

Siri Kallio

LEAN-AJATTELUN HYÖDYNTÄMINEN YKSITTÄISTUOTANNOSSA

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Hasse Nylund
Huhtikuu 2023

TIIVISTELMÄ

Siri Kallio: Lean-ajattelun hyödyntäminen yksittäistuotannossa
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Konetekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma
Huhtikuu 2023

Teollisuuden kilpailu sekä asiakkaiden lisääntyvät vaatimukset ja tarpeet ajavat teollisuuden prosessien kehittämistarpeeseen. Jotta yritysten kilpailukyky säilyy muuttuvilla markkinoilla, on niiden pysyttävä mukana tässä kehityksen kilpajuoksussa. Tuotannon kehitykseen liittyy useita ongelmia, jotka hidastavat tuotannon kehitystä tai estävät sen kokonaan. Yksi tuotannon kehittämiskeinoista on lean, joka perustuu tuotannon jatkuvaan parantamiseen ja ylimääräisen työn minimointiin.

Tämän työn tavoitteena oli selvittää yksittäistuotannon kehittämistä leanin avulla. Tuotannon kehittäminen tehokkaammaksi on yhtä tärkeää kaikilla tuotantomuodoilla, minkä vuoksi leanin tutkiminen yksittäistuotannossa on merkityksellistä. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja aineisto on peräisin Tampereen yliopiston Andor-palvelusta ja Tampereen yliopiston kirjastosta. Lähteinä on käytetty pääasiassa uusia teoksia, mutta niitä on pyritty täydentämään alkuperäisteoksilla.

Työ on toteutettu kolmessa osassa. Ensimmäisessä osassa perehdytään yksittäistuotantoon ja miten se eroaa muista tuotantomuodoista. Lisäksi käsitellään yksittäistuotannon suunnitteluun ja sen tyypillisimpään layoutiin eli funktionaaliseen layoutiin sekä sen hyviin ja huonoihin puoliin. Toisessa osassa esitellään lean-ajattelua. Sen tavoitteena on poistaa kaikki hukka tuotannosta tehden siitä mahdollisimman tehokasta. Leanissa hukka poistetaan noudattamalla sen viittä pääperiaatetta, jotka ovat arvon määrittäminen, arvoketjun tunnistaminen, tuotannon virtaus, imuohjaus ja täydellisyyteen pyrkiminen. Viimeisessä osassa tutkitaan miten leania pystytään hyödyntämään yksittäistuotannossa. Koska lean on suunniteltu massatuotannolle, ensin perehdyttiin niiden eroihin ja todetaan ettei kaikkia massatuotannolle suunnattuja työkaluja pystytä suoraan hyödyntämään yksittäistuotannossa. Leanin pääperiaatteita täytyy soveltaa, jotta ne sopivat yksittäistuotantoon. Lopuksi käydään läpi tapaustutkimus leanin käyttöönotosta yksittäistuotannossa.

Työssä lopputuloksena saatiin selville, että leanin avulla pystytään kehittämään yksittäistuotantoa. Kehitystä nähtiin läpimenoajassa, joka lyhentyi, keskeneräisen tuotannon varastot pienenevät, tuotannon kulut vähenevät ja suorituskyky parani. Tulevaisuudessa yksittäistuotannon kehitystä leanin avulla tulisi tutkia lisää yleisesti ja sen käyttöönoton pitkäaikaisia vaikutuksia. Olisi myös hyvä, että luotaisiin jokin helposti seurattava käyttöopas leanin käyttöönotosta yksittäistuotannosta. Tämä helpottaisi prosessia ja madaltaisi kynnystä lähteä tekemään muutosta omissa yrityksissä.

Avainsanat: Yksittäistuotanto, lean, läpimenoaika, massatuotanto, hukka, tuotanto

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. YKSITTÄISTUOTANTO	3
2.1 Tuotannonsuunnittelu.....	4
2.2 Yksittäistuotannon layout	4
2.3 Yksittäistuotannon edut.....	5
2.4 Yksittäistuotannon haasteet	6
3. LEAN	7
3.1 Arvon luonti ja arvoketju	8
3.2 Hukka	8
3.3 Virtautus.....	10
3.4 Imuohjaus	11
3.5 Jatkuva parantaminen.....	12
3.6 Leanin menetelmät	13
3.6.1 5S	13
3.6.2 Kaizen.....	13
4. LEAN YKSITTÄISTUOTANNOSSA	15
4.1 Viiden pääperiaatteen hyödyntäminen	15
4.2 Layout-suunnittelu yksittäistuotannossa	17
4.3 Tapaustutkimus.....	17
5. YHTEENVETO.....	20
LÄHTEET.....	22

1. JOHDANTO

Asiakkaiden vaatimukset kasvavat koko ajan kehittyvässä teollisuuden maailmassa. Jotta yritysten kilpailukyky säilyy muuttuvilla markkinoilla, on niiden pysyttävä mukana tässä kehityksen kilpajuoksussa. Yksi keskeinen keino on tuotannon jatkuva kehittäminen. Tuotannolla tarkoitetaan prosessia, jossa luodaan raaka-aineelle ja tiedolle arvoa, minkä asiakas voi ostaa valmiina tuotteena tai palveluna (Martinsuo et al. 2016, s. 145). Prosessien ja tuotteiden kehittäminen voi johtaa parhaimmillaan kysynnän lisääntymiseen, joka mahdollistaa yrityksen taloudellisen kasvun ja uusien työpaikkojen luomisen. Teollisuuden ja tuotantoprosessien kehityksellä on lisäksi suuri merkitys yhteiskunnan taloudelliselle kasvulle ja kehitykselle.

Tuotannon kehitykseen liittyy useita ongelmia, jotka hidastavat tuotannon kehitystä tai estävät sen kokonaan. Monilla yrityksillä ongelmana on riittävän suurien investointien puute tuotannon kehitykseen. Esimerkiksi puute riittävistä laitehankinnoista aiheuttaa kehityksessä eron, minkä vuoksi osan yrityksistä on pärjättävä huonommilla välineillä kuin kilpailijoiden. Toinen ongelma on osaavan henkilöstön puute. Nämä ja monet muut tuotannon kehitykseen liittyvät ongelmat tarvitsevat ratkaisuja, joita ainakin osa pystytään tekemään yrityksen sisällä helposti ilman suuria investointeja.

Yksi tuotannon kehittämiskeinoista on lean, joka perustuu tuotannon jatkuvaan parantamiseen ja ylimääräisen työn minimointiin. Se on saanut perustansa Japanin autoteollisuudesta, josta se on levinnyt yhdeksi johtavista tuotantoperiaatteista suurelle osalle toimialoja. Lean-periaatteessa lähestytään kehitystä asiakkaan näkökulmasta, jolloin kehitys tapahtuu siellä, missä asiakkaalle luodaan arvoa eli tuotannossa. Tuotantoa kehitetään järkevämmäksi ja toimivammaksi, jolloin asiakkaalle luotua arvoa saadaan lisättyä samoilla kustannuksilla, mikä taas parantaa tuottavuutta. (Kouri 2010, s. 6–7)

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millä tavoin lean-ajattelua pystytään hyödyntämään yksittäistuotannossa ja sen kehittämisessä. Yksittäistuotanto on tuotantomuoto, jossa samaa tuotetta tehdään vain yksi kappale ja kaikki tuotteet eroavat toisistaan jollakin tavalla. Yksittäistuotannon etuna on sen joustavuus tuottaa laajaa valikoimaa tuotteita, mutta huono puoli taas on sen pitkät läpimenoajat ja suunnittelun vaikeus. (Martinsuo et al. 2016, s. 148) Muihin tuotantotyypeihin verrattuna lean-periaatteiden hyödyntämistä yksittäistuotantoon on tutkittu melko vähän.

