

Turo Tallinen

# LEANIN HYÖDYNTÄMINEN VALMISTA- VAN TEOLLISUUDEN LAYOUT-SUUN- NITTELUSSA

Kandidaatintyö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Toukokuu 2023

# TIIVISTELMÄ

Turo Tallinen: Leanin hyödyntäminen valmistavan teollisuuden layout-suunnittelussa  
Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Konetekniikka  
Toukokuu 2023

---

Tämän kandidaatin työn aihe on leanin hyödyntäminen layout-suunnittelussa valmistavan teollisuuden yrityksissä. Teollisuuden yritykset käyttävät vuosittain miljoonia euroja tuotannon tehostamiseen ja yksi iso apuväline siinä on lean-ajattelun hyödyntäminen layout-suunnittelussa. Tuotteiden hintojen jatkuva nostaminen ei ole kestävä työkalu liiketoiminnan kannalta, koska se voi johtaa asiakkaiden menetykseen kilpaileville yrityksille. Vaihtoehdoksi jää valmistuskustannusten alentaminen ilman, että joudutaan tinkimään tuotteiden laadusta tai toimitusajoista.

Leanin avulla pyritään karsimaan tuotantoketjusta kaikki mahdolliset arvoa tuottamattomat asiat ja prosessit, eli hukat, pois, jotta valmistuskustannuksia saadaan laskettua laadusta tinkimättä. Layout-suunnittelun avulla pyritään optimoimaan yrityksen tilojen ja laitteiden käyttö, jotta niistä saadaan mahdollisimman tehokkaat. Layout-suunnitteluun kuuluu myös määrittää materiaalien ja työntekijöiden kulkemisreitit mahdollisimman turvallisiksi ja vähäiseksi, jotta aikaa ei kuluisi siirtymiin. Layout-suunnittelua voidaan tehdä kokonaan uuteen tuotantotilaan tai jo käytössä olevaan tilaan.

Tämän työn tavoitteena on tutkia miten leania pystytään hyödyntämään layout-suunnittelussa ja selvittää millaisia rajoitteita leanilla voi olla layout-suunnittelun näkökulmasta. Työ tehtiin kirjallisuuskatsauksena. Tapaustudkimusten avulla nähdään, että leanin hyödyntämisellä layout-suunnittelussa voidaan saavuttaa kannattavuuden nousua ja huomattavaa valmistuskustannusten laskua, sekä nopeampia läpimenoaikoja. Leanin hyödyntämisen esteeksi voi tulla kalliit ja aikaa vievät investoinnit, sekä organisaatioiden vastustus muutoksiin ja liian vähäinen motivaatio jatkuvaan parantamiseen.

Työn tulokset osoittavat sekä leanin, että layout-suunnittelun olevan varsin tehokkaita tapoja parantamaan tuotannon tehokkuutta jo yksinäänkin, mutta paras ja tehokkain lopputulos saadaan käyttämällä niiden parhaita puolia yhdessä ja yrittämällä minimoida niiden heikkouksia. Leanin työkalujen avulla layouteista saadaan virtaustehokkaita, joissa tuotteiden läpimenoajat pienenevät, joka johtaa tuotteiden nopeampiin toimituksiin asiakkaille. Leanin avulla layoutissa materiaalien siirtymät eri prosessien välillä ovat mahdollisimman pieniä, jolloin suurempi osa ajasta kuluu tuotteelle arvoa tuottavaan aikaan. Virtaustehokkuuden kasvaessa saadaan samassa ajassa tuotetta enemmän tuotteita kuin ennen. Leanin olennainen osa on jatkuva parantaminen ja täydellisyteen pyrkiminen. Uusien tutkimusten tekeminen on olennaista aina kun syntyy uusia tuotantokonsepteja ja uusia teknologioita, jotta yrityksillä olisi aina käytössään parhaat mahdolliset työkalut tuotannon kehittämiseen.

Avainsanat: Lean-ajattelu, layout-suunnittelu, virtaustehokkuus, valmistava teollisuus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. LEAN-AJATTELU .....	3
2.1 Leanin peruseriaatteet .....	4
2.2 Virtaustehokkuus .....	6
2.3 Leanin työkaluja .....	6
2.4 Leanin hyödyt ja ongelmat .....	8
3. LAYOUT-SUUNNITTELU .....	11
3.1 Layout-suunnittelun perusteet .....	11
3.2 Layout-tyypit .....	14
4. LEANIN HYÖDYNTÄMINEN LAYOUT-SUUNNITTELUSSA .....	16
4.1 Teoriaa .....	16
4.2 Leanin hyödyntäminen layout-suunnittelussa teollisuudessa .....	17
4.3 Pohdintaa .....	19
5. YHTEENVETO .....	22
LÄHTEET .....	23

# LYHENTEET JA MERKINNÄT

JIT	Juuri oikeaan aikaan (engl. Just-in-time)
SLP	Systemaattinen layout-suunnittelu (engl. Systematic layout planning)
TPS	Toyotan tuotantojärjestelmä (engl. Toyota production systems)
VSM	Arvovirtakuvaus (engl. Value stream mapping)

# 1. JOHDANTO

Nykymaailmassa kilpailu eri yritysten välillä on kovaa ja yritykset tutkivat jatkuvasti mahdollisuuksia tehostaa ja parantaa toimintaansa. Yksi tärkeimmistä asioista kilpailussa on tuotantokustannusten alentaminen, jonka avulla yritysten on mahdollista tehdä parempaa liiketulosta. Yritykset kilpailevat asiakkaista, ja tuotteiden tai palveluiden hintojen nostaminen johtaa useasti asiakkaiden menettämiseen. (Nassereddine & Wehbe 2018)

Shaabanin & Darwishin (2016) mukaan yritykset käyttävät vuosittain monia miljoonia euroja tuotantojärjestelmien suunnitteluun ja asennukseen. Tämä jo itsessään on erittäin pätevä syy, miksi pitää tutkia lisää, miten saadaan kaikista halvimmalla ja helpoiten optimoitua tuotantoa ja mahdollisuus parantaa yritysten kannattavuutta. Yksi vaihtoehto tähän on lean-ajattelu ja sen avulla tuotannon layouttien parantaminen (McClean 2021). Tutkimalla lisää leanin toimintaa ja eri layout-vaihtoehtoja on helpompi ymmärtää, kuinka leanin ja layout-suunnittelun pystyy yhdistämään ja ottamaan käyttöön molempien suurimmat edut ja minimoimaan heikkoudet ja haitat. Lean ja layout-suunnittelu ovat olleet valmistavien yritysten mukana vuosikymmeniä, mutta kehitysmahdollisuuksia riittää edelleen.

Tässä kandidaatintyössä tutkitaan, miten leania pystytään hyödyntämään valmistavan teollisuuden yritysten layout-suunnittelussa. Tutkimuskysymykset, joihin tässä työssä etsitään vastauksia ovat seuraavat:

K1: Miten leania voidaan hyödyntää layout-suunnittelussa?

K2: Millaisia mahdollisuuksia ja rajoitteita lean tarjoaa layout-suunnittelussa?

