kunnes

ne myydään. Tätä tuotantostrategiaa käytetään aloilla, joilla kysyntä on tasaista ja ennakoitavissa, ja sen etuna on nopea reagointi asiakastarpeisiin, koska valmiit tuotteet ovat heti saatavilla. (Sapot 2024.)

Varasto-ohjautuva tuotanto perustuu myyntiennusteisiin ja tuotannosuunnitteluun, joissa arvioidaan ja valmistetaan tarvittava määrä tuotteita etukäteen. Strategian hyödyt ovat asiakastyytyväisyys ja mittakaavaedut, mutta väärät ennusteet voivat johtaa ylimääräiseen varastoon tai varastopulaan, mikä vaikuttaa negatiivisesti kannattavuuteen. (Sapot 2024.)

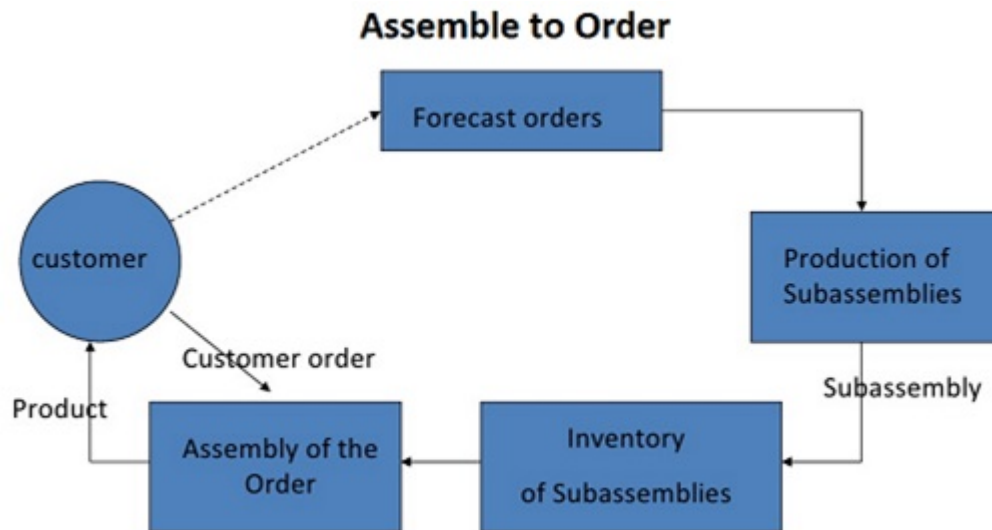
### 3.4.2 Kokoonpano-ohjautuva tuotanto (ATO)

Kokoonpano-ohjautuva tuotanto on tuotantostrategia, jossa tuotteiden lopullinen kokoonpano tapahtuu vasta asiakastilauksen saavuttua. Tämä strategia perustuu siihen, että tuotteen osat ja komponentit valmistetaan ennakkoon kysynnän ennusteen perusteella, mutta itse tuotteen varsinainen kokoaminen ja räätälöinti

tapahtuu vasta, kun asiakas on tehnyt tilauksen. Kokoonpano-ohjautuva tuotanto mahdollistaa yrityksille nopeamman reagoinnin asiakkaiden tarpeisiin, sillä suuri osa työstä eli osien valmistus on tehty jo etukäteen. Samalla se tarjoaa mahdollisuuden mukauttaa tuotteita asiakaskohtaisesti, koska lopullinen kokoaminen voidaan räätälöidä tilauksen mukaan. (Hale 2003.)

Kokoonpano-ohjautuvan tuotannon yksi suurimmista eduista on sen kyky yhdistää massatuotannon tehokkuus ja yksilöllisten asiakastarpeiden huomioon ottaminen. Varastossa ei pidetä valmiita tuotteita, vaan ainoastaan osia ja komponentteja, mikä vähentää valmiiden tuotteiden varastointikustannuksia ja minimoi riskin siitä, että varastoon jäisi vanhentuneita tuotteita. Tämä varastonhallinnan malli myös lyhentää toimitusaikoja, sillä komponenttien valmistusprosessi on jo valmiiksi hoidettu ennen tilausta, ja jäljelle jää vain lopullinen kokoonpano, joka voidaan suorittaa suhteellisen nopeasti. (Hale 2003.)

Toinen merkittävä etu kokoonpano-ohjautuvan tuotannon käytöstä on joustavuus. Yritykset voivat mukautua nopeasti muuttuviin asiakastarpeisiin tai markkinatilanteisiin tekemällä vain pieniä muutoksia kokoonpanoprosessiin sen sijaan, että koko tuotantoprosessia pitäisi muuttaa. Tämä vähentää riskejä ja lisää yrityksen kykyä vastata nopeasti kysynnän vaihteluihin. Erityisesti teollisuudenaloilla, kuten elektroniikassa, autoalalla ja tietokonetuotannossa kokoonpano tuotannon joustavuus ja tehokkuus ovat tärkeitä kilpailuetuja, koska näillä aloilla kysyntä on usein ennakoimatonta ja asiakkaat odottavat tuotteiden mukauttamista omien tarpeidensa mukaan. (Hale 2003.)



Kuva 12. Kokoonpano-ohjautuva tuotanto. (Mbaskool 2023.)

### 3.4.3 Tilauksesta valmistus (MTO)

Tilauksesta valmistus on tuotantostrategia, jossa tuotteet valmistetaan vasta asiakastilauksen jälkeen. Tämä mahdollistaa tuotteiden räätälöinnin asiakkaan toiveiden mukaan ja vähentää varastointiin liittyviä riskejä, kuten ylijäämää ja vanhentumista. Tilauksesta valmistaminen sopii erityisesti erikoistuneille aloille, kuten lentokone-, auto- ja rakennusteollisuudelle, joilla tuotteet ovat yksilöllisiä, monimutkaisia tai kalliita varastoida. (Hayes 2024.)

Tilauksesta valmistamisen etuja ovat asiakkaan tarpeisiin räätälöidyt tuotteet ja tehokas varastonhallinta. Haasteina ovat pidemmät toimitusajat, koska tuotanto aloitetaan vasta asiakkaan tekemän tilauksen jälkeen sekä valmistamisesta syntyvät korkeammat kustannukset, koska lähtökohtaisesti yksilöllisten tuotteiden valmistaminen on kalliimpaa kuin massatuotanto. (Hayes 2024.)

### 3.4.4 Tilauksesta suunnittelu (ETO)

Kun asiakas tarvitsee tarkasti räätälöidyn tuotteen, se vaatii tarkkaa suunnittelua. Tällöin käytetään tuotantostrategiaa nimeltä tilauksesta suunnittelu, jossa

tuotteet suunnitellaan ja valmistetaan alusta asti asiakkaan yksilöllisten tarpeiden mukaan. Tilauksesta suunnittelu tuotanto eroaa muista tuotantostrategioista, kuten tilauksesta valmistamisesta (MTO) ja kokoonpano-ohjautuvasta tuotannosta (ATO), koska siinä asiakas pääsee vaikuttamaan tuotteen suunnitteluun suoraan, eikä kyse ole vain valmiiden vaihtoehtojen valinnasta. Prosessi alkaa asiakkaan vaatimusten määrittelyllä ja tarjouksen laatimisella, minkä jälkeen suunnitellaan tuotteen materiaalit ja valmistusprosessi. Tuote suunnitellaan, valmistetaan, testataan ja toimitetaan vasta sitten asiakkaalle. (Turovski 2023.)

Tilauksesta suunnittelun käytöstä saadut merkittävimmät hyödyt ovat korkea räätälöitävyys ja joustavuus, mikä mahdollistaa yksilöllisten ratkaisujen tuottamisen. Haasteina ovat kuitenkin pidemmät toimitusajat ja korkeammat kustannukset, koska tuotekehitys ja tuotantoprosessit ovat monimutkaisempia kuin valmiiden tuotteiden valmistuksessa. Jotta tämän tuotantotyyppin käyttäminen voi onnistua, se vaatii tehokasta viestintää asiakkaan kanssa, tarkkaa dokumentointia sekä moderneja ERP- ja MRP-järjestelmiä tuotannon ja materiaalien hallintaan. (Turovski 2023.)

### 3.5 Tuotannon tasapainottaminen

Tuotannon tasapainottaminen on prosessi, jossa tuotantolinjan työvaiheet jaetaan optimaalisesti eri työasemille. Tarkoituksena prosessin toteutukselle on, että tuotantolinja toimisi mahdollisimman tehokkaasti ja tasaisesti. Tasapainottamisella pyritään vähentämään odotusaikoja ja poistaa pullonkauloja, jotta tuotantoprosessi pysyy sujuvana ja vastaa asiakaskysyntään parhaalla mahdollisella tavalla. (Mazumder, Padmanabhan & Thenarasu 2020.)

Tahtiaika määrittää tuotannon nopeuden. Tahtiaika tarvitaan tietoon, jotta pystytään vastaamaan koko asiakaskysyntään. Se lasketaan jakamalla käytettävissä oleva työaika tuotantomäärällä. Eli, jos työaika on 450 minuuttia päivässä ja tuotannon kysyntä on 150 yksikköä, tahtiaika on silloin 3 minuuttia yksikköä

kohden. Tuotteita täytyy siis valmistaa vähintään kolmen minuutin välein, jotta päivän koko kysyntä saadaan täytettyä.

$$\text{Tahtiaika} = \frac{\text{Käytettävissä oleva tuotantoaika}}{\text{Keskimääräinen kysyntä}}$$

Kaava 1. Tahtiaika. (Putkiranta 2022.)

Vaiheaika eli lead time on ajanjakso, joka kuluu prosessin aloittamisesta sen loppumiseen. Tuotannossa vaiheaika saadaan siis laskettua, kun lasketaan työvaiheiden yhteiskesto. Yleensä mitä lyhyempi vaiheaika, sitä joko tehokkaampi tuotanto tai yksinkertaisempi tuote.