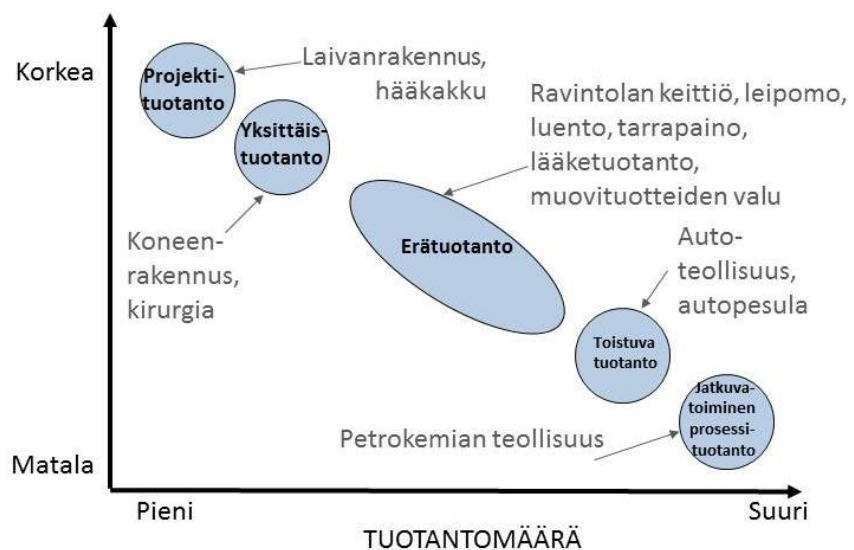
Tutkimus koostuu johdannon lisäksi neljästä luvusta. Toisessa luvussa perehdytään yksittäistuotannon toimintaan, sen etuihin ja yleisimpiin ongelmiin. Kolmannessa luvussa syvennytään Leanin pääperiaatteisiin ja menetelmiin. Neljännessä luvussa selvitetään, millä tavoin lean-periaatteita pystytään soveltamaan yksittäistuotantoon sen erityispiirteet huomioiden. Viidennessä luvussa on yhteenveto työn pääasioista.

Tämä työ on kirjallisuuskatsaus, jossa käytetään lähteinä muun muassa alan oppikirjoja, tutkijoille tarkoitettuja teoksia ja vertaisarvioituja tieteellisiä artikkeleita. Lähteitä valitessa on pyritty valikoimaan tuoreita tutkimuksia, joita on täydennetty alkuperäisteoksilla. Lähteiden perusteella muodostetaan pohjatieto tutkimukselle ja tehdään johtopäätökset, miten lean-ajattelun avulla pystytään kehittämään yksittäistuotantoa.

2. YKSITTÄISTUOTANTO

Maailmalla on paljon erilaisia tuotantolaitoksia ja ne voidaan luokitella tuotantotyyppeihin. Tuotantotyypit voidaan jakaa kahteen pääryhmään eli prosessi- ja kappaletavaratuotantoon. Kuvassa 1 esitellään yksi tapa jaotella tuotantotyypit tuotantomäärän ja vaihtelevuuden mukaan. Yksittäistuotanto kuuluu projekti-, erä- ja toistuvan tuotannon kanssa kappaletuotantoon. Yksittäistuotannossa tuotteissa aina jotakin samanlaista, minkä vuoksi se eroaa projektituotannosta, jossa valmiit tuotteet ovat uniikkeja. Kuitenkin samanlaisuutta on todella vähän ja kappaleet eroavat paljon toisistaan. Erätuotannosta yksittäistuotanto taas eroaa pienempien tuotantomääriensä ja tuotteiden välisen suuremman vaihtelevuuden vuoksi. (Logistiikan maailma)

TUOTANNON VAIHTELEUVUUS
(variaatioiden määrä tuotevalikoimassa)



Kuva 1. Tuotantotyypit tuotannon vaihtelevuuden ja tuotantomäärän mukaan (Logistiikan maailma)

Yksittäistuotannossa tuotetaan vain yksi kappale ja seuraava kappale eroaa aina jollakin tavalla edellisestä (Supsomboon & Vajasuvimon 2016). Yksittäistuotannolle ominaista on myyntimäärien vaihtelevuus ja jokaisen tuotteen kohdalla tapahtuva tilauskohtainen suunnittelu. Näiden ominaispiirteiden vuoksi tuotteiden varastointi ei yleensä ole järkevää, vaan tuotanto tapahtuu vasta tilauksen jälkeen (Martinsuo et al. 2016, s. 148). Yksittäistuotanto sopii siis yrityksille, jotka haluavat tarjota asiakkailleen erittäin

räätälöityjä yksittäisiä tuotteita. Esimerkiksi konetyökalupajaa, jossa suunnitellaan ja tuotetaan juuri asiakkaiden tarpeisiin sopivat työkalut, voitaisiin pitää yksittäistuotantoa harjoittavana yrityksenä.

2.1 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelu on tärkeä osa tuotantoprosessin hallintaa. Tuotannonsuunnittelun tarkoituksena on varmistaa, että tuotannolle asetetut tavoitteet täyttyvät (Boncember 1995). Tehtäviin tuotannonsuunnittelussa voi kuulua tuotantolaitteiden käytön ja kapasiteetin suunnittelu, raaka-aineiden ja tarvikkeiden hankinta, työvoimatarpeiden arviointi ja aikataulutus. Tuotannonsuunnittelu on tärkeää, koska ilman sitä syntyy turhaa hukkaa odotteluajoissa ja koneiden käyttöasteet ovat huonot (Supsomboon & Vajasuvimon 2016).

Yksittäistuotannossa tuotannonsuunnittelu perustuu asiakkaiden tilauksiin, koska tuotteiden valmistus tapahtuu vasta tilausten jälkeen. Sen takia tuotantoa pystytään suunnittelemaan vain lyhyelle ajanjaksolle. Tämä tuotannon tarpeen ennakoimattomuus johtaa tuotannon kuormituksen vaihteluun ja vaikeaan suunniteltavuuteen. Työkuorman vaihtelevuus voi vaikuttaa yrityksen kykyyn palkata vakituisia työntekijöitä, minkä vuoksi monet yritykset hyödyntävät vuokratyöntekijöitä.

Tilauksiin perustuvaa tuotantoa pidetään huomattavasti monimutkaisempaan kuin muita tuotantotyyppinä. Koska jokaisessa valmistettavassa tuotteessa on eroja, jokainen tuotantoprosessi on erilainen. Tämän takia vaihtelevuus on suurta läpimenoajoista tarvittaviin materiaaleihin ja komponentteihin (Stevenson 2015, s. 693).

2.2 Yksittäistuotannon layout

Tuotannon layout-suunnittelussa sijoitetaan koneet, työpisteet, kulkureitit, varastot sekä kaikki muu sopiville paikoille. Tavoitteena on saada aikaan turvallinen, mutta tehokas materiaalivirtaus koko tehtaan läpi niin, että läpimenoaika on mahdollisimman lyhyt. Layout-suunnittelussa on myös tärkeää käyttää tehtaan tilat tehokkaasti, jotta tuotannon kapasiteetti saadaan hyödynnettyä tehokkaasti. (Logistiikan maailma)

Yksittäistuotanto toteutetaan usein funktionaalisessa layoutissa, eli samankaltaiset toiminnot sijaitsevat samassa paikassa. Esimerkiksi hitsaus ja särmäys sijoitettaisiin eri paikkoihin, mutta erilaiset hitsauslaitteet olisivat samassa pisteessä. Funktionaalisen layoutin etu on sen joustavuus, koska siinä on helppo vaihtaa tuotteesta toiseen tuotannossa, jossa on iso vaihtelevuus ja pieni volyymi. Haittapuolena funktionaalisessa layoutissa on sen huono virtaus. Tuotteita joudutaan kuljettamaan pisteiltä toisille, jolloin

syntyy risteävä ja takaisinvirtausta. Takaisinvirtaus tarkoittaa, että tuote palaa uudelleen samalla pisteelle työstettäväksi ja risteävä virtaus taas tarkoittaa, että tuote ei kulje suoraviivaisesti tuotantolaitoksen sisällä, vaan kulkee ristiin työpisteiden välillä. Virtauksen ollessa huono kuluu tuotteiden siirtelyyn paljon ylimääräistä aikaa, jolloin läpimenoaika pitenee tarpeettomasti. (Dinis-Carvalho et al. 2014)

2.3 Yksittäistuotannon edut

Yksittäistuotannolla on monia etuja verrattaessa muihin tuotantotyyppeihin. Yksi näistä eduista on, että tilauksiin pohjautuvassa tuotannossa inventaarion tekemiseen kuluu vuositasolla huomattavasti vähemmän resursseja kuin esimerkiksi massatuotannossa. Tämä johtuu siitä, että yksittäistuotannossa valmistetaan vain tilatut tuotteet eikä varastoida tulevaisuutta varten valmiita tuotteita. Suurin osa tuotannon käyttämistä raaka-aineista hankitaankin tarpeen tullessa, minkä vuoksi varasto pysyy pienenä, eikä resursseja pääse menemään hukkaan.