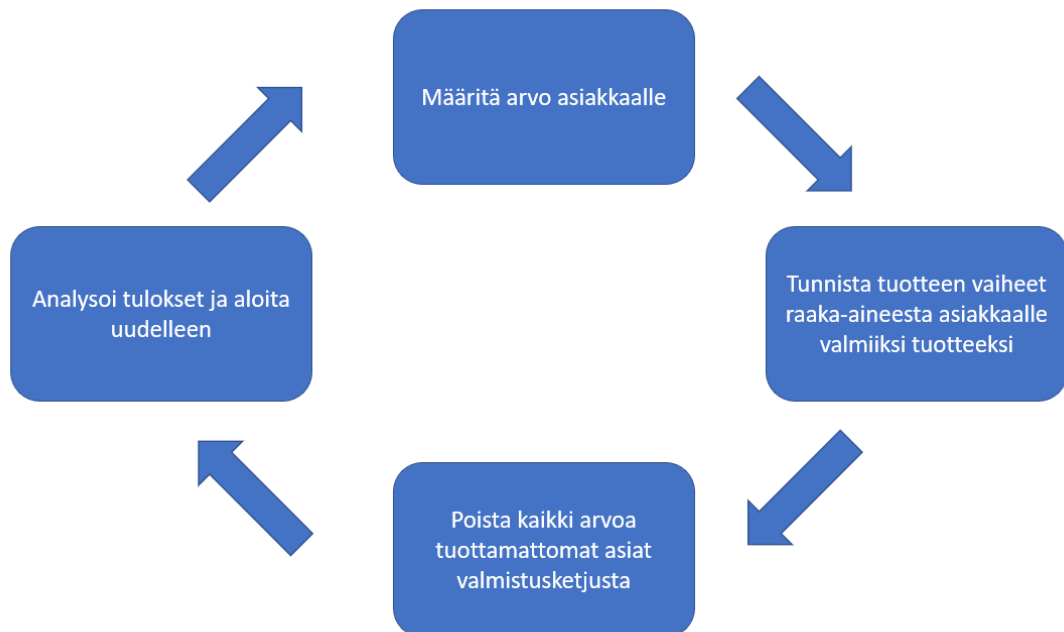
Työ tehdään kirjallisuuskatsauksena ja työssä keskitytään teollisuuden valmistaviin yrityksiin ja erityisesti suuriin ja keskisuuriin yrityksiin. Bhamunin ja Sangwanin (2014) mukaan kirjallisuuskatsauksella tarkoitetaan eri lähteiden hyödyntämistä tutkittavasta aiheesta ja kokoamista ja yhdistelemistä niitä toistensa tueksi ja vertailuksi, jotta saadaan kattava tutkimus aiheesta. Lähteinä käytetään Andor-hakupalvelusta löytyviä vertaisarvioituja artikkeleita. Lähteet ovat rajattu tieteellisten artikkeleiden osalta vuotta 2010 uudempiin englanninkielisiin artikkeleihin. Työssä on käytetty myös muutamia vanhempia kirjoja, sillä leanin tai layout-suunnittelun peruseräatteen eivät ole paljokaan muuttuneet vuosien aikana.

Luvussa 2 perehdytään leaniin. Aluksi selvitetään, mitä lean-ajattelu on ja millaisia työkaluja leanilla on tarjota tuotannon parantamiseen. Luvussa esitellään leanin ongelmia ja miten niitä voidaan minimoida. Luvussa 3 on esitelty layout-suunnittelu ja erilaiset layout-tyypit. Luvussa kerrotaan mitä layout-suunnittelu on ja miksi tehokas layout on tärkeää yrityksen toiminnalle ja miten huonosti valittu tai suunniteltu layout voi vaikuttaa yrityksen tuotantoon. Luvussa 4 yhdistetään lean ja layout-suunnittelu. Luvussa 4 tutkitaan, miten leania pystytään hyödyntämään layout-suunnittelussa ja miten leanin tarjoamien työkalujen avulla pystytään toteuttamaan tehokas layout ja parantamaan virtaus-  
tehokkuutta. Luvussa myös selvitetään, millaisia rajoitteita leanissa on layout-suunnittelun yhteydessä ja miten niitä voidaan kiertää tai minimoida. Luku 5 on yhteenveto luku. Siinä tiivistetään koko työ ja tehdään johtopäätökset tutkimuksesta.

## 2. LEAN-AJATTELU

Tässä luvussa tutustutaan leanin teoriaan ja peruseriaateisiin, sekä leanin eri työkaluihin, jotka ovat tässä työssä oleellisia. Luvussa esitetään myös leanin oleellisimpia hyötyjä ja rajoitteita tai ongelmia. Viimeisessä kappaleessa käsitellään virtaustehokkuutta, joka on oleellinen asia leanissa.

Lean on ajattelutapa, jolla pyritään parantamaan yrityksen voittoa ilman, että asiakas joutuu maksamaan tuotteesta enempää kuin aiemmin. Leanin avulla pyritään minimoimaan tuotteen valmistuksen kustannuksia ja poistamaan kaikki Lean-ajattelutavan mielestä turhat osuudet tuotteen valmistusketjusta alkaen raaka-aineiden hankinnasta ja päättyen tuotteen saapuessa asiakkaalle. (Melton 2005) Kuvassa 1 havainnollistetaan leanin vaiheet yksinkertaistetusti Garcia-Alcarazia (2019) mukailien ja näytetään leanin olevan jatkuva projekti, jossa prosesseja parannetaan jatkuvasti.



**Kuva 1.** Leanin vaiheet mukailien lähdettä García-Alcaraz et al. (2019).

## 2.1 Leanin peruseriaatteet

Lean-ajattelumalli on syntynyt 1990-luvulla Japanissa pohjautuen Toyotan 1940-luvulla syntyneeseen tuotantojärjestelmään eli TPS:ään (engl. Toyota production systems). TPS pohjautuu siihen, että tavoitellaan koko tuotteen valmistukseen kuluvan ajan käytön lisäävän tuotteen arvoa asiakkaalle ja näin ollen yrityksen saavan parhaan mahdollisen tuoton. Jättämällä pois tai muuttamalla työvaiheita ja prosesseja, jotka eivät nosta tuotteen arvoa asiakkaan silmissä, tuotteen tuotantokustannuksia saadaan pienennettyä ja tuotto prosenttia kasvatettua. Nykyään melkein jokainen yritys käyttää ainakin osittain leanin perusteita hyväkseen liiketoiminnassaan ja pyrkii sen avulla jatkuvasti kehittämään omaa toimintaansa. Leanin ydinajatus on saada virtaustehokkuus maksimoitua kustannuksia pysyvästi nostamatta. Lean tähtää täydellisyyteen. (Melton 2005)

Lean-ajattelutavan kolme keskeistä kohtaa ovat arvon tunnistaminen, turhuuksien eliminointi ja tuotannon virtauttaminen (Melton 2005). Leania tarvitaan Garcia-Alcarazin (2019) mukaan siihen, että leanin avulla yritykset tavoittelevat tuottavansa laadukkaita tuotteita pienemmillä valmistus kustannuksilla ja samalla työntekijöitä osallistettua kokonaisvaltaisemmin prosessiin ja leaniin sitoutumiseen. Leanin avulla yritykset pyrkivät kasvattamaan vuosittaisia tuloja, säästämään kustannuksissa, lyhentämään toimitusajoja, tuottamaan laadukkaita tuotteita, jatkuvasti parantaa tuotantoa ja olemaan valmiina muutoksiin (Garcia-Alcaraz et al. 2019).