Työasemien lukumäärä määritetään tuotantovaiheiden ja tahtiajan perusteella. Työasemat tulee siis jakaa niin, että jokainen vaihe valmistuu tahtiajan puitteissa. Työasemien oikea määrä vähentää tuotantoprosessin viiveitä ja parantaa tehokkuutta. Eli jos tuotannon vaiheaika 30 minuuttia yksikköä kohden ja tahtiaika 3 minuuttia per yksikkö. Tällöin tarvitsemme 10 työasemaa, jotta vaiheaika toteutuu.

$$\text{Työasemien määrä} = \frac{\text{Vaiheaika}}{\text{Tahtiaika}}$$

Kaava 2. Työasemien määrä. (Putkiranta 2022.)

Tehokkuusprosentti on yksi tärkeimmistä mittareista. Se kuvastaa tuotantolinjan kyvyn hyödyntää kapasiteettiaan. Mitä korkeampi tehokkuusprosentti, sitä paremmin tuotantolinja on tasapainotettu ja se minimoi hukan sekä pullonkaulat. Eli jos vaiheaika on 80 minuuttia, työpisteitä on 5 ja tahtiaika on 15,6 minuuttia. Tällöin tehokkuusprosentti on 97,5 %. Tämä tulos meinaa sitä, että tuotantoprosessi toimii lähes täydellä kapasiteetillaan, mutta ei aivan täysin. 2,5 % osalla ajasta tapahtuu jotain viivettä ja tehottomuutta. Sataprosenttinen tehokkuus tarkoittaisi, että tuotanto toimii täydellisesti eikä siitä synny yhtään hukkaa.

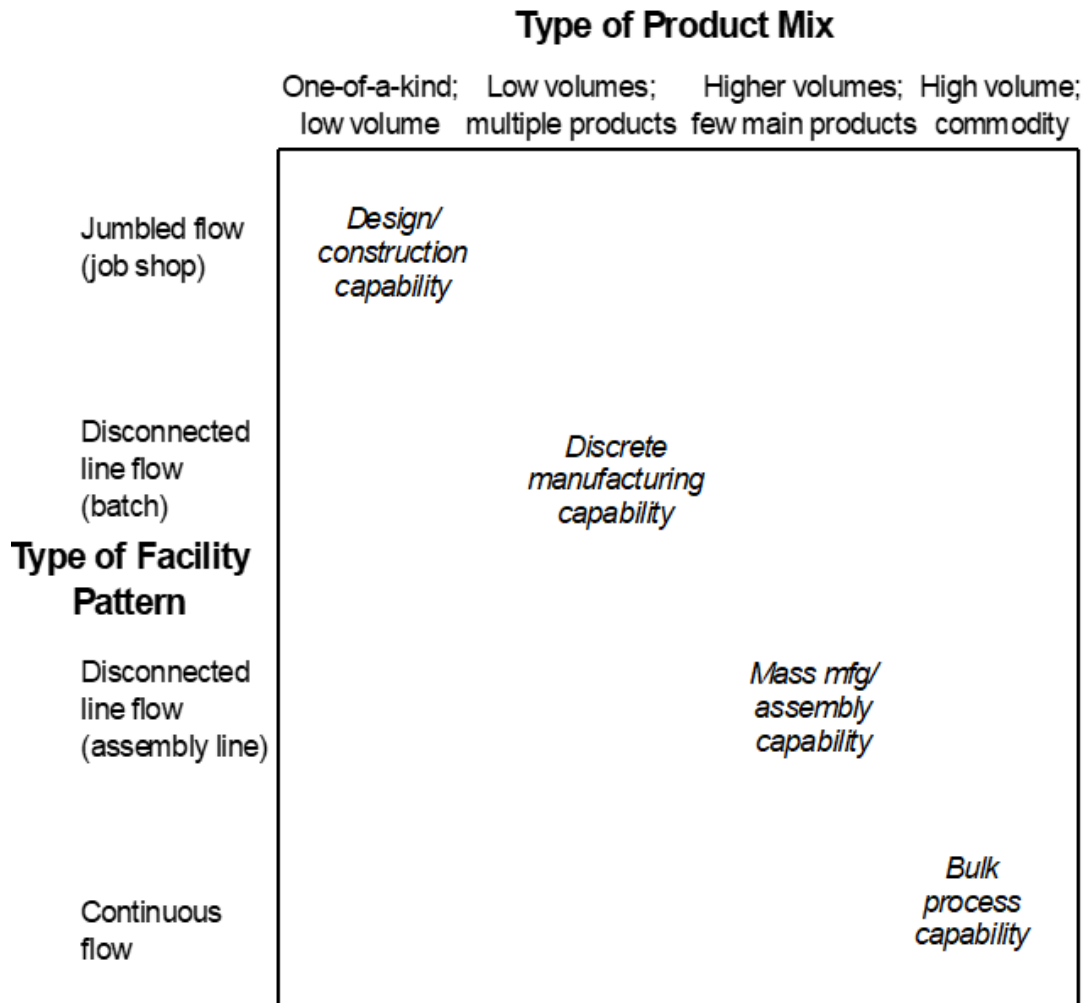
$$\text{Tehokkuus \%} = \frac{\text{Vaiheaika}}{(\text{Työpisteiden lkm}) * (\text{Tahtiaika})} * 100$$

Kaava 3. Tehokkuusprosentti. (Putkiranta 2022.)

### 3.6 Tuoteprosessimatriisi

Tuoteprosessi-matriisi kehitettiin auttamaan yrityksiä ymmärtämään ja optimoimaan tuotteen elinkaaren ja tuotantoprosessin yhteensopivuutta strategisessa päätöksenteossa. Sen kehittivät Richard Hayes ja Steven Wheelwright, jotka pyrkivät yhdistämään tuotteen markkinavaiheet ja siihen parhaiten soveltuvat tuotantoprosessit. Matriisin tarkoitus on havainnollistaa, miten tuotteen kehitys kulkee alkuvaiheen joustavasta valmistuksesta kohti standardoitua ja tehokasta tuotantomallia, ja auttaa yrityksiä valitsemaan oikean tuotantostrategian tuotteen elinkaaren eri vaiheissa. (Hayes & Wheelwright 1979.)

Matriisissa on kahdenlaisia sarakkeita: vaakasuoria sekä pystysuoria. Vaakasuorat sarakkeet edustavat tuotteen elinkaaren vaiheita. Nämä vaiheet alkavat tuotteen suuresta muuntelumahdollisuudesta ja siirtyvät kohti vakiintuneita tuotteita. Pystysarakkeet taas kuvaavat tuotantoprosessin kehittymistä joustavasta, mutta tehottomasta prosessista kohti standardoitua, tehokasta ja vähemmän joustavaa prosessia. (Hayes & Wheelwright 1979.)



Kuva 13. Tuoteprosessimatriisi. (Putkiranta 2022.)

Yrityksen sijainti tuoteprosessimatriisissa määräytyy kahden tekijän perusteella, tuotteen elinkaaren vaiheen ja tuotantoprosessin ominaisuuksien mukaan. Jos tuote on vasta kehitysvaiheessa ja vaatii joustavuutta, yritys sijoittuu matriisin yläosaan, jossa tuotantoprosessi on mukautuva, mutta tehoton. Kun tuote kehittyy ja sen valmistus vakioituu, yritys siirtyy kohti keskiosaa. Keskiosassa prosessit ovat tehokkaampia, mutta silti säilyttävät jonkin verran joustavuutta. Matriisin alaosaan siirtyessä tuotteesta on tullut hyödyke, ja yritys tällöin keskittyy massatuotantoon. Tällöin tuotanto on täysin automatisoitua ja kustannustehokasta, mutta joustamatonta. (Hayes & Wheelwright 1979.)

Tuoteprosessimatriisin käyttö tarjoaa yrityksille selkeän tavan yhdistää tuotteen elinkaari ja tuotantoprosessin kehitys. Tämä voi auttaa tekemään parempia strategisia päätöksiä. Matriisin avulla yritys voi valita tuotantoprosessin, joka parhaiten tukee tuotteen senhetkistä kehitysvaihetta. Tämä puolestaan mahdollistaa valmistuskustannusten optimoinnin ja tuotannon tehokkuuden lisäämisen. Alkuvaiheessa yritys voi säilyttää tarvittavan joustavuuden ja siirtyä tehokkaampiin automatisoituihin prosesseihin, kun tuote on kypsynyt ja markkinat vakiintuvat. Matriisin käyttö auttaa yritystä saavuttamaan kilpailuetua, sopeutumaan markkinoiden muutoksiin ja optimoimaan resurssien käyttöä tuotteen elinkaaren jokaisessa vaiheessa. (Hayes & Wheelwright 1979.)

### 3.7 Suorituskykymittarit

Suorituskykymittarit eli KPI:t ovat olennaisia mittareita, joilla voidaan arvioida organisaation tehokkuutta ja tuloksia. Ne toimivat johdon apuna päätöksenteossa ja ohjaavat resursseja oikeisiin paikkoihin, jotta toiminta olisi mahdollisimman tuottavaa. Kun suorituskykymittareita valitaan, on tärkeää keskittyä niihin mittareihin, jotka todellisuudessa kuvaavat yrityksen strategisten tavoitteiden ja kriittisten menestystekijöiden toteutumista. Tällä voidaan varmistaa, että mittareiden avulla kerättävä tieto on aidosti hyödyllistä päätöksenteossa. (Parmenter 2015.)

Hyvin valitut suorituskykymittarit pohjautuvat organisaation strategisiin painopisteisiin. Tärkeää on, että mittarit kohdistuvat niihin toimintoihin ja prosesseihin, jotka todella vaikuttavat organisaation menestykseen. Tämä edellyttää ymmärrystä siitä, mitkä prosessit ovat keskeisiä tavoitteiden saavuttamisessa. Tuotannossa mittareita voidaan käyttää esimerkiksi seuraamaan laadun tasoa, kustannuksia, aikaa, joustavuutta tai muuten vain yleisesti tuotannon tehokkuutta. (Parmenter 2015.)