Toinen yksittäistuotannon merkittävistä eduista on sen joustavuus, koska tuotanto ei rajoitu esimerkiksi tuoteryhmille suunniteltuihin tuotantolinjoihin, vaan usein käytössä on moniin eri käyttötarkoituksiin soveltuvia laitteita (Stevenson 2015, s. 238). Tuotantotilat on usein suunniteltu tuotantotehtävän mukaan niin, että esimerkiksi hitsaus on ensimmäisessä pisteessään ja kokoonpano toisessa (Logistiikan maailma). Tämän joustavuuden vuoksi yritykset pystyvät ottamaan vastaan tilauksia monenlaisille tuotteille ja reagoimaan nopeasti muutoksiin jopa kesken tuotannon.

Tuotannon ollessa mukautuva ja tilauksiin pohjautuva tarkoittaa se, että tuotteita voidaan muokata asiakkaille sopiviksi. Yksittäistuotannossa asiakas voi päästä mukaan jo suunnitteluvaiheessa, koska tuotanto alkaa vasta tilauksen jälkeen. Näin asiakas voi vaikuttaa myös siihen, millaisia hankittavien komponenttien ja materiaalien ominaisuudet ovat. Esimerkiksi työkalutuotannossa voidaan asiakkaiden käyttötarkoituksen perusteella päättää, valitaanko materiaali, joka kestää kauemmin vai materiaali, jolla saadaan tehty lyhytikäinen, mutta tarkempi työkalu.

Tuotantomäärien ollessa pieniä yksittäisten tuotteiden laatu on usein korkea. Yksittäistuotannossa pystytään tarkistamaan jokainen saapuva komponentti tai materiaali, toisin kuin esimerkiksi massatuotannossa, jossa tehdään vain satunnaistarkastuksia. Yksittäistuotannossa laadunvalvontaa tapahtuu koko tuotantoprosessin ajan, jolloin virheet huomataan ajoissa ja ne pystytään usein korjaamaan heti. Laadunvarmistus vähentää kustannuksia, joita syntyy lähetettäessä

viallisia tuotteita eteenpäin ja se lisää asiakkaiden luottamusta toimittavaan yritykseen. (Martinsuo et al. 2016, s. 386–390)

Markkinoinnin ja myynnin kannalta on hyvä, jos yrityksen tarjoama laatu on tunnettua ja tuotteiden muokattavuus asiakkaiden toiveisiin mahdollista. Markkinoinnilla pystytään houkuttelemaan uusia asiakkaita, sillä varsinkin isoja yksittäisiä hankintoja tehdessään asiakkaat haluavat varmistaa, että tuote on juuri oikeanlainen. Tuotteiden laadun ylläpitämisellä pystytään markkinoimaan luotettavia tuotteita ja osaavaa henkilökuntaa (Stevenson 2015, s. 241–242). Markkinoimalla näitä ominaisuuksia saadaan lisää myyntiä, mikä mahdollistaa yrityksen kasvun ja kehityksen.

2.4 Yksittäistuotannon haasteet

Samoin kuin etuja on yksittäistuotannolla myös omat haasteensa. Kun jokainen tuote tehdään tiettyä asiakasta varten, nousevat tuotannon kustannukset huomattavasti, jolloin myös tuotteen loppuhinta nousee (Stevenson 2015, s. 240–241). Esimerkiksi massatuotannossa tuotettu vene on yleensä huomattavasti edullisempi kuin yksittäistuotannossa valmistettu, sillä massatuotannossa pystytään säästämään materiaaleissa ja valmisteluissa. Tämä johtuu siitä, että massatuotannossa kaikki tehdään suuremmissa erissä, jolloin valmistelut täytyy tehdä vain kerran ja materiaalit ovat yleensä edullisempia mitä suuremmissa määrissä niitä hankitaan.

Samoin kuin hinta, voi yksittäistuotannossa laatu olla ongelma. Vaikka yksittäisten tuotteiden laatu on usein korkea, kappaleiden väliset erot saattavat olla suuria. Tämä voi johtua standardoinnin puutteesta. Tällöin laadun oletetaan aina olevan hyvä, mutta hyvä laatu saattaa eri tuotteissa tarkoittaa aivan eri asiaa.

Tuotteiden pitkä läpimenoaika on yksi tavallisimmista ongelmista yksittäistuotannossa. Läpimenoaika on usein pidempi kuin esimerkiksi massatuotannossa, koska asetajat ovat pidempiä ja muutoksia tehdään joka tuotteen välissä. (Proud & Deutsch 2021, s. 232) Läpimenoajan pituuteen vaikuttaa myös se, ettei tuotantolinjoja ole rakennettu vain tietylle tuotteelle vaan ne on suunniteltu mahdollisimman joustaviksi. Samoin työkalut ja -koneet ovat yleiskäyttöön hyviä, mutta niitä ei ole suunniteltu vain yhdelle tuotepiheelle, minkä vuoksi tuotanto on tehottomampaa. Läpimenoajan pituus vaikuttaa tuotteen hintaan ja asiakkaan hankintapäätökseen varsinkin, jos tilauksesta tuotteen saapumiseen asiakkaalle kestää liian kauan (Stevenson 2015, s. 242).

3. LEAN

Lean on johtamistapa, joka juuret ovat lähtöisin Toyotan autotehtaalta Japanista. 1940-luvun alkupuolella päätuotantoinsoörin Taiichi Ohnolla tehtävänä oli laajentaa tehtaen tuotantokapasiteettiä merkittävästi pienillä resursseilla. Hän oli tunnistanut asiakkaiden nousevan tarpeen yhä erilaisemmille autoille, kuten eri väreille, malleille ja varusteille, minkä vuoksi Ohnon tavoitteena oli lisätä tuotantokapasiteettiä, mutta silti vastata myös asiakkaiden toiveisiin. Tehokkuuteen hän päätyi ottamaan mallia sen hetkiseltä autoteollisuuden tehokkuuden huipulta Fordilta, joka linjatuotannolla pystyi tuottamaan suuria määriä vakioituja autoja. Fordin tehtaalla ongelma oli, että he valmistivat vain yhtä autoa yhdessä värissä ja yksillä varusteilla. Ohnon päätyi yhdistämään Fordin tehtaalla tehokkuuden ja Toyotalla halutun laajan valikoiman, josta muodostui Just-in-Time-tuotanto. Lean kehittyi myöhemmin maailmanlaajuisesti tunnetuksi Toyotan mallin pohjalta. (Vuorinen 2013 s. 71)

Nykyään lean ei koske enää pelkkää autotuotantoa vaan se on levinnyt suurelle määrälle aloja tavaratuotannosta palvelutuotantoon asti. Leanista on monia määritelmiä, mutta ne pohjautuvat hukun ja turhien toimintojen poistamiseen asiakkaan näkökulmasta. Ilman hukkaa pystytään tuottamaan asiakkaille lisäarvoa kustannustehokkaasti, koska tuotteen valmistuskustannukset pienenevät hukun poistuessa (Vuorinen 2013, s. 71). Leanissa tavoitteena on tunnistaa miten ja missä yrityksen arvo tuotetaan sekä keskittyä niiden toimintojen parantamiseen ja turhien toimintojen poistamiseen. Tällä tavoin asiakkaalle arvon lisääminen ilman toiminnan kustannuksien kasvua parantaa yrityksen kilpailukykyä, mikä varmistaa toiminnan jatkumisen myös tulevaisuudessa (Kouri 2010, s. 6–7).

Womackin & Jonesin (2003, s. 15–101) mukaan leanille pystytään määrittämään viisi pääperiaatetta:

1. Asiakkaan arvon määrittäminen
2. Arvoketjun tunnistaminen
3. Tuotannon virtaus
4. Imuohjaus
5. Pyri täydellisyyteen.

Näitä pääperiaatteita voidaan ajatella myös toimintajärjestyksenä leanin tuotannon käyttöönotolle, koska asiakkaalle pystytään lisäämään arvoa vain tunnistamalla se ja kehittämällä arvoa lisääviä työvaiheita (Kouri 2010, s. 8–9)

3.1 Arvon luonti ja arvoketju

Asiakasarvon määrittäminen on yksi leanin lähtökohdista. Jokainen asiakas määrittääkin sen eri tavalla kuin toinen, sillä ensimmäiselle arvokkaampaa voi olla nopea tuotteen toimitus ja toiselle tietty tuotteen ominaisuus. Tämän vuoksi on tärkeä määrittää arvo aina asiakkaan näkökulmasta, jolloin se muodostuu tuotteen ominaisuuksista, laadusta, toimitusajasta ja -varmuudesta. (Kouri 2010, s. 6) Yrityksen arvokkaita resursseja ei siis kannata käyttää turhaan tekemiseen, vaan on keskityttävä asiakkaalle arvoa tuottaviin toimintoihin.