Kovácsin (2020) ja Meltonin (2015) mukaan leanin näkökulmasta tuotannon aikana tuotteelle tehdään neljää eri prosessia:

1. Tuotteelle arvoa tuovia prosesseja
2. Pakollisia, mutta arvoa tuottamattomia prosesseja
3. Arvoa tuottamattomia prosesseja eli leanin mukaan hukkaa.
4. Arvoa tuhoavia prosesseja.

Asiakkaan näkökulmasta tuotteelle arvoa tuovia prosesseja ovat esimerkiksi tuotteen hitsaaminen tai kokoaminen, pakollisia, mutta arvoa ei-lisääviä prosesseja on esimerkiksi materiaalien käsittely ja hukkaa on ylituotanto, ylimääräiset materiaalien liikkumiset tuotannon aikana sekä varastointi (Kovács 2020). Lean keskittyy minimoimaan ja poistamaan arvoa tuottamattomat asiat ja sen avulla pienentämään valmistuksen ja tuotannon kustannuksia. Leanin näkökulmasta arvoa on kaikki toiminta, joka edistää tuotteet kulkua raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi (Salleh et al. 2012).



Mura, muri ja muda ovat japaninkielisiä termejä, jotka liittyvät keskeisesti lean-filosofiiaan. Muralla tarkoitetaan epätasapainoista tuotantojärjestelmää, jossa tuotanto on epätasaista tai vaihtelevaa. Mura voi aiheuttaa pullonkauloja tai muita häiriöitä. Muri tarkoittaa kohtuutonta räsitystä tai ylikuormitusta, joko koneille ja laitteille tai ihmisille, joka voi johtaa virheisiin ja vikoihin. Mudalla tarkoitetaan hukkaa tai työtä, joka ei tuota tuotteelle arvoa asiakkaan näkökulmasta. Muran, murin ja mudan yhteinen tavoite on vähentää tuotannossa esiintyvää turhaa toimintaa ja saavuttaa tehokkaampi tuotanto. Muraa pyritään pienentämään optimoimalla tuotantojärjestelmät ja pitämällä työvoima ja materiaalit saatavilla tarvittaessa. Muria voidaan poistaa suunnittelemalla työpisteet ja laitteet ergonomisiksi ja tehokkaiksi. Mudaa poistetaan keskittymällä tarpeellisiin työvaiheisiin ja hyvällä suunnittelulla. (Liker 2021)

Kovácsin (2020) on samaa mieltä Meltonin (2015) kanssa, että leanissa on seitsemää erityyppistä hukkaa:

1. Ylituotantoa
2. Tarpeetonta materiaalien liikettä
3. Ylimääräistä varastointia
4. Ylimääräisten työvaiheiden tekoa
5. Viallisia tuotteita ja niiden korjaamista
6. Tarpeetonta työntekijöiden liikettä
7. Muita hukkia.

Ylituotanto aiheuttaa lisäkustannuksia ja lisää varastointipaineita. Tarpeettomiin liikkeisiin kuuluu muun muassa edestakaiset siirtymät ja pitkät välimatkat prosessien välillä, ne vievät aikaa ja suurentavat läpäisyajoja. Ylimääräinen varastointi tarkoittaa, että tuotteita tai raaka-aineita varastoidaan enemmän kuin on tuotannon kannalta pakko. Ylimääräisissä työvaiheissa tuotteista tehdään asiakkaan vaatimuksia laadukkaampia, joka johtaa ylimääräisiin kustannuksiin ja mahdollisesti kannattavuuden heikkenemiseen, sekä ajan ja resurssien tuhlaukseen. Virheet eli viallisten tuotteiden teko tai prosessivirheet johtavat ylimääräisiin kustannuksiin ja asiakastytyväisyyden alenemiseen. Myös tavaroiden kuljetus, enemmän kuin on pakko, on hukkaa, koska se ei tuo tuotteelle arvoa. Muita hukkia ovat esimerkiksi työntekijöiden alikäyttö ja laitteiden väärät käyttötavat. (Melton 2015)

Meltonin (2015) mukaan useimmissa tuotantojärjestelmissä hukkan osuus on noin 60 %, joten keskittymällä pienentämään näitä seitsemää eri hukkaa kustannuksia saadaan las-

kettua paljon. García-Alcaraz ja kumppanit (2019) määrittelevät leanin näkökulmasta hukaksi kaiken muun kuin minimi ajan ja resurssin, joilla saadaan tuotteelle tarpeellinen laatu.

Lean-tuotantoa käytetään nykyään melkein kaikessa tuotannon osa-alueissa. Leania käytetään pienten tuotantomäärien yksiköistä massatuotantoon niin teknologiateollisuudessa kuin myös rakennusteollisuudessa. Sitä hyödynnetään myös lääketeollisuudessa ja osittain myös palvelutuotannossa. (Bhamu & Sangwan 2014)

## 2.2 Virtaustehokkuus

Virtaustehokkuus on yksi leanin keskeisimmistä asioista. Modigin ja Åhlströmin (2013) mukaan virtaustehokkuudella tarkoitetaan, kuinka suuri osa koko prosessiin kuluva ajasta käytetään tuotteeseen arvoa tuottavaan toimintaan. Virtaustehokkuus voidaan myös laskea jakamalla arvoa tuottava aika läpimenoajalla. Virtaustehokkuutta parantamalla saavutetaan nopeampia läpimenoaikoja ja koko prosessin tehokkuutta saadaan kasvatettua. (Modig & Åhlström 2013)

Virtaustehokkuutta pystytään parantamaan poistamalla prosessista leanin mukaisia hukkia, jolloin läpimenoajat pienenevät ja arvoa tuottavat prosessit ovat suurempi osa koko prosessissa. Aina virtaustehokkuuden parantaminen ei kuitenkaan tehosta koko tuotantoa. Esimerkiksi vain joidenkin prosessien virtaustehokkuuden parantaminen voi johtaa siihen, että syntyy pullonkauloja ja varastointia, joka on leanin näkökulmasta hukkaa. Virtaustehokkuuden parantamisesta saadaan maksimaalinen hyöty, kun kaikki tuotannon prosessit saadaan yhtenäistettyä ilman, että tulee ylituotantoa tai varastoja. Korkealla virtaustehokkuudella saadaan resursseja hyödynnettyä tehokkaasti ja toimitusajat pidettyä matalina. (Modig & Åhlström 2013)

## 2.3 Leanin työkaluja

Lean-filosofiassa on monia eri työkaluja, joita käytetään apuna tuotannon tehostamisessa ja hukkien eliminoinnissa. Seuraavaksi tutustutaan tämän työn kannalta keskeisiin leanin työkaluihin. Yksittäin leanin eri työkaluilla ei saada tuotantoa paljoakaan parannettua, mutta niitä yhdessä soveltamalla voidaan saavuttaa suuriakin hyötyjä.