Mittareiden onnistunut käyttöönotto vaatii huolellista suunnittelua ja selkeää viestintää koko organisaation tasolla. Työntekijöiden tulee ymmärtää, miksi tiettyjä mittareita seurataan ja miten ne vaikuttavat heidän päivittäiseen työhönsä ja

organisaation menestykseen. Myös tulee muistaa, että mittareista saatua tietoa tarkastellaan säännöllisesti ja käytetään toiminnan jatkuvaan parantamiseen. Tämä voi vaatia lisäkoulutusta työntekijöille ja tehokkaita järjestelmiä tiedon keräämistä ja analysointia varten. (Parmenter 2015.)

Suorituskykymittareita tulisi jatkuvasti kehittää, jotta ne pysyvät ajan tasalla ja vastaavat liiketoimintaympäristön muutoksiin. KPI:den on oltava joustavia, jotta ne voidaan sovittaa yrityksen strategiaan muutoksiin tai markkinoiden vaatimukseen. Samalla on tärkeää välttää mittareiden liiallista monimutkaisuutta. On usein parempi keskittyä muutamaa olennaiseen mittariin, jotta kokonaiskuva pysyy selkeänä eikä huomio hajaannu vähemmän merkittäviin asioihin. (Parmenter 2015.)

Process KPI	Supply Chain KPI	Quality KPI	Business KPI
Equipment Availability	On-time Delivery to Customer	Defects per Thousand Units	Market Share
Customer Lead Time	Cost per Pound	Customer Satisfaction	Return on Investment (ROI)
Overall Equipment Effectiveness (OEE)	Dock to Stock	Internal Quality Audit Results	Payback Period
Plant Uptime	On-time Shipping from Warehouse		Profitability
Equipment Downtime	Accuracy of Order Fulfillment		
Labor Productivity	Days in Inventory		
	Unit Cost		
	Delivery Costs		

Kuva 14. Teollisuuden alan yrityksen suorituskykymittareita. (Frahm 2017.)

### 3.8 Tuotantojärjestelmän ohjattavuus

Jotta tuotantojärjestelmä pystyy toimimaan optimaalisesti, tulee huomioida sen ohjattavuuteen vaikuttavat tekijät. Termillä tuotantojärjestelmän ohjattavuus tarkoitetaan järjestelmän kykyä vastata tehokkaasti muutoksiin ja säilyttää haluttu toimintataso. Järjestelmän ohjattavuuteen vaikuttaa kahdenlaisia tekijöitä. Sisäiset tekijät, joita on esimerkiksi prosessien ja resurssien hallinta sekä ulkoiset te-

kijät, kuten markkinoiden vaihtelut ja toimitusketjun häiriöt. Oikein ohjattu tuotantojärjestelmä mahdollistaa nopean reagoinnin ja minimoi häiriöt tuotannossa. (Putkiranta 2022.)

### 3.8.1 Sisäiset tekijät

Sisäiset tekijät koostuvat lähinnä tuotantoprosessin rakenteellisista ominaisuuksista. Ne vaikuttavat siihen, kuinka joustavasti ja tehokkaasti tuotantoprosessia pystytään hallitsemaan. Oleellisimpina tekijöistä voidaan pitää tuotantoprosessin selkeyttä sekä materiaalivirtojen ja layoutin suunnittelua. Tämä parantaa koko tuotantojärjestelmän toiminnan sujuvuutta, kun asiat ovat tarkoin suunniteltuja. Tekijät kuten erä koko ja läpäisy aika taas vaikuttavat kuinka nopeasti tuotanto pystyy toimimaan. Kun henkilöstö on osaavaa ja motivoitunutta se tukee järjestelmän kykyä sopeutua tuleviin muutoksiin. Markkinoiden tarpeisiin ja tuotannon skaalautuvuuteen voidaan vaikuttaa yrityksen tarjoamalla tuotteilla eli tuotemix:illä ja niiden eri tuotevariaatioilla. Tuotantojärjestelmään vaikuttavia sisäisiä tekijöitä listattuna kuvaan 15. (Putkiranta 2022.)

#### Tuotantojärjestelmän ohjattavuus: Sisäiset tekijät

- Tuotantomuoto
- läpäisy aika
- eräsuuruus
- materiaalivirtojen selkeys
- layoutin selkeys
- tuotantoyksikön koko
- henkilöstön osaaminen
- motivaatio
- organisointiperiaatteet
- toiminna laatu
- Tuotantoprosessin laaduntuottokyky
- kapasiteetin joustavuus
  - määrät
  - tuotemix
  - tuotetyyppi
- lisäkapasiteetin saatavuus
- KETin määrä
- tuotteiden ja variaatioiden määrä
- ohjattavien nimikkeiden määrä
- ohjattavien työvaiheiden määrä

Kuva 15. Tuotantojärjestelmän ohjattavuuteen vaikuttavat sisäiset tekijät. (Putkiranta 2022.)

### 3.8.2 Ulkoiset tekijät

Tuotantojärjestelmään vaikuttaa myös tuotantoympäristön ulkopuolelta tulevia tekijöitä. Näitä kutsutaan ulkoisiksi tekijöiksi ja ne ovatkin yleensä yrityksen kontrollin ulottumattomissa. Kuvassa 16 on listattu tuotantojärjestelmään vaikuttavia ulkoisia tekijöitä. Kuvassakin mainitut markkinat, suhdanteet, asiakkaat ja toimittajat vaikuttavat suoranaisesti kysyntään ja tuotteiden oikea-aikaiseen tarjontaan. Tällöin asiakkaat pysyvät tyytyväisinä, jos yritys pystyy tarjoamaan haluttuja tuotteita oikeaan aikaan. Tämä myös luo kilpailuetua ja luotettavuutta markkinoilla. Asiakkaat ovat yrityksen toiminnan kannalta elintärkeitä, siksi toimitusketjun (SCM) toimivuudesta on pidettävä huolta, jotta asiakkaat saavat tuotteensa sovitusti perille. Myös erilaiset häiriöt ja lakot, voivat horjuttaa tuotantoa. Kun menekkiä eli materiaaleja ei ole saatavilla on tuotannon mahdotonta toimia jatkuvasti ja tällöin toimitusajat viivästyvät. (Putkiranta 2022.)

Yritysten kannattaa siis pitää huoli, että tuotantojärjestelmään vaikuttavat sisäiset ja ulkoiset tekijät otetaan huomioon tarpeeksi ajoissa. Tekijöitä tarkasti hallitsemalla yritys pystyy säilyttämään kilpailukykynsä ja minimoimaan häiriöitä. (Putkiranta 2022.)

## Tuotantojärjestelmän ohjattavuus: Ulkoiset tekijät

- Markkinat
- Suhdanteet
- Asiakkaat
- toimittajat
- yhteistyökumppanit
- SCM
- teknologia
- talous
- Toimitusaikavaatimus
- toimitusaikajousto
- asiakaskohaiset tuotevaatimukset
- menekin ennustettavuus
- materiaalien toimitusaika
- materiaalimenekin ennustettavuus ja saanti
- toimitusaikojen pitävyys
- lakot etc häiriöt

Kuva 16. Tuotantojärjestelmän ohjattavuuteen vaikuttavat ulkoiset tekijät. (Putkiranta 2022.)

### 3.9 Massaräätälöinti

Massaräätälöinti on valmistusstrategia, jossa yhdistyvät massatuotannon tehokkuus ja yksilöllisen tuotteen räätälöinti asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Tavoitteena on tarjota suurelle asiakaskunnalle tuotteita, jotka ovat tarkasti personoituja mutta silti tuotettuja nopeasti ja kustannustehokkaasti. (Pine 1993.)



Kuva 17. Massaräätälöinnissä yhdistyvät massatuotannon ja yksittäistuotannon skaalaedut. (Elonen 2023.)

Keskeisimpänä tavoitteena on säilyttää tehokkuus ja joustavuus, jolla myös voidaan mahdollistaa kustannusten alhaisuus. Tämä voidaan saavuttaa käyttämällä modulaarista tuotearkkitehtuuria. Perinteisessä massatuotannossa (MTS)

identtiset tuotteet pyritään valmistamaan suurina erinä. Kun taas massaräätälöidyssä tuotannossa tuotteet suunnitellaan ja tuotetaan modulaarisesti eli eri osia ja komponentteja voidaan yhdistellä asiakkaan valintojen perusteella. Valintoja on kuitenkin vain tietty rajattu määrä ja ne perustuvat ennalta määriteltyihin vaihtoehtoihin. Tätä kutsutaan differoinnin lykkäämiseksi. Asiakas saa siis osallistua tuotteen personointiin, mutta valinnat tehdään ennalta määritellyistä komponenteista. (Pine 1993.)

Asiakaskeskeisyys on massaräätälöinnin ydin. Yritykset keräävät tarkkaa tietoa asiakkaiden mieltymyksistä, ja tätä tietoa he hyödyntävät tuotteiden suunnittelussa ja valmistuksessa. Valmiista vaihtoehtoista asiakas voi valita tuotteelleen haluamansa eri ominaisuuksia, kuten esimerkiksi autoa ostaessa asiakas voi valita auton värin, moottorityypin, sisätilojen varustelutason tai muita lisävarusteita. Näin asiakas juuri hänen tarpeisiinsa ja toiveisiinsa sopivan tuotteen. Tämä lisää asiakastyytyvääisyyttä ja sitoutumista yrityksen sekä brändiin. (Pine 1993.)

### 3.9.1 Hyödyt

Massaräätälöinnistä on hyötyä molemmille osapuolille asiakkaalle, että valmistavalle yritykselle. Asiakkaalle arvoa tuo massaräätälöinnin henkilökohtaisuus ja ainutlaatuisuus, kun taas yritykselle se antaa mahdollisuuksia parempiin katteisiin ja tehokkaampaan tuotantoon. Käydään lyhyesti läpi molempien osapuolten tärkeimmät hyödyt. (Elonen 2023.)