Asiakasarvon määrittämisessä olennaista on kuunnella asiakkaan tarpeita. Jos tuote suunnitellaan vasta tilauksen jälkeen tai tuotteen tilaus on jatkuvaa, on hyvä ottaa asiakas mukaan suunnitteluun, jotta he saavat mahdollisimman sopivan tuotteen itselleen. (Vuorinen 2013, s. 73)

Eräs tapa määrittää mikä luo asiakkaalle lisäarvoa on miettiä, haluaako asiakas maksaa kaikista tuotteen valmistuksen vaiheista. Jos kaikki tuotteen valmistukseen liittyvät tehtävät listataan ja sieltä poistetaan ne tehtävät, jotka eivät lisää arvoa. Tällaisia asiakasarvoa lisäämättömiä tehtäviä voisi olla esimerkiksi odottelu tai virheiden korjaus. Mikäli tehtäviä, joista asiakas ei haluaisi maksaa ei pyritä poistamaan, asiakas päätyy maksamaan myös ei arvoa lisäävästä työstä, jolloin he tulevaisuudessa saattavat etsiä toimittajan, joka täyttää heidän toiveensa paremmin. (Rizzardo 2020, s. 28)

Edellä mainittua tapaa määrittää arvon lisääminen voidaan sanoa arvoketjuksi. Arvoketjulla tarkoitetaan prosesseja ja toimintoja, joissa arvo luodaan tai missä tuote valmistetaan. Leanissa pyritään minimoimaan arvoketjun lisäarvoa tuottamattomat osat ja tehostamaan arvoa tuottavat tehtävät. (Kouri 2010, s. 8) Usein arvoketju sisältää monia yrityksiä, sillä arvoa tuovat myös esimerkiksi materiaalien ja komponenttien toimittajat sekä kuljetuspalvelut. Koska arvoketju koskee niin monia, on sen kartoittaminen ja kehittäminen pitkäaikainen prosessi, joka vaatii kaikilta toimijoilta yhteistyötä. (Stevenson 2015, s. 267–268).

3.2 Hukka

Kaikkea tuotannon hukkaa ei ole mahdollista poistaa, mutta leanissa se pyritään minimoimaan. Leanissa ei siis pyritä lisäämään tuottavuutta pelkästään nopeuttamalla

tuotannon tahtia, vaan siinä pyritään poistamaan kaikki ylimääräinen hukka. Hukalla tarkoitetaan kaikkea mikä häiritsee tuotantoprosessia tai ei lisää arvoa (Stevenson 2015, s. 606). Pyrkimällä poistamaan kaikki hukka, saadaan tuotannosta tehokkaampaa, jolloin työn tuottavuus ja asiakastytyväisyys paranevat. Parhaassa tapauksessa hukkien poistaminen johtaa asiakasarvon maksimointiin ja asiakastytyväisyyden lisäämiseen (Kouri 2010, s. 10)

Hukka voidaan jakaa seitsemään luokkaan tuotannon osalta:

1. Ylituotanto: Tuotteita tulee valmistaa vain kysynnän verran. Mikäli tuotteita valmistuu enemmän kuin tarpeen, on se ylituotantoa. Ylituotanto johtaa ylimääräisiin varastoihin keskeneräisessä ja valmiissa tuotannossa. Ylimääräisen tuotannon syntymistä pystytään estämään esimerkiksi ennustamalla kysyntää tai tuottamalla vasta tilauksen syntyessä.
2. Odottelu ja viivästykset: Koneiden seisominen tyhjänä tai työntekijä odottamassa saapuvaa työtä ei tuo lisäarvoa asiakkaalle, vaan kuluttaa vain tuottavan yrityksen resursseja. Odotusajat tulee minimoida suunnittelemalla tuotantolinjastoa sujuvaksi ja luomalla joustavuutta, jolloin odotusajat voidaan joko poistaa tai käyttää muuhun tekemiseen.
3. Tarpeeton kuljettaminen: Ylimääräistä tuotteiden ja raaka-aineiden kuljettamista voidaan vähentää suunnittelemalla tehtaan layout huolella palvelemaan tuotantotyyppiä. Myös tehokkaisiin kuljetusvälineisiin on hyvä panostaa.
4. Laatuvirheet: Mikäli tuote on virheellinen, menee hukkaan kaikki siihen käytetyt resurssit tai sen korjaamiseen joudutaan kuluttamaan vielä enemmän resursseja. Laatuvirheitä pystytään vähentämään kouluttamalla työntekijät tarkastelemaan laatua kaikissa työn vaiheissa.
5. Tarpeettomat varastot: Varastot sitovat yrityksen pääomaa ja peittävät tuotannon ongelmia. Jos kaikkea varastoon hankittua tai sinne valmistettua tavaraa ei pystytä käyttämään, menee suuri osa niihin tehty työ hukkaan. Varastoja tulee välttää, jotta läpimenoaikaa ja kustannuksia saadaan vähennettyä.
6. Ylikäsittely: Asiakkaiden näkökulmasta arvoa lisäämätön työ on liikakäsittelyä. Sitä pystytään välttämään tekemällä vain asiakkaiden vaatimaa ja käyttämällä sopivia työkaluja.
7. Tarpeeton liike työskentelyssä: Minimoimalla kaikki siirtymiset ja ylimääräiset liikkeet työssä, saadaan maksimoitua tehokkuus. Ylimääräisiä siirtymiä ja liikkeitä pystytään välttämään suunnittelemalla tehtaan layout hyvin ja tekemällä

työpisteistä helposti muokattavia työntekijöiden tarpeisiin. (Kouri 2010, s. 10–11; Modig & Åhlström 2016)

Nykyään seitsemän alkuperäisen hukan kategorian lisäksi kahdeksantena hukkana voidaan nähdä käyttämättä jätetty työntekijöiden luovuus, jolla tarkoitetaan työntekijöiden tiedon hyödyntämättä jättämistä työvaiheiden ja menetelmien kehittämisessä. Kehitettävän työn tekijöiltä löytyy usein itseltään paras tieto prosessista (Kouri 2010, s. 10–11; Rizzardo 2020, s. 30). Ohnon tunnistamia seitsemää hukkaa ei tule ajatella yksittäisinä, vaan yhden hukan syntyessä seuraa myös muuta hukkaa. Tämän vuoksi poistamalla yksi hukan lähde saadaan usein syntymään jatkumo, jossa myös muuta hukkaa poistuu (Rizzardo 2020, s. 30). Esimerkiksi jos saadaan poistettua ylituotanto, seuraa kuljettamisen vähentymistä ja tarpeettomia varastoja syntyy vähemmän.

3.3 Virtautus

Tuotannossa työvaiheiden nopeuttamisella ei usein saavuteta parhaita tuloksia, sillä suurin osa ajasta kuluu työvaiheiden välissä. Virtautus tarkoittaa tuotantoprosessin vaiheiden ja toimintojen virtaviivaistamista, eli tuotannon kulusta tehdään mahdollisimman selkeä ja tehokas. Virtauttamalla tuotanto oikein voidaan saavuttaa merkittävä ero toimitusajoissa, varastoihin sitoutuneen pääoman pienenemisessä, laadun kehityksessä, tuottavuuden ja toiminnan kasvussa. Virtautuksessa pyritään valmistamaan tuotteet niin, että ne kulkevat mahdollisimman suoraa reittiä pitkin niin, että tuote liikkuu tuotannossa pysähtymättä. Tämä saavutetaan poistamalla kaikki ylimääräinen arvo lisäämätön työ tuotantoprosessista ja tekemällä layout-suunnittelu niin, että materiaalivirta laitteelta tai työpisteeltä toiselle on mahdollisimman suoraviivainen. (Kouri 2010, s. 8, 20)

Yksi virtauksen tehokkuuden mittareista on läpimenoaika. Sillä tarkoitetaan aikaa, joka kuluu yhden tuotteen kulkuun prosessin alusta loppuun. Usein voidaankin sanoa, että mitä lyhyempi läpimenoaika on, sitä paremmin tuotanto toimii. (Modig & Åhlström 2016, s. 22–27) Tämä ei kuitenkaan ole aina totta, sillä tuotannossa arvoa lisäävien työvaiheiden liiallinen nopeuttaminen voi aiheuttaa esimerkiksi laaturvirheitä tai työntekijöiden uupumista. Läpimenoaikaa voi olla hyvä katsoa sen suhteen, kuinka paljon arvoa tuottaviin tehtäviin kuluu aikaa ja onko se aika tehokasta sekä kuinka paljon kaikkeen muuhun ylimääräiseen kuluu aikaa. Muun kuin arvoa lisäävään työhön kuluvan ajan poistamisella saadaan selville tuotteen tehokkain läpimenoaika.