JIT eli juuri oikeaan aikaan (Just-in-time) on yksi leanin työkaluista ja sen mukaan mitään ei pitäisi tehdä valmiiksi yhtään aiemmin kuin on pakko. JITin apuna toimii imuohjaus: Kun asiakas tilaa tuotteen, muodostuu kysyntä, kysynnän takia tarvitaan valmis tuote, valmiin tuotteen takia tarvitaan komponentteja ja komponenttien takia tarvitaan raaka-aineita. JITissä ja imuohjauksessa kysyntä aloittaa tapahtumaketjun, joka päättyy raaka-

aineisiin. Tapahtumaketjun eri vaiheet valmistuvat vasta sitä mukaan kuin niitä tarvitaan seuraavassa vaiheessa. (Abdulmalek & Rajgopal 2007)

Kanban on yksi työkaluista, joita käytetään lean-ajattelutavassa. Se on japaninkielinen sana, ja sillä tarkoitetaan tietojen visualisointia erilaisilla korteilla, jotka kertovat tietyn asian esimerkiksi tuotantomäärät ja -ajat. Kanbanin avulla säädetään materiaalien kulua ja varastojen virtaamista. Kanban voidaan kiteyttää kolmeen sääntöön: visualisoi työnkulku, rajoita keskeneräisten töiden määrä kussakin työvaiheessa ja mittaa aika yhden tuotteen valmistamiseen. Järjestelmä on luotu pitämään varastot ja puskurit vakaina ja ennustettavissa, jotta markkinoiden muutoksiin voidaan reagoida. Kanbanit kertovat muun muassa, milloin jonkin tietyn prosessin pitää alkaa ja kuinka suuri puskuri saa muodostua. (Jou Lin et al. 2013)

Arvovirtakuvaus (value stream mapping) on apuväline, jolla pyritään yhdistämään ja visualisoimaan materiaalien ja tiedon kulku koko tuotteen toimitusketjussa alkaen raaka-aineiden hankinnasta ja päättyen tuotteen saapumiseen asiakkaalle. Tavoitteena VSM:ssä on tunnistaa visualisoinnin avulla tuotantoketjussa olevat hukat eli asiat, jotka eivät lisää tuotteen arvoa asiakkaan näkökulmasta. Visualisoinnin avulla myös työntekijöiden on helpompi näyttää parannusehdotuksia ja kommentoida suunnittelussa olevia malleja. (Abdulmalek & Rajgopal 2007)

Jidoka on japanilainen termi, jolla tarkoitetaan autonomista automaatiota eli järjestelmää, joka pystyy toimimaan itsenäisesti. Jidokan avulla pyritään luomaan itsenäisesti toimivia syklejä, jotka valvovat eri prosesseja ja havaitsevat viat heti prosesseissa, jolloin estetään virheellisten tuotteiden syntyminen. Jidokassa prosessia valvovat anturit, jotka pysäyttävät prosessin havaitessaan poikkeaman eli vian. Tämä mahdollistaa yhden ihmisen valvoa monia eri prosesseja samanaikaisesti. Kun anturi havaitsee vian, järjestelmä pysähtyy ja ihminen menee tarkistamaan, tarvittaessa korjaamaan ja käynnistämään prosessin tai järjestelmän uudelleen. (Deuse et al. 2020)

Jos vika pystytään havaitsemaan jo tuotantoprosessissa, silloin vikaa pystytään alkaa etsimään ja korjaamaan paljon aiemmin kuin, jos vika havaittaisiin vasta valmiissa tuotteessa laaduntarkkailun yhteydessä. Melton (2005) määrittelee yhdeksi leanin hukaksi erilaiset viat prosesseissa eli Jidokan avulla pyritään pienentämään sitä hukkaa.

5S on leanin työkalu, joka tulee japaninkielisistä sanoista Seiri, Seiton, Seiso, Seketsu ja Shitsuke eli lajittele, sijoita, siivoa, standardoi ja säilytä. Se tarkoittaa, että tavarat tulevat lajitella säilyttämisen ja löytämisen helpottamiseksi, sijoittaa ja nimetä, jottei niitä tarvitse etsiä, siivota paikat kompastusten ja tapaturmien välttämiseksi, standardoida työtavat tulevaisuuden varalle ja prosessin tehostamiseksi. (Omogbai & Salonitis 2017)

Heijunka on todella tärkeä osa lean-filosofiaa. Heijunka-termillä tarkoitetaan tuotannon tasaamista ja vaihtelun vähentämistä, joka auttaa välttämään ruuhkia ja pitkiä odotusajoja. Heijunkan tavoitteena on tasata tuotanto siten, että ei synny ruuhkia tai hukkaa ja se vastaa kysyntää mahdollisimman tarkasti. Sitä käytetään tuotannon ajoituksen ja tasapainottamisen välineenä. Tuotantoa voidaan tasapainottaa esimerkiksi yhden päivän tai viikon aikaikkunalla mahdollistaen kapasiteetin tehokkaan käytön. Heijunkaa käytettäessä tulee varmistua koko yrityksen sujuvasta yhteistyöstä. Samaan aikaan tuotannon kanssa tulisi optimoida myös varastonhallinta ja raaka-aineiden toimitukset, jotta vältetään ylisuurelta varastoinnilta. (Liker 2021) Heijunkaa käytetään myös apuna vähentämään piiskavaikutusta (engl. bullwhip effect) eli tilausten ja varastojen määrän kasvua siirryttäessä myynnistä tuotantoon. (Matzka et al. 2012)

## 2.4 Leanin hyödyt ja ongelmat

Lean-ajattelutapaa tai siitä johdettuja sovelluksia käytetään ympäri maailmaa melkein jokaisessa valmistavassa teollisuuden yrityksessä ainakin jollain tavalla. Suurin yksittäinen leanin tavoite on saada yritykselle taloudellista parannusta, mutta siihen pääsemiseksi leanilla on monia eri tavoitteita ja työkaluja. Leanilla on todistetusti monia eri hyötyjä ja leanin avulla saadaan muun muassa eliminoitua turhia, arvoa tuottamattomia osia prosesseista, pienennettyä läpäisyajoja ja minimoitua toistoja sekä siirtoja tuotannon aikana. (Melton 2005)

Meltonin (2015) mukaan leanin tyypillisimmät hyödyt ovat:

1. Prosesseissa vähemmän hukkaa
2. Läpimenoajat pienenevät
3. Uusintatyön määrä vähenee
4. Taloudelliset säästöt
5. Prosessin ymmärtäminen kasvaa
6. Varastointitarve pienenee.

Leanin suurin hyöty ja isoin syy, miksi yritykset tavoittelevat leanin käyttöä on kustannusten alentaminen. Kustannuksia saadaan alennettua minimoimalla tuotantoprosesseissa olevaa hukkaa ja täten parantaen tuotannon tehokkuutta. Leanin periaatteiden avulla saadaan parannettua ja standardoitua tuotteiden laatua eliminoimalla virheitä. (Li-

ker 2021) Leanin työkaluja käyttämällä pystytään vähentämään tuotantoprosessin pulonkauloja, sekä optimoida materiaalivirtoja, joka johtaa läpimenoaikojen pienentymiseen (Womack & Jones 1996).