Massaräätälöinti tuo asiakkaalle merkittävimmän arvon tuotteiden personoinnin ja yksilöllisyyden kautta. Asiakas hyötyy, kun tuote vastaa täysin juuri hänen tarpeitaan ja tällöin heijastaa hänen omaa persoonallisuuttaan. Tämä sitouttaa ainutlaatuisen ja merkityksellisen tuotteen asiakkaaseen. Niin sanottu yhteissuunnitteluprosessi tuo asiakkaalle arvoa hedonisen kokemuksen kautta tarjoten iloa ja jännitystä, kun asiakas saa vaikuttaa tuotteeseen. Suunnittelu tai valinta pro-

sessin tulee kuitenkin olla asiakkaalle helppo ja yksinkertainen, koska monimutkaisuus voi saada asiakkaan innostuksen laskemaan ja tällöin koettu arvo heikenee. (Elonen 2023.)

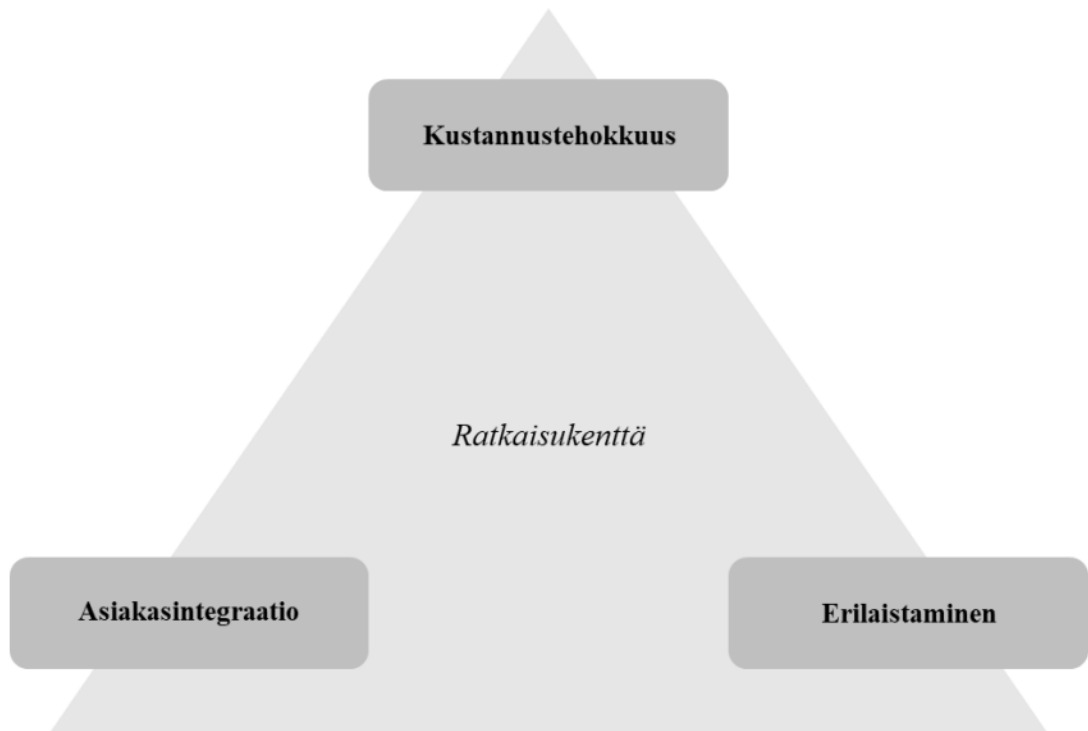
Valmistavan yrityksen näkökulmasta massaräätälöinti mahdollistaa korkeamman hinnoittelun, joka parantaa yrityksen katteita. Massatuotannon tehokkuudella pystytään pitämään valmistuskustannukset alhaisina samalla, kun räätälöinnin tuomalla arvolla voidaan oikeuttaa korkeampi hinta tuotteille. Myös differoinnin lykkääminen tuo arvoa yritykselle, koska valintojen standardisointi pienentää kustannuksia ja lisää samalla tuotannon joustavuutta. Tämän avulla yritys pitää kustannukset sekä varastot alhaisina. Tällä mahdollistetaan se, että yritys pääsee hyödyntämään massatuotannon etuja, vaikka lopputuote tuntuisi asiakkaalle ainutlaatuiselta ja henkilökohtaiselta. Yhteissuunnitteluprosessi tuo myös yritykselle etua parantamalla asiakasuskollisuutta. Asiakkaat sitoutuvat vahvemmin yritykseen, koska he saavat osallistua tuotteen luomiseen ja tällöin mahdollisesti ostavat yritykseltä jatkossakin. Massaräätälöinti siis tuo yritykselle taloudellista hyötyä sekä pitkäaikaisia asiakassuhteita. (Elonen 2023.)

Koettu hyöty	Määritelmä
<i>Massaräätälöidyn tuotteen arvo</i>	
<b>Utilitaristinen arvo</b>	Arvo, joka saadaan tuotteen ominaisuuksien sekä yksilöllisten mieltymysten läheisyydestä
<b>Uniikin tuotteen arvo</b>	Arvo, joka saadaan mahdollisuudesta ilmaista henkilökohtaista ainutlaatuisuutta räätälöidyn tuotteen avulla
<b>Itseilmaisun arvo</b>	Arvo, joka syntyy mahdollisuudesta omistaa tuote, joka heijastaa omaa persoonallisuutta
<i>Yhteissuunnitteluprosessin arvo</i>	
<b>Hedoninen arvo</b>	Arvo, joka syntyy kokemuksen kyvystä vastata nautintoon ja tyydytykseen
<b>Luovan saavutuksen arvo</b>	Arvo, joka syntyy onnistumisen tunteesta luoda jotakin uutta ja luovaa

Kuva 18. Massaräätelöinnin viisi hyötyä asiakkaan näkökulmasta. (Elonen 2023.)

### 3.9.2 Vaatimukset

Massaräätelöinnin käytön onnistumisessa yrityksen on keskityttävä käytäntöihin, jotka edistävät, joustavuutta, tehokkuutta, reagointikykyä ja toimitusketjujen integraatiota. Massaräätelöinnin onnistumiselle on kolme keskeistä vaatimusta, ne ovat kustannustehokkuus, asiakasintegraatio ja erilaistaminen. Näiden kolmen tekijän välille tulee löytää tasapaino, joka vaatii huolellista prosessien ja toimenpiteiden hallintaa. Vaatimukset ovat esitetty kuvassa 19 ja niiden väliin jää ratkaisukenttä, mikä sisältää tehtävät toimenpiteet, millä pidetään kolmion kärjet tasapainossa. (Elonen 2023.)



Kuva 19. Massaräätälöinnin vaatimukset. (Elonen 2023.)

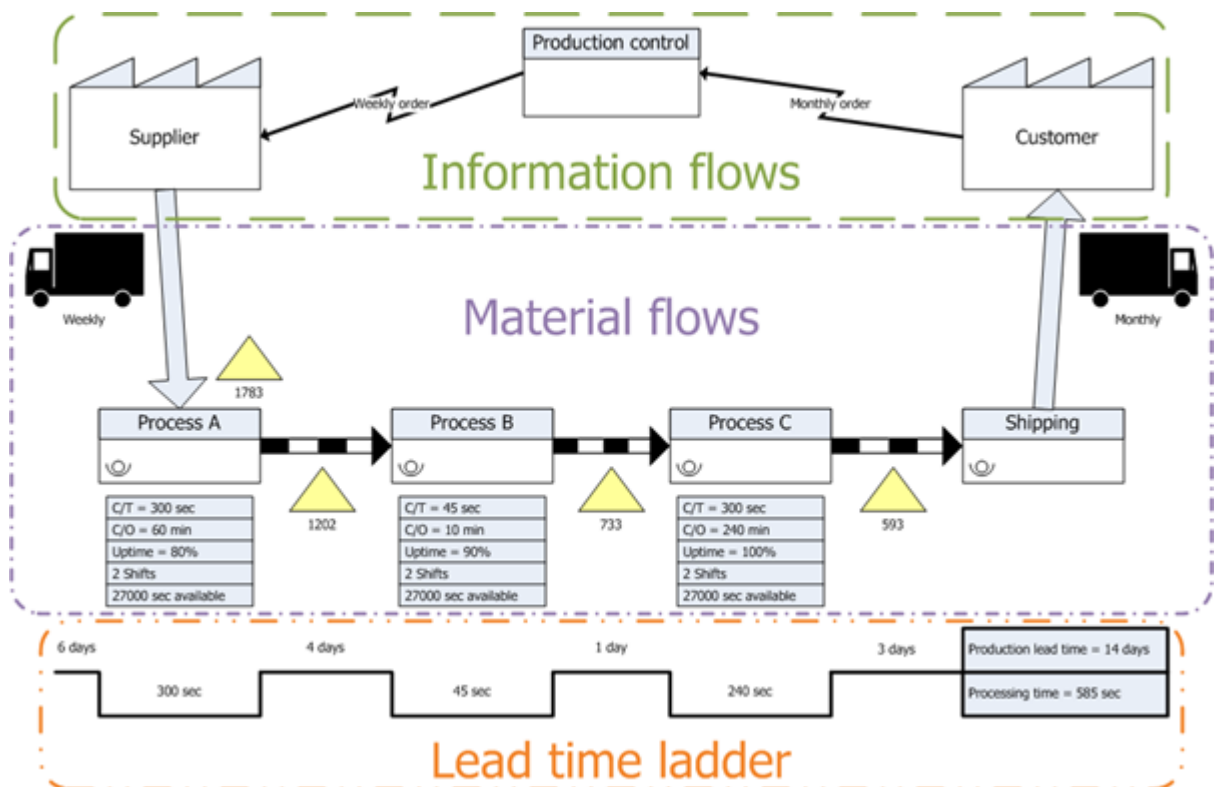
### 3.10 Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus (Value Stream Mapping, VSM) on Lean-ajattelun työkalu, jonka avulla voidaan tunnistaa tuotantoprosessien hukka. Hukkaa ovat ne kaikki osat, jotka eivät tuo lisäarvoa asiakkaalle tai yritykselle. Arvovirtakuvauksen avulla voidaan tarkastella tuotantoprosesseja kokonaisvaltaisesti ja piirtää selkeä kuva siitä, miten asiat tällä hetkellä toimivat. Kun prosessin kaikki osat ja vaiheet saadaan näkyville, on helpompaa löytää kohdat, joissa resurssit menevät hukkaan. (Rother & Shook 1999.)