Virtautuksen toimiminen ja läpimenoajan priorisointi vaativat luotettavuutta ja joustavuutta tuotannolta (Kouri 2010, s. 20–21). Vikaantuvat laitteet ja laatuviat aiheuttavat tuotannossa pysähtelyä ja saattavat johtaa pullonkauloihin. Pullonkauloja syntyy, kun tuotanto ei ole yhtä nopeaa yhdellä työpisteellä kuin muilla. On siis tärkeää, että laitteita huolletaan ajallaan, jottei tuotanto kärsi laitevikojen vuoksi, jotka olisi voinut ehkäistä. Pullonkauloja pystytään poistamaan esimerkiksi hankkimalla useampi kone tekemään samaa työtä, jolloin yhden vikaantuminen ei pysäytä koko tuotantoa. (Modig & Åhlström 2016, s. 37–39)

Jatkuvan yhden kappaleen virtauksella on helppo kuvata ideaalia tilannetta virtaustehokkuudessa. Kun yksi kappale virtaa tuotannossa, se siirtyy aina seuraavaan työvaiheeseen suoraan edellisestä, eikä tarvitse odottaa koko erän valmistumista. Yhden kappaleen virtauksessa voidaan minimoida varastointi, pysähdykset ja takaisinvirtaus. Tällaisessa virtauksessa pystytään saavuttamaan hukan poisto prosessista. (Rizzardo 2020, s. 49) Usein yhden kappaleen tuotantoa ei ole helppo ottaa käyttöön tuotannossa, koska erätuotannosta siihen siirtyminen vaatii suuria muutoksia sekä tuotantolaitoksessa että työtavoissa.

3.4 Imuohjaus

Toyotalla ei ollut resurssipulan vuoksi varaa virheliikkeisiin, minkä vuoksi tuotanto päätettiin muuttaa tilauslähtöiseksi. Tilauslähtöisessä tuotannossa valmistaminen aloitetaan vasta tilauksen saavuttua. Seurauksena oli opeteltava tuntemaan ostajat, joten luotiin kolme kysymystä, joiden perusteella kartoitettiin tarvetta:

1. Mitä asiakas haluaa?
2. Milloin asiakas haluaa valmiin tuotteen?
3. Kuinka monta tuotetta asiakas haluaa?

Kun ymmärrettiin millaisia tuotteita asiakkaat halusivat, oli tärkeää selvittää tarpeen määrä. Tätä varten luotiin imuohjaus, jossa tilauksen jälkeen tieto lähti kulkemaan vastavirtaan tuotantoprosessissa. Näin saatiin kaikissa prosessin vaiheissa selville, kuinka paljon, milloin ja mitä tarvittiin. (Modig & Åhlström 2016, s. 72–73)

Imuohjauksessa muukin kuin tuotteen valmistus tapahtuu impulssin tultua. Esimerkiksi osalaatikon tyhjentyessä lähtee tieto valmistukseen tarpeesta, jonka perusteella tarvittavia osia aletaan valmistamaan lisää. Tätä sanotaan imuohjauskortiksi eli Kanbaniksi. Kanban kertoo kuinka paljon ja millaisia tuotteita tarvitsee valmistaa ja korttien määrä kertoo, kuinka monta erää tai laatikkoa tuotetta voi olla varastoituna. Näin

pystytään hallinnoimaan varastojen määrää ja tuotteiden tarpeen muuttuessa pystytään helposti lisäämään kortteja. (Kouri 2010, s. 22)

Imuohjauksella saavutettava hyöty on varastojen pieneneminen, kun kanbankorttien määrä minimoidaan. Muita hyötyjä ovat helppo materiaalihjaus, nopeampi läpäisy aika ja joustavuus. (Kouri 2010, s. 23) Yksi tärkeimmistä hyödyistä minkä imuohjaus tarjoaa, on hukan minimointi. Tuotantoa ei tapahdu ennen kuin tilaus on tullut tai tarve on huomattu, jolloin poistamalla ylituotanto moni muukin hukka vähenee.

3.5 Jatkuva parantaminen

Lähtiessä muokkaamaan yrityksen toimintaa leanin periaatteiden mukaiseksi huomaa nopeasti, että kehitysprojekti ei tule koskaan olemaan täysin valmis. Tarkoituksena ei siis ole vain parantaa nykyistä prosessia, vaan tavoitella täydellisyyttä. Virtauksien ja imun kehitys tuo yleensä esiin piilossa ollutta hukkaa, joka on pyrittävä poistamaan leanin periaatteita käyttäen. Samoin asiakasarvon määrittäminen ei tule koskaan täysin valmiiksi, vaan asiakkaiden tarpeet kehittyvät teknologian kehittyessä. (Womack & Jones 2003, s. 25) Jatkuva parantaminen on siis pysyvä muutos yrityksen toimintatavoissa, mihin jokaisen työntekijän on sitouduttava.

Jatkuva parantaminen lähtee työntekijöistä. Työntekijöillä täytyy olla hyvät oltavat yrityksessä ja heillä täytyy olla halu kehittää toimintaa. Työhyvinvoinnille hyvä lähtökohta on ergonomian parantaminen. Hyvä ergonomia ehkäisee tapaturmia ja pitkäaikaisien haittojen syntymistä. Työturvallisuuden maksimoinnilla ja hyvällä työntekijöiden perehdytyksellä pystytään pienentämään onnettomuuksien tapahtumisen mahdollisuutta. (Kouri 2010, s. 12) Työntekijän poissaolo omista työtehtävistään tai epämotivoitunut työntekijä on aina hukkaa yritykselle. Tämän vuoksi myös työntekijöiden henkiseen hyvinvointiin on hyvä kiinnittää huomiota. Työntekijöiden täytyy tuntea tulewansa kuulluksi ja olevansa tärkeä osa yrityksen toimintaa.

Jatkuvaa parantamista varten on kehitetty menetelmä, jonka lyhenne PDCA koostuu sanoista plan (suunnittele), do (suorita), check (tarkista) ja act (toteuta). Suunnittelussa tulee määrittää, mitata ja analysoida ongelma. Suorituksessa testataan ratkaisua, jonka jälkeen tarkistetaan tulokset. Viimeisenä hyvät ratkaisut vakiinnutetaan käyttöön ja jatketaan toiminnan kehitystä. PDCA-menetelmän tarkoitus on standardisoida kehitysprosessi niin, ettei ongelmien seurauksia vain hoideta vaan ongelmat poistetaan. Usein ongelmien korjauksessa vain ratkaisujen testaaminen ei tuota haluttua lopputulosta, vaan on syvennyttävä ongelmien juurisyihin, jolloin järjestelmällisyys ja standardoitu toimintatapa tulee hyödylliseksi. Näin saadaan kehitettyä tehokkaimmat ja

pitkäkestoiset korjaukset ja opitaan prosessin aikana. (Rizzardo 2020, s. 54–55; Kouri 2010, s. 14–15)

Oppiminen nähdään yhtenä tapana parantaa jatkuvasti yrityksen toimintaa, koska se johtaa parempaan ymmärrykseen toiminnasta. Oppimista tulisikin tapahtua joka päivä ja tässä hyödylliseksi tulee aikaisemmin mainittu PDCA-syklin toimintamalli. Testaamalla opitaan virheistä, jolloin otetaan aina askelia lähemmäs kohti ratkaisua. (Rizzardo 2020, s. 56–59)

3.6 Leanin menetelmät

3.6.1 5S

Leanin yksi tunnetuimpia ja käytetyimpiä työkaluja on 5S-menetelmä. Siinä pyritään järjestämään ja suunnittelemaan työpaikasta mahdollisimman tuottava siisteyden ja järjestyksen kautta. 5S-menetelmän yksi ongelmakohdista on, että sen käyttöönoton jälkeen usein aletaan palaamaan hitaasti takaisin alkuperäiseen tilanteeseen, minkä vuoksi sen periaatteista on tehtävä oletus työntekijöille ja toteutusta seurattava säännöllisesti.