Lean-ajattelussa on tarkoitus pyrkiä pääsemään eroon hukista eli turhista asioista, jotka eivät tuota tuotteelle arvoa. Ongelmaksi muodostuu, mitkä asiat ovat hukkaa ja mitkä eivät ole, vaan ovat pakollisia tuotteen valmistuksen kannalta. Lean antaa ohjeita millaisia asioita tulisi välttää ja poistaa tuotteen valmistusketjusta, mutta jokainen valmistusprosessi ja tuotantojärjestelmä eroaa toisistaan, joten yksiselitteistä määritelmää on mahdoton antaa, mitkä nämä poistettavat asiat ovat. Jokainen yritys joutuu erikseen miettimään ja päättämään, mitä asioita tuotteen valmistusketjusta voidaan jättää tekemättä, jotta tuote vastaa edelleen asiakkaan vaatimuksia sekä laadullisesti, että määrällisesti. Varsinkin monimutkaisissa prosesseissa voi tulla ongelmaksi havaita ja löytää kaikki mahdolliset hukat, mutta jo joidenkin hukkien löytäminen auttaa parantamaan ja tehostamaan prosessia. (Shar & Ward 2003)

Leanin täysi hyödyntäminen vaatii välillä myös investointeja laitteisiin, layoutteihin ja koulutuksiin. Nämä kaikki maksavat ja jokaisella yrityksellä ei ole mahdollisuuksia tehdä suuria investointeja, joita uudet laitteet tai niiden muokkaaminen voivat vaatia. Vaikkakin ajan kanssa investoinnit maksaisivat itsensä takaisin alentuneina tuotantokustannuksina voi esteenä olla pelko tulevaisuudesta, jos esimerkiksi tuotteen kysynnän jatkuminen tulevaisuudessa ei ole varmaa. Uusien investointien tekeminen kuluttaa myös aikaa, joka on suoraan tai ainakin osittain pois tuotannosta, joten jos vanhat laitteet eivät vielä ole käyttöikänsä lopussa voi jopa olla parempi tehdä investoinnit uusiin, lean-ajattelun mukaisiin, laitteisiin ja layoutteihin vasta myöhemmin. (Womack et al. 1996)

Suurin osa työssä olevista ihmisistä vastustaa muutoksia. Lean-ajattelun perustana on koko työyhteisön sitoutuminen jatkuvaan parantamiseen ja leanin hyödyntämiseen. Leanin käyttöönoton myötä muutokset voivat vaatia uusia koulutuksia ja pakottaa työntekijät uusien asioiden oppimiseen ja näin ollen jarruttaa leanin käyttöönottoa. Leanin tavoitteena on vähentää kustannuksia ja melkein jokainen leaniin liittyvä asia tavoittelee joko suoraan tai välillisesti valmistusketjun kustannusten laskua. Tämä voi johtaa siihen, että keskitytään liikaa kustannusten minimointiin ja samalla tuotteiden laatu voi laskea ja työntekijöiden turvallisuus ja hyvinvointi vaarantua. (Womack et al. 1996)

Lean toimii parhaiten silloin kun kysyntä on jatkuvaa ja laitteet ja ihmiset toimivat täydellä teholla jatkuvasti. Yksi leanin ongelmista on vaikeus yhdistää leanin käyttö vaihtelevaan tuotantoon, kun kysyntä on vaihtelevaa. Leanissa käytetään tuotannonohjauksessa

imuohjausta eli tuotanto toimii täydellä kapasiteetillä vain silloin kun kysyntää on jatkuvasti. Imuohjauksen yhdistäminen muuttuvaan kysyntään tarkoittaa, että tuotannossa on ajanjaksoja, jolloin kysyntää ei ole ja tuotantojärjestelmä seisoo. Laitteiden ja ihmisten turha odottelu on leanin näkökulmasta hukkaa ja tällöin leanista ei saada täyttä hyötyä. Toinen vaihtoehto olisi tuottaa valmiita tuotteita tai melkein valmiista tuotteista varastoon, mutta varastointikin maksaa ja vie resursseja, joten sekin on leanin näkökulmasta hukkaa. (Bhamu 2014)

Yksi yleinen leanin haaste on pullonkaulojen syntyminen, kun tuotantoprosessia lähde-tään muuttamaan. Yhden asian tehostaminen voi johtaa siihen, että jokin toinen asia muuttuu pullonkaulaksi esimerkiksi, kun prosessia A ja B saadaan tehokkaammaksi poistamalla turhia asioita voi seuraavan prosessin C eteen muodostua jonoa, jos sitä prosessia ei saada tehostettua tarvittavan paljon. (Sanchez & Mahoney 1996)

## 3. LAYOUT-SUUNNITTELU

Seuraavassa luvussa syvennyttään layout-suunnitteluun. Aluksi käydään läpi layout-suunnittelun perusteet ja tarkoitus ja sen jälkeen eri layout-tyypit, sekä niiden hyödyt ja haitat.

Layout-suunnittelulla tarkoitetaan operaatiota, jossa suunnitellaan tuotantotilojen käyttö mahdollisimman tehokkaaksi. Layout-suunnitteluun kuuluu kaikki fyysinen järjestely muun muassa koneet ja laitteet, sekä kulkureitit. Suunnittelussa otetaan huomioon työpisteiden sijoittelu ja materiaalivirrat niin, että tuotannossa olisi mahdollisimman vähän hukkaa. Layout-suunnittelussa isona osana toimii myös yrityksen strategiset tavoitteet. (Pérez-Gosende et al. 2021)

### 3.1 Layout-suunnittelun perusteet

Valmistusprosessin tarkoitus on muuttaa raaka-aineet prosessin avulla valmiiksi tuotteeksi, joka täyttää asiakkaan edellyttämät toiminnot. Tuotannon layout-suunnittelun tarkoitus on mahdollistaa tuotannon mukautuminen tuotantomäärien ja eri variaatioiden vaihteluun. Hyvällä ja tarkoituksen sopivalla layoutilla saavutetaan parempi tuottavuus, kun tilankäyttö, varastointikustannukset ja läpäisy aika optimoidaan. (Singh, S. & Khanduja 2019)

Tuotannon layout-suunnittelua pidetään yhtenä tärkeimmistä asioista liiketoiminnassa teollisuuden valmistavilla yrityksillä. Layout-suunnitteluun kuuluu kaikkien tuotannontekijöiden järjestäminen. Layout-suunnittelulla on myös iso vaikutus yrityksen tuotantojärjestelmien tehokkuuteen ja tuottavuuteen. Layout-suunnittelua voidaan tehdä kokonaan uuteen laitokseen (engl. greenfield layout) tai olemassa olevaan tuotantojärjestelmään tehdään muutoksia (engl. re-layout, brownfield-layout). (Pérez-Gosende et al. 2021)

Layout-suunnittelun avulla varmistetaan koneiden sijoittaminen ja materiaalien sekä ihmisten liikkuminen niin, että tuotanto paitsi tehokkaana myös pysyy turvallisena ja työolot hyvänä. Näiden avulla on tarkoitus varmistaa tuotannolle optimaalinen virtaustehokkuus ja turvalliset työolosuhteet. Epäoptimaalisella layoutilla voi syntyä pullonkauloja, koneiden tyhjäkäyntiä ja henkilövahinkoja. (Pérez-Gosende et al. 2021)