VSM:än tavoitteena on siis analysoida nykyinen prosessi sellaisena, kuin se on, ja tällöin paljastaa pullonkaulat sekä turhat vaiheet. Tämän avulla pystytään ymmärtämään miten työvaiheet, materiaali ja informaatio liikkuvat kokonaisuuden

sisällä. Kun prosessin nykytila on kartoitettu ja kohdat, jotka eivät tuota lisäarvoa löydetty, niin aloitetaan suunnittelemaan prosessille parannettua versiota. Parannellussa prosessin mallissa arvon virtaus on sujuvampaa ja hukka minimoituu. Seuraavaksi uusi versio visualisoidaan ja suunnitelma toteutetaan käytännössä, minkä jälkeen prosessia seurataan ja parannetaan jatkuvasti. Tällä voidaan varmistaa sen tehokkuus ja kestävyys. (Rother & Shook 1999.)

Arvonvirtakuvauksen avulla yritys voi siis päästä pois ”näin on aina tehty” –ajattelusta ja myös näkemään oman toimintansa uudella tavalla. VSM auttaa yritystä tekemään tietoisia päätöksiä siitä, että missä ja miten toimintaa kannattaa kehittää. Näin he voivat tuottaa asiakkailleen ja yritykselleen enemmän arvoa tehokkaammin. (Rother & Shook 1999.)



Kuva 20. Arvovirtakuvaukarta. (Dozuki)

## 4 Simulaatio ja simulaatiopeli

Simulaatio on tapa jäljitellä todellisia tapahtumia yksinkertaistetussa ja turvallisesti hallitussa ympäristössä. Simulaatioiden avulla voidaan kokeilla erilaisia tilanteita kuten prosessien läpikäyntiä, ympäristön tärkeimpiä ja kriittisimpiä osia tai järjestelmien käyttöä. Simulaatio mahdollistaa näiden erilaisten tilanteiden tutkimisen ja testaamisen ilman, että niitä tarvitsee kokea tosielämässä. Simulaatio ei yleensä sisällä kaikkia yksityiskohtia, vaan se keskittyy olennaisiin elementteihin ja toimii mahdollisimman realistisena kuvauksena todellisuudesta. Simulaation avulla voidaan luoda vaihtoehtoinen todellisuus, jossa halutut tekijät ja muuttujat ovat hallinnassa. Tämä mahdollistaa todellisten tilanteiden kokeilemisen ja analysoimisen turvallisesti ja tehokkaasti. Simulaatioita on käytetty vuosisatojen ajan eri tarkoituksiin, kuten koulutukseen, viihteeseen ja monimutkaisten ilmiöiden selittämiseen. Ne tarjoavat keinon ymmärtää ja testata todellisuutta kontrolloiduissa olosuhteissa. (Ruohomäki 2002.)

Simulaatiopeli on oppimisen ja opetuksen työkalu, jossa yhdistyvät simulaation ja pelin ominaisuudet. Näiden pelien avulla voidaan tarjota opiskelijoille mahdollisuus oppia käytännön taitoja pelillisessä ympäristössä, jossa he voivat kerrata ja harjoitella tietojaan paikasta ja ajasta riippumatta. Simulaatiopelit eroavat tavanomaisista simulaatioista siinä, että ne sisältävät pelillisiä elementtejä, kuten tavoitteita, sääntöjä ja haasteita. Nämä pelin elementit tekevät pelaamisesta mielekkäämpää sekä aktivoivat oppimista ja tekevät prosessista vuorovaikutteisemmän ja motivoivamman. (Kamberg, Lehtivuori-Sinervä & Lehto 2019.)

### 4.1 Pelin yleiskuvaus

Massaräätälöintipeli on opettavainen ja yhteistyöhön perustuva simulaatiopeli, joka havainnollistaa, miten massaräätälöinti toimii tuotantoprosessissa. Pelissä käytetään Lego DUPLO -palikoita auton eri osina. Duploista kasataan valmiita komponentteja, jotka edustavat auton fyysisiä osia tuotantoprosessin eri vaiheissa. Peli koostuu selkeistä ohjeista, säännöistä ja esimerkeistä, jotka ohjaa-

vat pelaajia auton räätälöinnissä, logistiikan järjestelyssä ja kokoonpanon suorittamisessa. Ohjeilla ja prosessikuvauksilla havainnollistetaan massaräätälöidyn tuotannon toimintaa ja etenemistä. Ohjeissa käytetään kuvia ja työvaihekuvauksia, jotka ohjaavat pelaajia auton osien kokoonpanossa ja tuotantolinjan järjestelyssä. Tällä havainnollistetaan, miten asiakaskohtaiset valinnat vaikuttavat tuotantoprosessiin ja miten tehokas logistiikka mahdollistaa sujuvamman kokoonpanon ilman virheitä.

Pelissä esitetään myös osaluetteloita, jotka sisältävät auton osien nimet, kuvat sekä kasaukseen tarvittavat määrät. Tämä auttaa pelaajia ymmärtämään ja seuraamaan, kuinka komponentit kasataan ja miten ne asetellaan eri kokoonpanopisteille tuotantolinjalla. Ohjeissa kuvataan tarkasti, miten jokainen osa kootaan ja asennetaan oikeaan kohtaan. Näin pelaajat voivat seurata tuotantoprosessia selkeästi ja oppia, miten tuotanto etenee nopeasti ja tehokkaasti.

## 4.2 Pelin idea

Pelin lähtökohtana on esimerkki siitä, kuinka asiakas tilaa auton Volvosta. Asiakas saa mahdollisuuden räätälöidä autonsa juuri sellaiseksi kuin haluaa valitsemalla autoon eri komponentteja, kuten voimansiirron, moottorin tehon, värin, renkaat ja auton sisätilan varustelun ennalta määräytyistä vaihtoehtoista. Nämä asiakasvalinnat vaikuttavat suoraan siihen, miten tuotantolinja järjestetään ja miten autot kootaan.

Peli perustuu Volvon massaräätälöidyn tuotannon periaatteisiin. Mallissa asiakastilaukset vaaditaan ajoissa, noin kolme kuukautta ennen auton toimitusta. Tämä mahdollistaa sen, että tarvittavat osat voidaan tilata täsmällisesti ja ne saapuvat varastoon esimerkiksi vain muutamia päiviä ennen auton kokoonpanoa. Tämä toimintatapa vähentää varastointikustannuksia, koska osia ei tarvitse säilyttää pitkiä aikoja ennen kokoonpanoa.

Auton kokoonpanoa edeltävänä iltana logistiikkitiimi järjestää tilattujen autojen osat tilausjärjestyksessä eri tuotantolinjoille niin, että räätälöidyn auton osat ovat tuotantolinjoilla aina samassa kohdassa. Esimerkiksi ensimmäisenä tilattuun

autoon kiinnitettävät osat ovat jokaisen linjan ensimmäisenä, toisena tilatun auton taas toisena jne. Näin kokoonpanijat voivat kiinnittää linjastonsa ensimmäisen osan suoraan auton runkoon ilman ylimääräisiä tarkistuksia. Tällä säästetään aikaa vievältä työltä ja samalla varmistetaan, että oikeat osat päätyvät oikeaan autoon.

Tämän toimintamallin ansiosta pystytään tuottamaan yksilöllisesti räätälöityjä autoja nopeasti ja tehokkaasti.

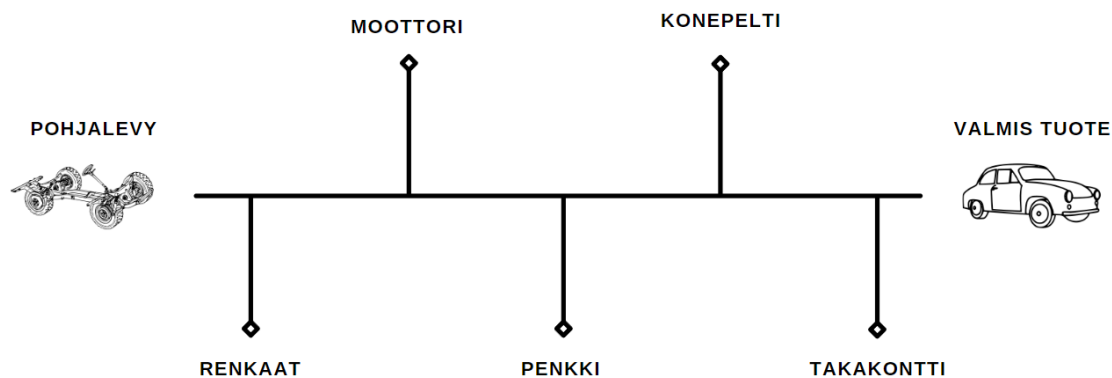
### 4.3 Pelin säännöt

Pelin säännöt on suunniteltu mahdollisimman yksinkertaisiksi ja havainnollistaviksi, jotta pelaajat voivat keskittyä ymmärtämään massaräätelöinnin keskeisiä periaatteita. Peli etenee loogisissa vaiheissa, joissa asiakastilaus, logistiikan järjestely ja kokoonpano toteutetaan selkeällä ja helposti seurattavalla tavalla. Tällä varmistetaan, että pelin kautta opittavat asiat ovat konkreettisia ja auttavat pelaajia hahmottamaan, kuinka asiakasvalinnat ja tuotannon tehokas suunnittelu liittyvät toisiinsa.