5S koostuu japanin kielen sanoista: seiri (lajittele), seiton (järjestä), seisō (puhdist), seiketsu (vakioi) ja shitsuke (ylläpidä). Lajittelussa poistetaan ylimääräiset tavarat, jotta varastot pienenevät ja vapautetaan tilaa tuottavalla tekemiselle. Järjestämisessä varastoidaan resurssit järkevästi käyttäen nimilappuja ja kylttejä. Tässä vaiheessa maalataan usein tehtaaseen selkeät kulkureitit, määrittelemään missä esimerkiksi työntekijät saavat liikkua. Puhdistamisella tarkoitetaan työpaikan jokapäiväistä siivousta ja puhtauden ylläpitoa. Vakioinnin avulla pyritään tekemään hyvistä käytännöistä standardeja työpaikan toimintaan. Ylläpitäminen tapahtuu kaikkien muiden käytäntöjen käyttöönoton jälkeen, jolloin pyritään jatkamaan sovittujen käytäntöjen toteutusta.

5S-menetelmällä voidaan nähdä nykyään vielä kaksi lisävaihetta viiden alkuperäisen lisäksi. Näitä ovat turvallisuus ja työntekijöiden tyytyväisyys. Turvallisuutta voidaan pitää myös osana alkuperäisiä viittä, koska niiden käyttöönoton yhteydessä työturvallisuus paranee. (Rizzardo 2020, s. 86–89)

3.6.2 Kaizen

Yksi menetelmä tuotannon jatkuvaan parantamiseen on nimeltään Kaizen. Se on japaninkielinen sana, joka tarkoittaa jatkuvaa parantamista ja inkrementaalista muutosta.

Siinä tarkoituksena on ottaa pieniä askelia eteenpäin jatkuvan parantamisen takaamiseksi. Kaizen koostuu työpajoista, joissa johdon ohjauksen avulla työntekijät kehittävät ratkaisuja päivittäisiin ongelmiin. Tavoitteena on saada aikaan pitkäaikaisia ratkaisuja lyhyessä ajassa. Kaizen-menetelmän etu on sen välitön ratkaisujen käyttöönotto ja sitoutuneet työntekijät.

Kaizen koostuu kolmesta vaiheesta, joita on valmistelu, kaizen-tapahtuma sekä jatkuva parantaminen. Valmistelussa määritetään mahdollisimman tarkkaan ratkaistava ongelma, jonka jälkeen määritetään tavoitteet sen ratkaisuun sekä käytettävissä olevat resurssit ja niiden määrä. Toisessa vaiheessa järjestetään kaizen-tapahtuma, jossa määritetään ongelman juurisyyt ja kehitetään niille ratkaisut. Ratkaisujen kehityksen jälkeen valmistellaan ja koulutetaan henkilökunta käyttöönottoa varten. Valmisteluiden jälkeen ratkaisut otetaan käyttöön. Viimeisessä vaiheessa seurataan ongelman ratkaisun tulosten pysyvyyttä määritettyjen mittareiden avulla. Kaizen-prosessin aikana opittujen taitojen avulla työntekijät pystyvät jatkossa parantamaan edelleen tuotantoa pieniä askelia ottamalla. (Ortiz 2009)

4. LEAN YKSITTÄISTUOTANNOSSA

Lean ajattelun perusta on lähtöisin Toyotalta autojen liukuhihnavalmistuksesta. Siellä valmistettiin massatuotantona pelkkiä autoja pienellä vaihtelulla ja suurina määrinä eli massatuotantona. Toisin kuin massatuotannossa, yksittäistuotannossa vaihtelevuus tuotteiden kesken on suurta ja määrät hyvin pieniä. Yksittäistuotanto eroaa valtavasti massatuotannosta, minkä vuoksi suurin osa sen kehitykseen suunnatuista työkaluista ei suoraan toimi sellaisenaan yksittäistuotannolle.

Yksittäistuotannon kehittämistä leanin avulla on tutkittu melko vähän verrattuna muihin tuotantomuotoihin. Kuitenkin pienerästuotantoon tehtyjä tutkimuksia ja leanin pääperiaatteita pystytään soveltamaan melko suoraan yksittäistuotantoon. Esimerkiksi layout-suunnitteluun ja tuotannonsuunnitteluun on kehitetty omia työkaluja yksittäistuotantoon. (Irani 2020)

4.1 Viiden pääperiaatteen hyödyntäminen

Kaikkia leanin viittä pääperiaatetta pystytään hyödyntämään yksittäistuotannossa, mutta niiden hyödyntämistavat täytyy mukauttaa massatuotannosta yksittäistuotannolle sopiviksi. Alla on kerrottu yksityistuotannon tapoja hyödyntää Leanin viittä pääperiaatetta.

Asiakkaan arvon määrittäminen on ensimmäinen pääperiaate leanissa. Massatuotannossa onkin suhteellisen yksinkertaista määrittää muutaman tuotteen arvo, mutta yksittäistuotannossa erilaisia tuotteita voi olla loputon määrä. Suuren tuotemäärän vuoksi on järkevää lähteä luokittelemaan käyttämällä myynnin historiaa hyödyksi. Näin voidaan luokitella tuotteet kolmeen luokkaan: runners, repeaters and strangers. Runners -luokassa on useimmin tilatut tuotteet, jotka ovat melko standardoituja. Repeaters -luokassa tuotteet ovat monimutkaisempia ja niitä tilataan hieman harvemmin. Strangers -luokan tuotteita tilataan harvoin ja niiden tilauskantaa ei pystytä ennakoimaan. Tämän jälkeen tuotteiden tehtaan kulkureittien avulla ryhmitellään luokista vielä pienempiin ryhmiin eli tuoteperheisiin. Tuoteperheissä tuotteiden valmistusreitit ja tilauskanta ovat hyvin samanlaiset, jolloin arvon määrittäminen pystytään tekemään tuoteperheen kaikille tuotteille kerralla. Näin ollen ei enää tarvitse määrittää, kun yksittäisien asiakkaiden toivomat ominaisuudet ja kehittää arvoa sen mukaan sopivammaksi.

Arvoketjun tunnistaminen yksittäistuotannossa saattaa olla hankalaa, sillä tuoteperheen kaikkien tuotteiden virtaus tuotannossa ei ole yleensä identtinen. Tällöin ei

kannata käyttää arvovirtakuvausta eli value stream mapping -työkalua arvoketjun määrittämisessä. Tämä työkalu soveltuu parhaiten massatuotantoon, jossa reittejä on vain yksi. Yksittäistuotannossa arverkostokuvaus eli value network mapping on parempi vaihtoehto, koska sen avulla pystytään kuvaamaan kaikki tuoteperheen reitit. Reitit yhdistämällä pystytään havaitsemaan yhtenäisyyksiä virtauksissa. Kun on kartoitettu tuoteperheen arvovirtaus, pystytään sieltä poistamaan turhat vaiheet ja panostamaan tehtäviin, jotka ovat isossa roolissa yhdessä tai varsinkin useammassa tuoteperheessä. Näin esimerkiksi vain yhden tuotteen valmistukseen käytettävä työpiste ei ole yhtä suuri arvon tuottaja kuin työpiste, jota käytetään kaikissa tuoteperheissä.

Virtautuksen toteutus ei ole kovin yksinkertaista yksittäistuotannossa, koska jatkuvaa tai yhden kappaleen virtausta ei ole helppo saavuttaa. Arverkostokuvauksen avulla voidaan järjestää tuotanto niin, että läpimenoaika saataisiin mahdollisimman lyhyeksi poistamalla ylimääräinen tuotteiden kuljettaminen. Tätä vaikeuttaa päivittäin vaihtuvat tehtävät ja erilaiset määräpäivät tuoteperheidenkin sisällä. Virtautuksen lisäksi esimerkiksi 5S on hyödyllinen työkalu, sillä siinä ei ole väliä mikä tuotantomuoto on käytössä. 5S:n avulla organisoidaan ja standardoidaan tuotantoa tuottavammaksi.