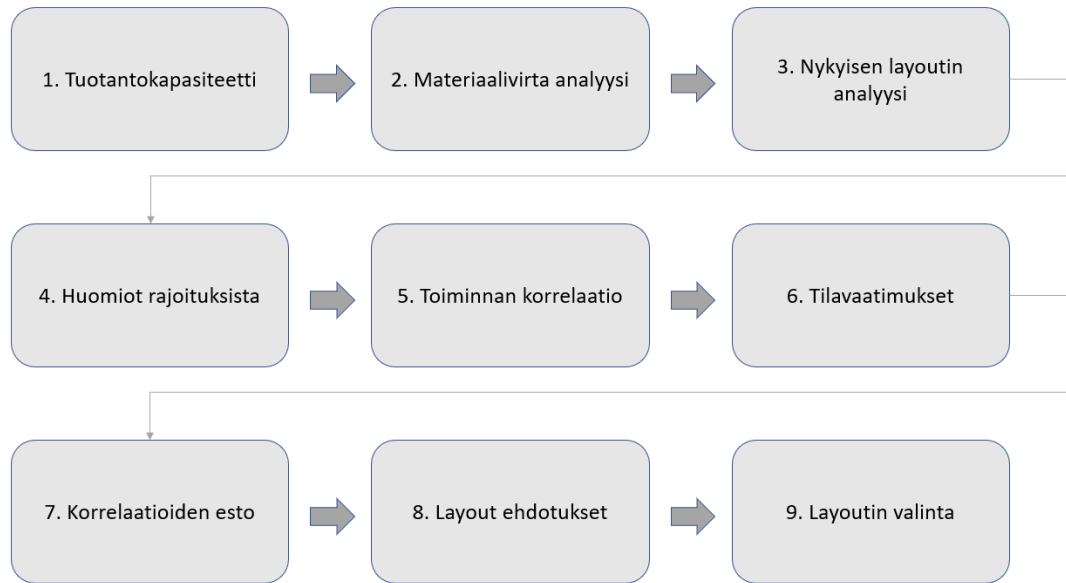
Menneisyydessä yritykset eivät keskittyneet turvallisiin työoloihin paljoakaan ja henkilövahinkoja tapahtui huomattavasti enemmän kuin nykyään. Tänä päivänä yritykset korostavat tähtäävänsä tapaturmattomiin tehtaisiin ja yksi tärkeimmistä asioista sen saavuttamiseksi on henkilöstön kulkureittien suunnittelu ja koneiden paikat. Layout suunnittelun

avulla saadaan liikenteen virtaaminen (tavarat ja työntekijät) halutunlaiseksi ja sitä kautta turvallisiksi. (Moatari-Kazerouni et al. 2015) Aiemmin yritykset käynnistivät layout-suunnittelun, kun oli tarve esimerkiksi uuden laitteen tultua tai yrityksen kasvettua. Nykyään layout suunnittelua tehdään tuotannon ehdoilla ja sen hyödyt tuotannon suorituskykyyn ja virtaustehokkuuteen ovat pääasiassa suunniteltaessa uutta layouttia tai muokatessa vanhaa. (Lista et al. 2021)

Miksi layout suunnittelu on niin tärkeää yrityksen kannattavuuden takia? Huonosti valittu layout voi tutkimusten mukaan vähentää tuotantojärjestelmän tehokkuutta yli 35 prosenttia verrattuna parhaaseen mahdolliseen layouttiin. (Nghiem, T. B. H. & Chu, T.-C. (2022) Paras mahdollinen layoutti on todella vaikea saavuttaa. Se mikä on paras layoutti riippuu monesta eri asiasta: mitä valmistetaan, miten valmistetaan, kuinka paljon on tilaa käytettävissä ja prosessien monimutkaisuus. Materiaalivirtakustannusten on arvoitu olevan noin 30–70 prosenttia tuotteen kokonaisvalmistuskustannuksista, riippuen tuotannosta. Tämän takia layout suunnitteluun on yritysten syytä panostaa ja käyttää riittävästi resursseja. (Lista et al. 2021)

Layoutin suunnittelun käytetään paljon aikaa ja resursseja, jonka takia on kehitetty monia työkaluja helpottamaan suunnitteluprosessia. Yksi työkaluista on systemaattinen layout suunnittelu (engl. systematic layout planning) eli SLP, jonka kehitti Richard Muther vuonna 1973. Se on työkalu, jonka avulla tunnistetaan, arvioidaan ja visualisoidaan alueet, koneet ja välineet. Sitä on sen keksimiseen jälkeen käytetty ja sovellettu erittäin laajasti ja korkeasta iästä huolimatta sitä käytetään osin edelleen. Kuvassa 2 on esitelty kehitetyn SLP:n vaiheet. SLP:n tukena käytetään yleisesti VSM:ää apuna. (Lista et al. 2021)





**Kuva 2.** SLP:n vaiheet. Mukailtu lähteestä Lista et al. (2021)

Kuvassa 2 ylimmällä rivillä olevat kolme SLP:n ensimmäistä vaihetta liittyvät yrityksen nykytilan selvittämiseen. Ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan laitoksen tuotantokapasiteetti ja kokonaistuotanto. Toisessa vaiheessa selvitetään VSM:n avulla nykyinen materiaalivirta. Vaiheessa kolme tarkastellaan nykyistä layouttia ja selvitetään mikä siinä toimii hyvin ja minkä kanssa on ongelmia käyttäen apuna esimerkiksi työntekijöiden haastatteluja ja tutkimuksia. (Lista et al. 2021)

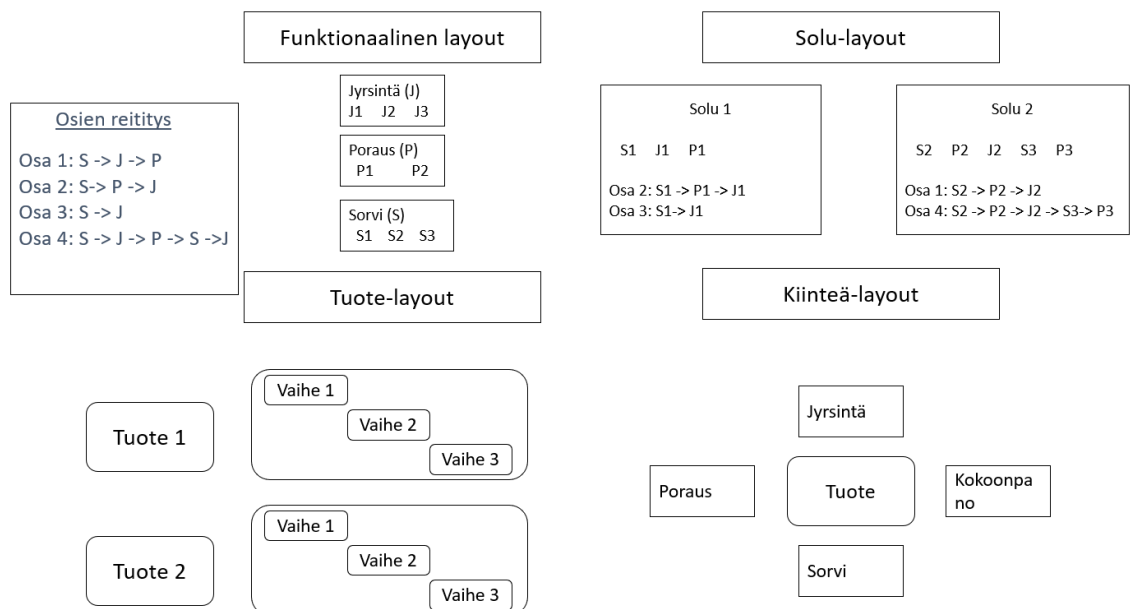
Keskimmäisellä rivillä olevat kolme vaihetta liittyvät parannusmahdollisuuksiin ja rajoituksiin esimerkiksi tilojen ja laitteiden suhteen. Neljännessä vaiheessa selvitetään layout-suunnittelua koskevat rajoitukset ja viidennessä vaiheessa tutkitaan korrelaatiota eri prosessein välillä. Vaiheessa kuusi tutkitaan tilavaatimukset kaikkien käytössä olevien asioiden osalta esimerkiksi varastojen, laitteiden ja kulkureittien suhteen. (Lista et al. 2021)