#### 4.3.1 Pelin valmistelu

Aluksi valitaan peliin tarvittavat Duplo-palikat, jotka edustavat auton eri osia. Auton runko eli pohjalevy on aina sama, mutta valittavien osien kategorioita pelissä on viisi ja niissä on erimäärä vaihtoehtoja. Osat ovat aina samankokoisia, mutta erivärisiä. Valittavia osia autoon ovat renkaat, moottori, penkit, konepelti ja takakontti.

Pelialue eli tuotantolinja tulee jakaa osiin, joissa jokainen osio edustaa auton kokoonpanopistettä, kuten esimerkiksi renkaan kasaus, moottorin kasaus yms. Tuotantolinjan tulee olla looginen, joten järjestyksellä on väliä, koska esimerkiksi ennen moottoria ei voida kasata konepeltiä.



Kuva 21. Tuotantolinja ja sen kokoonpanopisteet.

#### 4.3.2 Roolien jako

Peli voidaan toteuttaa joko kolmella tai kahdella roolilla. Rooleja pelissä on asiakas, logistiikkatiimi ja kokoonpanijat. Jos halutaan pelata vain kahdella roolilla, voidaan unohtaa asiakas. Tällöin asiakkaiden tekemät autotilaukset, voidaan simuloida esimerkiksi arpomalla.

Pelaajat, jotka toimivat asiakkaina tekevät tilauksen valitsemalla haluamansa auton osat ennalta määritellyistä vaihtoehdoista. Asiakkaille jaetaan osaluettelot, joista he voivat valita haluamansa auton osat. Jos pelataan asiakasrooli mukana, asiakkaiden määrällä ei ole käytännössä väliä, mutta kuitenkin suositeltu määrä on yli viisi asiakasta, jotta simulaatio havainnollistaa mahdollisimman hyvin massaräätälöinnin tuomaa mahdollisuutta tuottaa useampi yksilöllisesti räätälöity auto nopeasti.

Logistiikkatiimissä toimivat pelaajat, kasaavat komponentit ja järjestävät kokoonpanolinjan osat asiakkaiden tilausten ja annettujen kasausoheiden perusteella oikeaan järjestykseen. Logistiikkatiimi myös tarkistaa uudestaan, että osat ovat oikeassa järjestyksessä, jotta tuotanto menee läpi ilman virheellisiä kasaussia. Koska jos yksikin tuotantolinjojen ensimmäisistä komponenteista on väärä, tällöin suurella todennäköisyydellä yksikään valmistetuista autoista ei

vastaa täysin asiakkaan tilausta. Logistiikkatiimin pelaajien määrällä ei ole väliä. Simulaation nopeuttamiseksi suositeltu määrä on viisi pelaajaa, koska komponenttikategorioita on viisi ja joidenkin osien kasaaminen voi viedä aikaa. Myös jos jokainen logistiikkatiimin jäsen vastaa vain yhdestä linjaston kokoonpanopaikan järjestelystä, mahdollisuudet virheille ovat pienemmät.

Kokoonpanijat taas toimivat vain autojen osien kiinnittäjinä. Jokaisella kokoonpanopisteellä on oma tehtävänsä, kuten renkaiden tai moottorin asennus. Koska osat on järjestetty oikein, kokoonpanijat voivat asentaa osat suoraan ilman lisätarkistuksia. Kokoonpano etenee järjestyksessä, kunnes kaikki osat on asennettu autoon. Kokoonpanijoiden määrä on aina vakio, koska kokoonpanopisteitä tuotantolinjastolla on viisi, tarvitaan jokaiselle pisteelle oma kokoonpanija pelin simuloimiseksi.

#### 4.3.3 Simulaation läpivienti

Kun kaikille simulaatioon osallistuvilla on määritelty roolit, tuotannon läpivienti etenee selkeästi vaihe vaiheelta. Ensin asiakas tekee autoon liittyvän tilauksen valitsemalla haluamansa osat (renkaat, moottori, penkit, konepelti ja takakontti) ennalta määritellyistä vaihtoehdoista. Tämän jälkeen logistiikkatiimi ottaa tilauksen vastaan ja järjestää tuotantolinjalle oikeat osat oikeassa järjestyksessä, varmistaen, että jokaiselle kokoonpanopisteelle toimitetaan juuri ne komponentit, joita kyseinen auto tarvitsee.

Kun linjasto on valmis, kokoonpanijat aloittavat työnsä. He siirtyvät omille asemilleen ja kiinnittävät osat suoraan auton runkoon. Kokoonpano alkaa aina ensimmäisestä osasta, joka on järjestetty linjastolle. Kokoonpanijat toimivat yhteistyössä, ja prosessi jatkuu järjestelmällisesti asennuspaikasta toiseen, kunnes auto on koottu kokonaan. Kun kaikki autot on koottu ja tarkistettu, peli päättyy.

#### 4.3.4 Massaräätälöintipelin mittarit

Simulaation päätavoitteena on opettaa massaräätälöinnin peruseriaatteita. Mittarit eivät ole olennaisia opetusnäkökulmasta, mutta ne voivat tuoda hauskan

lisän pelin kulkuun. Jos pelissä halutaan mitata eri toimintoja, voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia mittareita.

**Tilausten tarkkuus:** Kuinka hyvin autot vastaavat asiakkaiden tilaamia osia ja ominaisuuksia. Tällä mittarilla voidaan kertoa, kuinka tarkasti tilaustiedot on ymmärretty ja toteutettu.

**Kokoonpanon nopeus:** Kuinka nopeasti koko kokoonpanoprosessi etenee alusta loppuun. Nopeutta voidaan mitata yksittäisten osien asennusaikoina tai koko tuotantoprosessin läpimenoaikana.

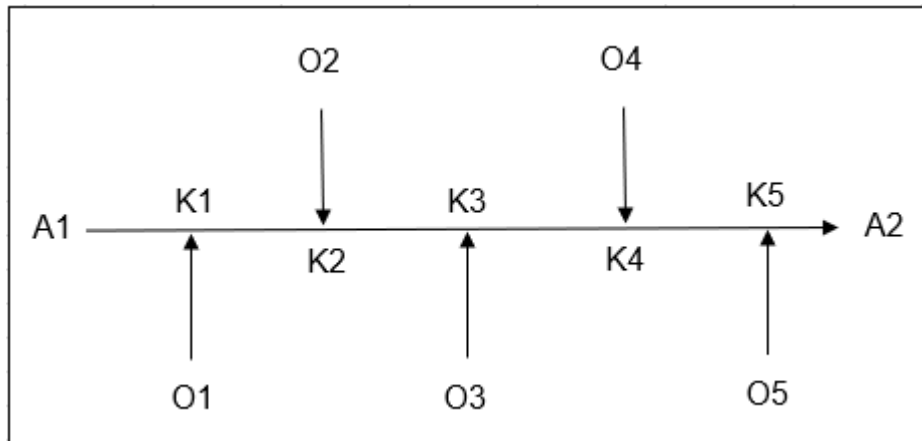
**Virheiden minimointi:** Tällä mittarilla seurataan, kuinka monta virhettä tapahtuu logistiikassa tai kokoonpanossa. Virheitä ovat väärät järjestykset linjastoilla, väärin osien käyttö ja virheelliset asennukset.

Mittarit auttavat seuraamaan, kuinka tehokkaasti peliä pelataan ja tarjoavat oivalluksia siitä missä prosessia voidaan kehittää. Nämä mittarit tukevat simulaatiopelistä saatavaa yleistä oppimiskokemusta tuotannonohjauksesta.

#### 4.4 Massaräätälöinti simulaatiopelin osaluettelo

Osaluettelossa määritellään luettelo kaikista, osista ja materiaaleista sekä niiden määristä, joita tarvitaan tuotteen valmistusprosessin eri vaiheissa. Se sisältää myös ohjeet ja kuvat, kuinka valmistetut komponentit kiinnitetään auton runkoon eli pohjalevyyn.

Tämä kaavio havainnollistaa jokaisen osan sijainnin tuotantolinjalla ja missä järjestyksessä komponentit kiinnitetään auton runkoon.



Kuva 22. Funktionaalisen tuotannon virtaus.

Kuvan 22 kaaviossa "O"-kohdat ovat tuotantolinjan asennuslinjastoja, joissa eri komponentit eli auton osat ovat kasattuna ja järjesteltynä asennusta varten. "K"-kohdat ovat kokoonpanopisteitä, joissa nämä osat kiinnitetään auton runkoon. Nämä kohdat toimivat myös auton välimallikohtina, joissa auton runkoon on kiinnitetty osia, mutta se ei ole vielä valmis tuote. Auton runko eli pohjalevy, on kohta A1. Runko etenee järjestyksessä läpi kaikkien "K"-pisteiden, kunnes se saavuttaa kohdan A2, jolloin auto on valmis. Linjasto etenee vaihe vaiheelta, ja jokaisella pysähdyksellä lisätään uusi osa auton rakenteeseen, kunnes valmistettava auto saapuu linjan loppuun.

#### 4.4.1 Asennusprotokolla

Tässä osiossa käydään läpi pelin auton osien eli komponenttien kasaus sekä niiden kiinnittäminen auton runkoon. Osakategorioista pelaajilla on mahdollisuus valita eri väri vaihtoehtoista. Vaikka osien väri vaihtelee, asennusprosessi on aina sama. Tämän takia asennusohjeissa esitetään vain yksi vaihtoehto, koska kaikki osat kiinnitetään auton runkoon samalla tavalla riippumatta valitusta väristä.

## A1 – Runko

Pelissä auton runko (A1), joka on esitetty vaaleanvihreällä pohjalevyllä, toimii auton perusrakenteena ja lähtökohtana koko kokoonpanolle. Tämä osa on vakio kaikissa autoissa, eikä sen suhteen voi tehdä asiakaskohtaisia valintoja. Runko symboloi tuotannon perustaa ja pysyy muuttumattomana, jotta kokoonpanoprosessi pysyy yhtenäisenä kaikille tilauksille riippumatta siitä, millaisia osia asiakas valitsee autoonsa.