Imuohjauksessa signaali tulee töiden tekemiseen samalla tavalla kuin massatuotannossa. Erona on, että yksittäistuotannossa läpimenoaika ei määritä päivittäistä rytmiä toisin kuin liukuhihnalla valmistettavassa massatuotannossa. Tuotteiden läpimenoajat vaihtelevat jopa päivittäin, minkä vuoksi tuotteet valmistetaan vasta tilauksen saavuttua. Imuohjauksen kehittämisessä työskentelevässä tuotannossa tarvitsee koordinoita kaikkien työpisteiden toimintaa yhdessä ja erikseen, jotta tuotteiden valmistuksen määräpäivissä pysytään. Työmäärän ja kapasiteetin suunnittelu on yksittäistuotannossa tärkeää, sillä valmiita tuotevarastoja ei ole auttamaan tilanteessa, jolloin työmäärä ylittää kapasiteetin rajat.

Täydellisyyteen pyrkimisessä yksittäistuotannossa, jossa on alettu toteuttaa lean periaatteita tuotannossa, tulee vastaan ongelmia virtauksen kehittyessä. Yksittäistuotannossa pullonkaulojen syntyminen ei estä vain yhden tilauksen etenemistä tuotannossa, vaan voi lamauttaa koko tuotannon. On siis tärkeä pyrkiä estämään pullonkaulojen synty, mutta niiden syntyessä poistaa ne mahdollisimman nopeasti. Henkilökunnan kouluttaminen työskentelemään useammalla työpisteellä tehtaassa auttaa tilanteissa, joissa he eivät pysty työskentelemään omalla pisteellään. Tämä luo joustavuutta tilanteisiin, jossa kuormitus ei ole tasaista. (Irani 2020, s. 37–46)

4.2 Layout-suunnittelu yksittäistuotannossa

Yksi vaihtoehto kehittää yksittäistuotantoa on vaihtaa tehtaan layout solutuotantoon. Solutuotanto eroaa funktionaalisesta tuotannosta siinä, että solut on suunniteltu tuoteperheiden mukaan eikä toimintojen mukaan. Solujen on tarkoitus toimia itsenäisesti ja tuotteen on tarkoitus valmistua lähes kokonaan sen sisällä. Toteutettuna oikein, solutuotanto voi saada aikaan kehitystä: lyhyempi läpimenoaika, parempi tuottavuus, parempi laatu ja yksinkertaisempi hallinnointi. (Dinis-Carvalho et al. 2014) Solutuotannon huono puoli on sen joustamattomuus. Solut on suunniteltu vain yhdelle tuoteperheelle, joten niissä on hankala valmistaa muiden tuoteperheiden tuotteita. Jos tuotekanta muuttuu tai jokin tuoteperhe poistuu kokonaan, jää koko solu turhaksi.

Layoutin muutossa toinen vaihtoehto yksittäistuotannolle on funktionaalisen ja solutuotanto layouttien yhdistäminen eli hybridisolutuotanto. Siinä pyritään yhdistämään funktionaalisen layoutin joustavuus ja solutuotantolayoutin hyvät ominaisuudet ilman sen joustamattomuutta. Hybridisolutuotanto layoutissa muodostetaan kokonaisia ja osittaisia soluja, osa funktionaalisista ryhmistä säilytetään ja osa niistä hajotetaan, niin että laitteet sijoitetaan useampaan kohtaan tehdasta. Kaikki tällaiset layoutit eroavat toisistaan ja tärkeintä on suunnitella omaan tehtaaseen oikeanlainen toimiva layout. (Irani 2020, s. 37–36; 107–115)

4.3 Tapaustutkimus

Haider ja Mirza (2015) tutkivat leanin vaikutusta yksittäistuotannon kehittämiseen yrityksessä, jossa valmistetaan ja korjataan taistelukentille panssarivaunuja. Tällä yrityksellä oli kolme pääongelmaa, jotka yritetään korjata leanin avulla:

1. Osakomponenttien valmistus ja korjaus ajallaan, jotta lopputuotteen toimitusaika toteutuu.
2. Resurssien optimointi ja pullonkaulatyöpisteiden tunnistaminen.
3. Tuotantokapasiteetin suunnittelu ennen asiakkaan varmistumista.

Panssarivaunujen valmistuksessa on kolme päävaihetta: vaunun piipun ja tornin valmistus sekä runkokokoonpano. Näistä tutkimuksen kohteeksi valittiin runkokokoonpano, jossa keskitytään rungon jousituksen, voimanlähteen osien ja komponenttien korjaukseen ja uudelleen rakentamiseen. Näiden osien ja komponenttien korjaukseen kuuluu useampi vaihe analytiikasta hitsaukseen tai pinnoitukseen ja koneistuksen kautta tarkastukseen ja lähetykseen. Tutkimuksessa keskitytään koneistukseen, koska se sisältää jo 10 eri tuotteen valmistuksen näin rajattuna.

Tutkimusta lähdettiin toteuttamaan kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin tuotantoprosessia ja layoutia, joiden avulla määritettiin tuoteperheet ja muodostettiin solut tuotantoon. Toinen vaihe keskittyi jatkuvaan parantamiseen. Siinä uudelleen järjestettiin työpisteet niin, ettei takaisinvirtausta päässyt tapahtumaan. Tällöin tuote saapuu yhdeltä sivulta valmistukseen ja poistuu arvon lisäyksen jälkeen toiselta puolelta. Toisessa vaiheessa tehtiin myös simulointeja ja analysoitiin niiden tuloksia, josta selvisi syitä odotusaikojen, saapumisaikojen ja valmistusaikojen pituuksiin. Näiden tietojen avulla pystyttiin poistamaan hukkaa ja pullonkauloja tuotannosta. Kolmannessa vaiheessa keskityttiin parantamaan prosessia vielä lisää. Siinä pyrittiin lyhentämään koneiden asetusaikaa, luomaan ennaltaehkäisevää huoltoa ja poistamaan hukka. Tässä vaiheessa käytettiin Kaizen-menetelmää saapumisaikojen optimointiin ja odotusaikojen lyhentämiseen lisäämällä resursseja ja nopeuttamalla asetusaikoja. Läpimenoaikaa lyhennettiin myös lyhentämällä vikaantumisaikoja. Näiden parannusten avulla pystyttiin saamaan aikaan yhden kappaleen virtaus tuotantoon.

Tutkimukselle määrättiin seitsemän mittaria, joiden avulla analysoitiin leanin käyttöönoton onnistumista tehtaassa. Alla on listattu tulokset seitsemän mittarin perusteella:

1. **Keskeneräisen tuotannon** määrä ei saisi ylittää tuotannon työpisteiden määrää, jotta yhden kappaleen virtaus toteutuu. Aluksi keskeneräisen tuotannon määrä oli 22,85. Leanin avulla sen määrä saatiin laskettua työpisteiden määrään eli kymmeneen, joten yhden kappaleen virtaus toteutuu.
2. **Tuotannon läpimenoaika** koostui melkein kaikilla valmistettavilla komponenteilta lähes kokonaan odotusajasta. Tämän vuoksi tuotannossa otettiin käyttöön Kaizen-menetelmä, jonka avulla lyhennettiin asetusaikoja ja mahdollistettiin yhden kappaleen virtaus.
3. **Arvoa lisäävien vaiheiden keskimääräinen** kesto laski merkittävästi leanin käyttöönoton jälkeen suurimmalla osalla komponenteista. Komponentit, joilla aika pysyi lähes samana, erosivat muista siinä, että niitä työstettiin vain muutamalla työpisteellä.
4. **Suorituskyky** oli leanin käyttöönoton jälkeen vain kahdella komponentilla alle tavoitteen. Ketjupyörän napojen ja varsien asetus- ja käsittelyaikoja lyhentämällä voitaisiin saavuttaa haluttu suorituskyky. Tässä tapauksessa yritys kuitenkin tukeutuu alihankkijoihin saavuttaakseen tavoitteensa.
5. **Tuotannon kustannusten määrä** on laskenut leanin avulla muuttuvien kustannuksien osalta tuotannon nousseen tuottavuuden vuoksi.

Kokonaiskustannukset laskivat noin 3500000 Pakistanin rupista 1500000 Pakistanin rupiin. Kustannukset pienenevät siis yli puolella.