Viimeisellä rivillä aletaan kehittämään uutta layouttia, kun tarvittavat tiedot ovat saatu kerättyä. Vaiheessa 7 luodaan lohkokorrelaatiokaavio, jonka avulla estetään mahdolliset päällekkäisyydet uudessa layoutissa. Vaiheessa 8 tehdään vaihtoehtoiset ehdotukset uudeksi layoutiksi ja viimeisessä vaiheessa niistä valitaan paras mahdollinen layoutti. (Lista et al. 2021)

## 3.2 Layout-tyypit

Käytössä olevat layoutit eroavat paljonkin toisistaan ja jokaiseen tilanteeseen sovelletaan erilaisia ratkaisuja riippuen mitä valmistetaan ja millaiset ovat käytössä olevat tilat ja laitteet. Seuraavissa kappaleissa esitellään yleisimmät layout-tyypit, joita käytetään lähtökohtina layout-suunnittelussa.

Kuvassa 3 esitellään havainnekuvat eri layout-tyyppien prosessien sijoittelusta. Layout-suunnitteluun kuuluu myös paljon muuta muun muassa kulkureittien suunnittelu ja varastojen suunnittelu. Kuvassa on yksinkertaistetusti esitetty, miten eri prosessit ja työpisteet määritellään eri layout tyypeissä.



**Kuva 3.** Layout-tyypit mukailten lähteitä Pitchuka et al. (2006) ja Tarigan et al. (2021)

Funktionaalisisessa layoutissa kaikki samanlaista prosessia tekevät laitteet ovat sijoitettu samaan paikkaan ja toista prosessia tekevät laitteet toiseen paikkaan. Funktionaalinen layout-tyyppi sopii tuotantojärjestelmiin, joissa tuotteiden variaatiot ovat suuret, mutta tuotantomäärät ovat alhaisia. (Singh, S. & Khanduja 2019)

Funktionaalisen layoutin etuja ovat helposti muokattavissa erilaisiin prosesseihin ja laitteiden käyttö on tehokasta. Sen rajoitteita ovat alhainen tuotantonopeus, jolloin se sopii huonosti samanlaisen tuotteen suuriin valmistuseriin. Funktionaalisisessa layoutissa on myös yleisesti pitkät siirtymät prosessien välillä, joka vähentää tuotannon tehokkuutta. (Singh, S. & Khanduja 2019)

Tuote-layoutissa laitteet ovat järjestetty siten, että kaikki laitteet, jotka tekevät samaa tuotetta ovat sijoitettu lähemmäksi, jotta kaikki tietyn tuotteen vaiheet tehdään peräkkäin.

Se sopii tuotantojärjestelmiin, jossa tuotetaan suuria määriä tiettyä tuotetta ja tuote-layout on laajasti käytössä esimerkiksi paperi- ja kartonkiteollisuudessa. Tuotettaessa suuria määriä samaa tuotetta saadaan tuote-layoutilla pienennettyä tuotekohtaisia kustannuksia. (Singh, S. & Khanduja 2019)

Tuote-layoutin etuja ovat tuotteiden suuret virtausnopeudet ja varastointi tarve pienenee. Laitteiden, jotka tekevät samaa tuotetta, sijoittamisella lähekkäin saadaan siirtymät tuotantoprosessin aikana minimoitua. Tuote-layout sopii vain tuotantojärjestelmiin, joissa tuotetaan vain yhtä tuotetta ja layouttien mukautuvuus eri tuotteiden valmistukseen on pientä tai olematonta. (Singh, S. & Khanduja 2019)

Yhdistelmä-layout on kaikista yleisin käytössä oleva layout-tyyppi. Yhdistelmä-layout on kombinaatio tuotelayoutista ja funktionaalista layoutista. (Singh, S. & Khanduja 2019) Siinä sovelletaan molempia layout-tyyppejä ja otetaan niistä parhaat mahdolliset kombinaatiot, jotka soveltuvat käytössä oleviin tuotantotiloihin ja laitteisiin. Tarkoituksena toteuttaa layout, jossa siirtymät ovat minimoitu ja mahdollisuus mukautua erilaisiin tuotteisiin.

Kiinteän tuotantopaikan layoutissa valmistuva tuote pysyy paikoillaan ja koneet, välineet ja ihmiset tuodaan tuotteen luokse. Sitä käytetään vain tilanteissa, joissa tuotteen liikuttaminen olisi hankalaa tai taloudellisesti kannattamatonta. Kiinteää layouttia käytetään muun muassa talojen, laivojen ja lentokoneiden valmistuksessa. (Singh, S. & Khanduja 2019)

Solu-layoutissa prosessien eri työvaiheet jaetaan omiin soluihin, ja jokaisessa solussa valmistetaan tiettyä komponenttia tai tehdään tiettyä prosessin vaihetta. Siinä laitteet ja tarvikkeet ovat järjestetty tietyn prosessin mukaan. Solu layoutin etuja ovat pienet kuljetuskustannukset ja tehokkaat prosessit. (Singh, S. & Khanduja 2019)

## 4. LEANIN HYÖDYNTÄMINEN LAYOUT-SUUNNITTELUSSA

Tässä luvussa yhdistetään lean-ajattelu ja layout-suunnittelu. Luvussa tutkitaan miten leania pystytään hyödyntämään layout-suunnittelussa, jotta molemmista saadaan tehokaimmat tavat käyttöön. Teorian jälkeen esitellään kolme eri tapaustutkimusta, joista käy ilmi, miten käytännössä leanin hyödyntäminen tapahtuu layout-suunnittelussa ja millaisia hyötyjä niistä saadaan.