Kuva 23. Runko (A1)

## **K1 – Renkaat (O1)**

Tuotantolinjan ensimmäisellä kokoonpanopisteellä runkoon kiinnitetään renkaat. Pelaajalla on mahdollisuus valita viidestä erilaisesta rengasvaihtoehdosta.

Työvaihekuvaukset:

1. Ota pohjalevy (A1).
2. Ota renkaat (O1) neljä kappaletta (MUS 4) ja asenna ne pohjalevyn joka nurkkaan.



Kuva 24. Renkaiden kiinnitys (K1).

Vaihekuvan tarkoituksena on tarjota visuaalinen malli siitä, miltä autonrungon tulisi näyttää kyseisessä kohdassa. Tämä auttaa varmistamaan, että kokoonpano on suoritettu oikein ohjeiden mukaisesti. Sen avulla voidaan tunnistaa mahdolliset virheet ajoissa, jolloin ne on vielä mahdollista korjata. Kuvan tarkoitus on myös antaa selkeä vertailukohta asennuksen tarkastamista varten.

## **K2 – Moottori (O2)**

Toisella kokoonpanopisteellä auton runkoon kiinnitetään sen moottori tai moottorit. Pelaajalla on mahdollisuus valita joko yksi tai kaksi moottoria autoonsa. Jos valitaan yksi moottori, vaihtoehtoja on viisi erilaista. Jos pelaaja valitsee kaksi moottoria, vaihtoehtona on 10 eri yhdistelmää kahdesta moottorista, jolloin moottorivalintoja on siis yhteensä 15.

Työvaihekuvaukset:

1. Ota kohdassa K1 valmistunut auton välimalli.
2. Ota moottori (O2) tai moottorit (PUN 8 tai 2x PUN 8) ja asenna ne pohjalevyn etuosan keskelle.



Kuva 25. Moottorin asennus (K2).

### **K3 – Penkit (O3)**

Kolmannella kokoonpanopisteellä auton runkoon kiinnitetään penkki tai penkit. Pelaajalla on siis mahdollisuus valita autoon joko yksi tai kaksi penkkiä. Penkki- vaihtoehtoja on tällöin viisi.

Työvaihekuvaukset:

1. Kasaa penkki (O3) kuvan 26. mukaisesti. Kasaukseen tarvitset (PUN viisto + PUN 4).
2. Ota kohdassa K2 valmistunut auton välimalli.

3. Ota penkki tai penkit ja asenna ne pohjalevyn keskiosan reunoille.



Kuva 26. Penkkien kasaus (O3).



Kuva 27. Penkkien asennus (K3).

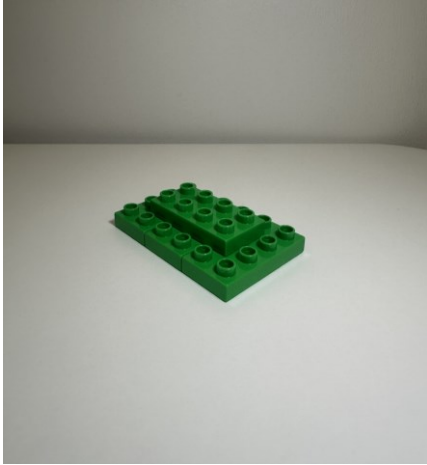
## **K4 – Konepelti (O4)**

Neljännellä kokoonpanopisteellä kiinnitetään auton konepelti moottorin päälle. Pelaajalla on mahdollisuus valita kolmesta eri konepeltivaihtoehdosta.

Työvaihekuvaukset:

1. Kasaa konepelti (O4) kuvan 28. mukaisesti. Kasaukseen tarvitset (4x VIH-levy).

2. Ota kohdassa K3 valmistunut auton välimalli.
3. Ota konepelti ja asenna se moottorin (O2) päälle.



Kuva 28. Konepellin kasaus (O4).



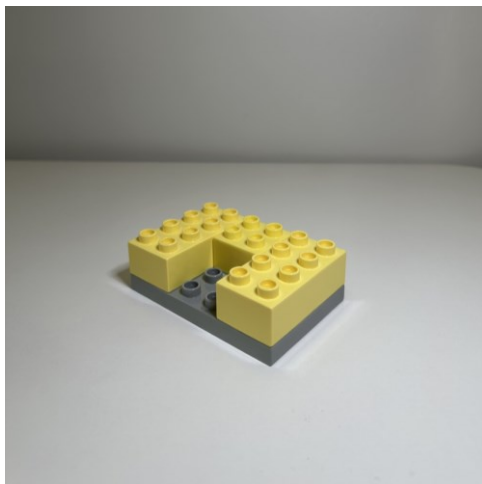
Kuva 29. Konepellin asennus (K4).

## **K5 – Takakontti (O5)**

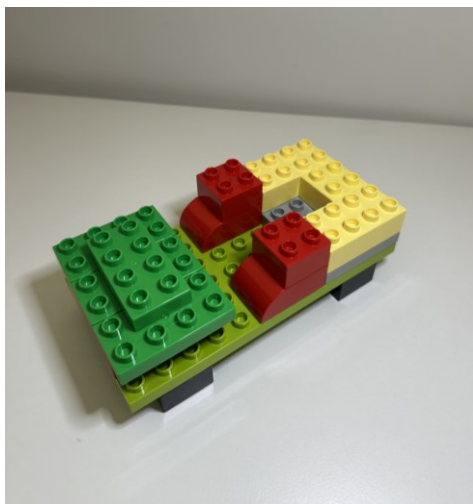
Viidennellä kasauspisteellä kiinnitetään auton runkoon takakontti. Takakontti- vaihtoehtoja on neljä.

Työvaihekuvaukset:

1. Kasaa takakontti (O5) kuvan 30 mukaisesti. Kasaukseen tarvitaan (HAR 24 + KEL 4 + 2x KEL 8). Harmaa levy on aina takakontin kasauksessa vakio, mutta muut palat voivat vaihtua.
2. Ota kohdassa K4 valmistunut auton välimalli.
3. Ota takakontti ja asenna se auton takaosaan.



Kuva 30. Takakontin kasaus (O5).



Kuva 31. Takakontin asennus (K5).

## A2 – Auto

Kohdassa A2 auto saavuttaa valmistuspisteensä, kun kaikki asiakkaan valitse-  
mat osat on kiinnitetty auton runkoon. Tässä vaiheessa auto on täysin koottu eli  
renkaat, moottori, penkit, konepelti ja takakontti ovat kaikki paikoillaan. Auto tar-  
kistetaan lopuksi, jotta kaikki komponentit on asennettu oikein ja vastaavat asi-  
akkaan tekemää tilausta. Jos tarkistuksessa ei ilmene virheitä tai puutteita, on  
auto valmis toimitettavaksi asiakkaalle.



Kuva 32. Yksilöllisesti räätälöity auto (A2).

#### 4.4.2 Räätälöintivaihtoehdot

Pelissä on useita valintoja eri osakategorioissa, joilla mahdollistetaan auton yksilöllinen räätälöinti. Näillä valinnoilla havainnollistetaan massaräätälöinnin prosessia ja sitä, kuinka asiakkaan toiveet vaikuttavat auton lopulliseen kokoonpanoon.

Renkaat	Moottori	Penkki	Konepelti	Takakontti
Musta	Musta	Yksi PUNAINEN penkki	Harmaa	Keltainen
Punainen	Punainen	Kaksi PUNAINEN penkki	Punainen	Vihreä
Oranssi	Oranssi	Yksi VIHREÄ penkki	Vihreä	Musta
Keltainen	Keltainen	Kaksi VIHREÄ penkki		Oranssi
Vihreä	Vihreä	Yksi PUNAINEN penkki ja Yksi VIHREÄ PENKKI		
	Musta - Punainen			
	Musta - Oranssi			
	Musta - Keltainen			
	Musta - Vihreä			
	Punainen - Oranssi			
	Punainen - Keltainen			
	Punainen - Vihreä			
	Oranssi - Keltainen			
	Oranssi - Vihreä			
	Keltainen - Vihreä			

Kuva 33. Auton räätälöintivaihtoehdot.

Kuvan taulukossa on esitelty pelin tarjoamat räätälöintivaihtoehdot. Jokaisessa kategoriassa on useita valintamahdollisuuksia, joita yhdistelemällä pelaajat voivat luoda uniikin auton. Useilla kategorioilla ja niiden lukuisten valintojen yhdistämisellä mahdollistetaan monenlaisia lopputuloksia, jolloin jokainen valmistettu auto on yksilöllinen.

#### 4.4.3 Kombinatorinen analyysi

Pelissä on viisi erilaista kategoriaa auton räätälöintiin ja jokaisessa kategoriassa on oma määränsä vaihtoehtoja. Yksilöllisyyden todistamiseksi lasketaan, kuinka monta erilaista autoa voidaan valmistaa näiden vaihtoehtojen perusteella. Tämä voidaan laskea käyttämällä kertolaskua eli yksinkertaista kombinatorista päättelyä.

Taulukko 1. Kombinatorinen päättely.

Kategoriat	Renkaat	Moottori	Penkit	Konepelti	Takakontti	Yhteensä

Vaihtoehtojen määrä	5	15	5	3	4	32, eri vaihtoehtoa.
Erilaisia autoja (Lasku)	5 ×	15 ×	5 ×	3 ×	4 =	4500, erilaista autoa.

Näin päädytään siihen, että pelissä on 32 eri osavaihtoehtoa ja niiden pohjalta voidaan valmistaa yhteensä 4500 erilaista autoa, kun jokaisesta kategoriasta valitaan aina yksi.

Tällä laskutoimituksella voidaan osoittaa, että vaikka räätälöitäviä kategorioita ei ole montaa ja niissä on vain rajoitettu määrä vaihtoehtoja, niiden yhdistelmistä voidaan silti tuottaa huomattava määrä erilaisia lopputuloksia. Lasku todistaa myös, että differoinnin lykkäämisellä voidaan rajata valintavaihtoehdot tuotannon aikaisessa vaiheessa ja silti tarjota laaja valikoima räätälöityjä tuotteita asiakkaille ostettavaksi. Pelissä tämä näkyy niin, että jokainen valmistettu auto on ainutlaatuinen, vaikka kaikilla autoilla on luultavasti yhteisiä osia.