6. **Tilan käytön tehokkuus** on lisääntynyt leanin avulla. Tämä johtuu välivarastojen poistumisesta tuotannosta ja monikäyttöisten työstökoneiden käyttöönotosta.
7. **Toimitusajoissa pysyttiin** suurimmalta osin leanin käyttöönoton jälkeen, mutta yhdessä komponentissa oli noin neljän päivän keskimääräinen myöhästyminen. Myöhästymisten syyt arvioitiin ja saatiin selville, että ne johtuivat kääntötyöasemien liian suuresta kuormituksesta. Jotta tuotanto pysyisi ajallaan, tulee näiden komponenttien valmistusajan tavoitteet joko arvioida uudelleen tai löytää ratkaisu valmistusajan lyhentämiseen.

Tutkimuksessa saatiin tulokseksi, että yksittäistuotantoa pystytään kehittämään leanin avulla. Sen avulla pystytään lyhentämään läpimenoaikoja vähentämällä ei arvolisäävien toimintojen kestoa, lyhentämällä asetusaikoja ja voidaan ottaa käyttöön yhden kappaleen virtaus. Layoutin muuttaminen solutuotannoksi todettiin tutkimuksessa toimivaksi, mutta sen käyttöönotto kalliiksi. Tutkimuksessa keskityttiin kuitenkin vain pieneen osaan tuotantoa, minkä vuoksi suuremmassa mittakaavassa leanin käyttöönottoa tarvitsee vielä tutkia. (Haider & Mirza 2015)

5. YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli selvittää, miten leania pystytään hyödyntämään yksittäistuotannon kehittämisessä. Toisessa luvussa perehdyttiin mitä yksittäistuotanto on ja miten se eroaa muista tuotantomuodoista. Tämän jälkeen perehdyttiin yksittäistuotannon suunnitteluun ja sen tyypillisimpään layoutiin eli funktionaaliseen layoutiin sekä sen hyviin ja huonoihin puoliin. Yksittäistuotanto mahdollistaa erittäin joustavan tuotannon, sillä se on suunniteltu mukautumaan erilaisten tuotteiden valmistukseen pienissä määrin. Tyypillinen huono puoli yksittäistuotannossa on tuotteiden pitkä läpimenoaika, joka johtuu siitä, ettei tuotantoa ole suunniteltu vain yhdelle tuotteelle, jolloin muun muassa kuljettamiseen ja asetusaikoihin kuluu ylimääräistä aikaa.

Kolmannessa luvussa esiteltiin lean-ajattelua. Sen tavoitteena on poistaa kaikki hukka tuotannosta tehden siitä mahdollisimman tehokasta. Leanissa hukka poistetaan noudattamalla sen viittä pääperiaatetta, jotka ovat arvon määrittäminen, arvoketjun tunnistaminen, tuotannon virtaus, imuohjaus ja täydellisyyteen pyrkiminen.

Pääperiaatteiden toteutuksen avuksi on luotu menetelmiä, joiden avulla lean saadaan käyttöön otettua tuotannossa. Näistä menetelmistä käsiteltiin kanbania, PDCA-, 5S- ja kaizen-menetelmää. Kanban perustuu ohjaukshortteihin, joiden avulla valmistetaan vain tarpeelliset osat ja tuotteet. 5S on siisteyden ja järjestyksen standardoiva menetelmä. PDCA ja Kaizen ovat menetelmiä, joita käytetään jatkuvan parantamisen kartoitukseen ja sen toimintatapojen vakiinnuttamiseen.

Nejännessä luvussa tutkittiin miten leania pystytään hyödyntämään yksittäistuotannossa. Koska lean on suunniteltu massatuotannolle, ensin perehdyttiin niiden eroihin ja todettiin ettei kaikkia massatuotannolle suunnattuja työkaluja pystytä suoraan hyödyntämään yksittäistuotannossa. Leanin pääperiaatteita täytyy soveltaa, jotta ne sopivat yksittäistuotantoon. Arvon määrittäminen tapahtuu luokittelemalla tuotteet tuoteperheisiin runners, repeaters ja strangers taktiikalla. Sen jälkeen pystytään määrittämään arvoverkostokuvaus, josta selviää tuotteiden kulku tehtaassa. Arvoverkostokuvauksen avulla pystytään virtauttamaan tuotanto, jolloin tuotteet kulkevat tehtaassa läpi mahdollisimman selkeää ja lyhyttä reittiä. Tähän apuna toimii 5S käyttö tuotannossa. Imuohjauksessa tärkeää on kapasiteetin suunnittelu, jotta määrääjoissa pystytään, vaikka läpimenoajat vaihtelevat jopa päivittäin. Jatkuva parantaminen

tapahtuu kouluttamalla työntekijöitä moniin eri tehtäviin sekä ehkäisemällä ja poistamalla pullonkauloja tuotannosta.

Tuoteperheiden ja arvoverkkokuvauksen avulla pystytään muokkaamaan tuotannon layoutista lean periaatteita noudattava eli solutuotanto tai hybridisolutuotanto layout. Solutuotannossa luodaan tuoteperheiden perusteella soluja. Solujen sisällä pyritään tekemään koko tuote niin, että sitä joudutaan liikuttamaan tuotannossa mahdollisimman vähän ja asetussajat pysyvät lyhyinä. Hybridisolutuotanto layout on yhdistelmä funktionaalisen layoutin joustavuutta ja solutuotannon leaneja ominaisuuksia.

Leanin käyttöönottoa yksittäistuotannossa tutkitaan neljännen luvun lopussa tapaustudkimuksen perusteella. Siinä lean on otettu käyttöön panssarivaunut tuotannon runkokokoonpanon korjaus ja uudelleenrakennuksessa. Tuotantoon otettiin käyttöön solutuotantolayout ja se virtautettiin. Lisäksi pyrittiin minimoimaan kaikki hukka jatkuvalla parantamisella. Tuloksena saatiin, että läpimenoaika lyhenyi, keskeneräisen tuotannon varastot pienenevät, tuotannon kulut vähenivät ja suorituskyky parani. Leanin käyttöönotosta oli siis hyötyä yksittäistuotannossa panssarivaunujen valmistuksessa.

Tämän työn perusteella selvisi, että lean on hyödyllinen ajattelutapa yksittäistuotantoon. Muuttamalla layoutia ja noudattamalla viittä pääperiaatetta pystytään lyhentämään läpimenoaikoja ja parantamaan tuotannon tehokkuutta. Tulevaisuudessa yksittäistuotannon kehitystä leanin avulla tulisi tutkia lisää yleisesti ja sen käyttöönoton pitkäaikaisia vaikutuksia. Olisi myös hyvä, että luotaisiin jokin helposti seurattava käyttöopas leanin käyttöönotosta yksittäistuotannosta. Tämä helpottaisi prosessia ja madaltaisi kynnystä lähteä tekemään muutosta omassa yrityksessä.

LÄHTEET

Boncamper, I. (1995). Tuotannonsuunnittelu. Tampere: Cityoffset Ky.

Dinis-Carvalho, J., Alves, A. C., Sousa, R. M. (2014) Moving from job-shop to production cells without losing flexibility: A case study from the wooden frames industry. South African journal of industrial engineering. [Online] 25 (3), 212–225.

Haider, A. & Mirza, J. (2015). An implementation of lean scheduling in a job shop environment. Advances in production engineering & management. [Online] 10 (1), s. 5–17.

Irani, S. A. (2020). Job Shop Lean: An Industrial Engineering Approach to Implementing Lean in High-Mix Low-Volume Production Systems. [Online]. Milton: Taylor and Francis.

Kouri, I. (2010). Lean-taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

Logistiikan maailma. Tuotantotyyppit. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 14.2.2023): <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotantotyyppit/>.

Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. (2016). Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. 1. painos. Helsinki: Edita.

Modig, N. & Åhlström, P. (2016). Tätä on Lean – Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 5. painos. Ruotsi: Rheologica Publishing.

Ortiz, C. A. (2009). Kaizen and kaizen event implementation. 1st edition. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.

Proud, J. F. & Deutsch, E. (2021). Master Planning and Scheduling: An Essential Guide to Competitive Manufacturing. Newark: John Wiley & Sons, Incorporated.

Rizzardo, D. (2020). 'What is Lean?', in Lean - Let's Get It Right. 1st edition [Online]. United Kingdom: Routledge.

Stevenson W. (2015). Operations Management. 12th edition. New York: McGraw-Hill Education.

Supsomboon, S. & Vajasuvimon, A. (2016). Simulation model for job shop production process improvement in machine parts manufacturing. International journal of simulation modelling. [Online] 15 (4), 611–622.

Vuorinen, T. (2013). Strategiakirja: 20 työkalua. Helsinki: Talentum.