Kuva 34. Esimerkkejä pelissä kasattavista autoista.

#### 4.5 Simulaatiopelin jatkokehitysehdotukset

Tässä osiossa käydään läpi massaräätälöinti simulaatiopelin kehitysideoita. Niiden avulla peliä voidaan laajentaa ja monipuolistaa. Pelistä saadaan entistä opettavaisempi ja mukaansatempaavampi lisäämällä siihen uusia variaatioita tai häiriöitä. Laajennukset on mietitty oppimisen ja käytännön tuotantoprosessien ymmärtämisen näkökulmasta, mikä painottaa pelaajien mahdollisuutta kohdata ja ratkaista realistisia haasteita massaräätälöidyssä tuotannossa.

Pelissä voidaan korostaa asiakastytyvyyden tärkeyttä lisäämällä sen pelimekaniikkaan asiakaspalautteen käsittelyn. Jokaisen simulaatiokierroksen lopuksi asiakkailta kerätään palautetta autojen laadusta ja heidän tilaustensa täyttymisestä. Laajennus auttaa opiskelijoita ymmärtämään, kuinka tärkeää on välttää virheitä tuotantoprosessissa. Virheet vaikuttavat suoraan asiakastytyvyyteen ja tuotannon tehokkuuteen. Tämä on erittäin hyödyllinen lisäosa peliin yleisen oppimisen kannalta, koska asiakkaan merkitystä ei voi koskaan korostaa liikaa. Asiakkaat ovat yrityksen toiminnan perusta ja on tärkeää, että asiakas saa juuri sen, mitä on tilannut.

Jatkokehityksessä peliin voidaan tuoda myös erilaisia markkinaskenaarioita tai tuotantohäiriöitä. Näitä peliä vaikeuttavia tekijöitä olisi esimerkiksi toimitusviiveet tai komponenttipuutteet. Tällöin pelaajat joutuvat reagoimaan odottamattomiin reaali maailmassakin tapahtuviin tilanteisiin. Ratkaisut näihin tilanteisiin tulee keksiä nopeasti, jotta tuotanto pystyy jatkamaan asiakkaiden tilauksien valmistamista. Häiriöiden tapahtuminen pelin sisällä korostaa joustavuuden ja suunnittelun tärkeyttä tuotantoprosessissa.

Simulaatiopeliin voidaan tuoda todellisen tuotantoprosessin paineita ja korostaa tehokkuuden merkitystä, lisäämällä siihen aika- ja resurssirajoituksia. Tällöin pelaajilla on joko rajattu aika koota autot tai vain rajallinen määrä komponentteja käytettävissään. Rajoituksilla pakotetaan pelaajat suunnittelemaan tuotantolinjan toiminta mahdollisimman tehokkaaksi.

## 5 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin massaräätälöintiin perustuva tuotannonohjaussimulaatiopeli. Tavoitteena oli luoda Lean-ajatteluun perustuva simulaatiopeli, joka tarjoaa opiskelijoille vaihtoehtoisen oppimistavan massaräätälöidyn tuotannon toiminnan ymmärtämiseksi. Simulaation avulla opiskelijat voivat paremmin sisäistää Lean-filosofian periaatteita, kuten hukan minimointia ja JIT-tuotantoa. Sen avulla myös havainnollistetaan, miten massaräätälöity tuotanto mahdollistaa yksilöllisesti muokattujen tuotteiden nopean ja kustannustehokkaan valmistuksen.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi simulaatiopeli, jossa simuloidaan auton valmistaminen asiakkaan tekemien osavaliintojen perusteella. Simulaatiossa asiakkaat tilaavat autonsa haluamallaan osavaliinnoilla, jonka jälkeen tuotantolinjat optimoidaan ja autot valmistetaan asiakkaiden toiveiden mukaisesti. Pelissä opiskelijat pääsevät toimimaan tuotantoprosessin eri vaiheissa.

Tämä oppimistyökalu mahdollistaa teoreettisen tiedon soveltamisen konkreettisiin tilanteisiin, mikä tekee oppimisesta syvällisempää ja mielekkäämpää. Opetuksen tukena pelien käyttö lisää opiskelijoiden sitoutumista, koska pelit tekevät oppimisprosessista vuorovaikutteisemman ja hauskemman. Tämän oppimismenetelmän hyödyntäminen kehittää myös opiskelijoiden ongelmanratkaisutaitoja ja tiimityöskentelyä, kun he joutuvat tekemään päätöksiä tuotannon sisällä. Kehitetty simulaatiopeli tarjoaa siis opiskelijoille arvokkaan mahdollisuuden nähdä reaali maailman tuotantotalouden käsitteitä konkreettisesti käytännössä, mikä helpottaa näiden periaatteiden ymmärtämistä ja soveltamista tulevaisuudessa työelämässä.

## Lähteet

Brameld, Stuart. 2023. What is pareto's law? Verkkoaineisto. <https://growthmethod.com/what-is-paretos-law/> Luettu. 25.9.2024.

Čiarnienė, R. & Vienažindienė, M. 2012. Lean manufacturing: theory and practice. Economics and management.

Collis, D-J. 2016. Lean strategy. Harvard Business Review.

Elonen, Wenla. 2023. Kandidaatintyö. Massaräätälöinnin hyödyt ja edellytykset. Verkkoaineisto. [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/165550/Kandidaattinty%F6\\_Elonen\\_Wenla.pdf;jsessionid=7C91FCB1B89182B92D24D137D15E7CDA?sequence=1](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/165550/Kandidaattinty%F6_Elonen_Wenla.pdf;jsessionid=7C91FCB1B89182B92D24D137D15E7CDA?sequence=1) Luettu 7.10.2024.

Gauci, James. 2023. What is Lean?. Process Excellence Network. Verkkoaineisto. <https://www.processexcellencenetwork.com/lean-six-sigma-business-performance> Luettu 20.9.2024.

Hale, W. 2003. Thesis. University of Minnesota. Component substitution in assemble-to-order manufacturing. Thesis. Luettu 1.10.2024.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I., Miettinen, A. 2009. Kirja. Teollisuustalous.

Hayes, Adam. 2024. Make-to-Order (MTO) or Made-to-Order: Definition and Example. Verkkoaineisto. <https://www.investopedia.com/terms/m/make-to-order.asp> Luettu 28.9.2024.

Hayes, R. and Wheelwright, S. 1979. Link Manufacturing Process and Product Life Cycles. Harvard Business Review. Vol. 57, January-February, pp. 133-140.

Heinonen, R. 2015. Maisterintyö. Lean-periaatteiden mukaisen hukan havaitseminen ja minimointi ohjelmisto-organisaatiossa: tapaustutkimus. Helda-tietokanta.

Kamberg, S-C., Lehtivuori-Sinervä, S., Lehto, H. Simulaatiopeli on erinomainen oppimisen ja opetuksen työkalu. Verkkoaineisto. <https://samkarit.samk.fi/2019/04/30/simulaatiopeli-on-erinomainen-oppimisen-ja-opetuksen-tyokalu/> Luettu. 15.10.2024.

Knuutila, V. 2011. Opinnäytetyö. Jatkuva parantaminen Lean-ajattelun työkaluna. Theseus-tietokanta.

Liker, J. K. 2010. Toyotan tapaan. MetCat Finna.

Logistiikanmaailma.fi. 2024. Reijo Rautauoman säätiö sr. Verkkoaineisto. Luettu 20.9.

Logistiikanmaailma.fi. 2024. Reijo Rautauoman säätiö sr. Tuotantostrategia (operaatiostrategia). Verkkoaineisto. Luettu 28.9.2024.

Mantere, J-M., Nykänen, M. 2013. Kandidaatintyö. Lean -synty ja kehitysvaiheet. Lappeenranta University of Technology.

Mazumder, S., Padmanabhan, S., & Thenarasu, M. 2020. Assembly Line Balancing and Workstation Design for a Manufacturing Industry. International Journal of Science and Technology Research.

Parmenter, D. 2015. Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs.

Pine, B. Joseph II. 1993. Mass Customization: The New Frontier in Business Competition.

Puro-aho, A. Jauhonen, M. 2021. Lean 5S-opas. Verkkoaineisto. <https://tehos.fi/lean-5s-opas/> Luettu 25.9.2024.

Putkiranta, A. 2022. Tuotannonohjaus. Lehtorin luentokalvot. Oma-intranet. Luettu 4.10.2024.

Rother, M., Shook, J. 1999. Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA.

Ruohomäki, V. 2002. Simulation game for organisation development. Helsinki University of Technology.

Turovski, M. 2023. Engineer to Order (ETO) Workflow: Definition and Best Practices. Verkkoaineisto. <https://www.mrpeasy.com/blog/engineer-to-order-process-flow-and-best-practices/> Luettu 29.9.2024.

Samuel, J.B., Marathamuthu, M.S. & Murugaiah, U. 2015. The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm. Journal of Quality in Maintenance Engineering. vol. 21, no. 4, pp. 419-435.

Sapot, B. 2024. Make to Stock (MTS): Manufacturing Explained. Verkkoaineisto. <https://www.mingosmartfactory.com/make-to-stock-mts-manufacturing-explained/> Luettu 28.9.2024.

Ullakonoja, M. 2024. Maisterintyö. Jaettu johtajuus ja tiimin autonomia skaalautuvassa ketterässä viitekehyksessä. Lappeenranta University of Technology.

Wikner, J., Rudberg, M. 2005. Thesis. Linköping University. Integrating production and engineering perspectives on the customer order decoupling point. Proquest-tietokanta.

Womack, J. P. 2011. Gemba Walks. Lean Enterprise Institute.

Womack, J.P. & Jones, D.T. 2003. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. 2nd edition.

## **Liitteet**