### 4.1 Teoria

Leanin hyödyntäminen layout suunnittelussa on yritysten keskeinen strategia selviytyä markkinoiden kilpailussa (Lista et al. 2021). Leanin tavoitteena layout-suunnittelun osalta on luoda layout, jossa on optimoitu materiaalien, ihmisten ja tiedonkulku. Pää tavoitteena hukkien minimointi eli poistamalla arvoa tuottamattomat asiat layoutista, joita ovat esimerkiksi turhat ihmisten ja tavaroiden liikkeet ja varastointi. Layoutin tulee olla joustava tehokas ja turvallinen tavoitteisiin päästäkseen. Leanin avulla saadaan tehty layout, joka on tehokas, joustava ja turvallinen. Sen avulla saadaan tuotettua tarpeeksi laadukkaita tuotteita minimaalisilla kustannuksilla ilman, että toimitusajat venyvät. Näiden onnistuttua saadaan maksimoitua yrityksen tuotto. Lean tähtää jatkuvaan parantamiseen, joten myös layouttia tulee voida parantaa ongelmia havaittaessa. (Kovács 2020)

Leanin mukaan tuotetaan tuotteita vain sen verran mitä asiakas tarvitsee ja vasta silloin kun asiakas tarvitsee. Näin ollen varastojen tarve vähenee. Layouttia suunniteltaessa voidaan ottaa huomioon pienempi varastokapasiteetti ja varata tilaa enemmän muille osa-alueille tai pärjätä pienemmällä tilamäärällä. (Salleh et al. 2012) Varastointi on aina asiakkaalle arvoa tuottamaton toimenpide, joten sen vähentäminen on leanin periaatteiden mukaista. Varastointi myös aina maksaa yrityksille, joten varastoinnin pienentämisellä pystytään säästämään kustannuksissa. (Prasetyawan & Ibrahim 2020)

Layoutin suunnittelussa leanin hyödyntämisen avulla saadaan pienennettyä ihmisten ja tavaroiden liikettä. Esimerkiksi U-muotoisella layoutilla operaattorin tarvittavat liikkeet vähentyvät merkittävästi verrattuna suoraan linjaan ja vaadittava työntekijöiden määrä on pienempi. Liikkeiden vähentymisen avulla tuotteiden läpäisyajat pienenevät ja prosessi tehostuu. (Salleh et al. 2012)

VSM on yksi leanin työkaluista, joita voidaan hyödyntää layout suunnittelussa. Sen avulla saadaan visualisoitua layoutin heikkouksia ja hyötyjä ja näin ollen suunnitella layouttia

paremmaksi. Visualisoinnin avulla myös työntekijöiden on helpompi havaita layoutin ongelmia ja tehdä parannusehdotuksia. VSM:n avulla pystytään myös kuvata visuaalisesti tiedonkulkua, joka on melkein yhtä tärkeää kuin materiaalien kulkureittien selvittäminen. (Guzel & Shahbazpour 2022)

Leanin työkalua 5S voidaan hyödyntää layout-suunnittelussa. Sen avulla tavaroille saadaan omat nimetyt paikat, jotta aikaa ei kulu asioiden etsimiseen. Se myös sisältää reitien ja tilojen puhtaana pidon, jonka avulla pystytään välttämään tapaturmia ja liikkua työpisteiden välillä ilman esteitä. Yksi leanin tavoitteista on saada työntekijöitä sitoutumaan jatkuvaan parantamiseen, ja työntekijöiden tekemät parannusehdotukset ovat iso osa tähän tavoitteeseen pääsyä. (Liker 2021)

Jidokan avulla pystytään suunnittelemaan layoutti, jossa operaattoreiden määrä saadaan mahdollisimman pieneksi. Tavoitteena on, että yksi operaattori pystyy automatisoitujen prosessien avulla valvoa montaa eri prosessia yhtä aikaa. Operaattorin tarvitsee toimia vain silloin kun johonkin prosessiin tulee häiriö. Tällä tavalla jokainen prosessi ei tarvitse omaa operaattoria valvojaksi. (Deuse et al. 2020)

Leanin periaatteiden avulla laitteet ja koneet saadaan järjestettyä tuotantotiloissa siten, että ne ovat tiiviistä yhdessä oikeassa järjestyksessä prosessien mukaan. (Salleh & Zain 2012) Jokaisen turhan materiaalin siirron ja operaattorin liikkeen pienentyminen johtaa väistämättä pienempään läpäisy aikaan ja tehokkaampaan tuotantoon, jos uusia pullonkauloja ei synny tai ne saadaan poistettua. Sallehin ja Zainin (2012) mukaan soveltamalla leania layout-suunnittelussa saadaan parannettua myös tuotannon hallintaa.

## **4.2 Leanin hyödyntäminen layout-suunnittelussa teollisuudessa**

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi kolme tapaustutkimusta, joiden avulla pystytään havainnollistamaan leanin ja layout-suunnittelun hyötyjä ja yhdistämistä.

Ensimmäisessä tapauksessa betonia valmistava yritys halusi muuttaa tuotantoaan ja alkoi valmistamaan betonipylväitä. Ongelmaksi muodostui tehoton tuotanto johtuen pitkistä siirtymistä tuotannon aikana ja epäoptimaalisesta layoutista betonipylväiden tuotantoon. Tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa uusi layout tehtaaseen ja sen avulla nostaa tuotantokapasiteettiä. Alkuperäistä layouttia alettiin muokkaamaan leanin periaatteiden mukaisesti. Tavoitteeseen pääsemiseksi piti saada tuotteiden läpäisy aika pienemmäksi ja materiaalien siirtymiä minimoitua. (Tarigan et al. 2019)

Prosessintehokkuus laskettiin jakamalla arvoa lisäävä aika (value added time) tuotannon läpäisyajalla (manufacturing lead time). Alkuperäisellä layoutilla tehokkuus oli 79,6 % ja tuotantomäärä oli 35 yksikköä päivässä. Uudella layoutilla tehokkuus saatiin nostettua 90 %:iin ja tuotantomäärä 48 yksikköön päivässä. (Tarigan et al. 2019)

Leanin periaatteita ja työkaluja käyttäen saatiin suunniteltua uusi layout, jonka avulla tuotantomääriä päivässä saatiin nostettua noin 37 prosenttia tai 13 yksikköä. Leania käytettiin hukkien eliminointiin, joka vähensi yhden tuotteen valmistamiseen kuluvaan aikaan. Leanin työkalun VSM:n avulla saatiin tunnistettua edellisen layoutin heikkoudet liikkeissä ja siirrymissä. (Tarigan et al. 2019)

Toisessa tapauksessa Bluebird Lights Pvt. Ltd. alkoi tuottaa reilua kymmentä eri mallisia led-valoja niiden kysynnän kasvaessa räjähdysmäisesti. He muuttivat tuotantoa kolmesta eri mallista reiluun kymmeneen eri led valojen variaatioon, jonka takia yrityksellä oli aluksi ongelmia tuotannon kanssa tehokkuuden, ylimääräisten liikkeiden ja huonon virtauksen takia. Tämä johti siihen, että tuotannon läpäisy aika oli suurehko ja he halusivat parantaa läpäisy aika. Tuotannon ongelmien takia tuotteiden toimitukset viivästyivät ja tuotannossa oli monia pullonkauloja. He päättivät muuttaa nykyistä layoutteja, jotta se vastaisi paremmin erilaisten led valojen variaatioiden tuottamista. (Singh & Khanduja, 2019)

Layoutin muutoksella pyrittiin: mahdollistamaan eri tuotteiden tuotannon, minimoida tarvetta liikuttaa materiaaleja prosessien välillä, optimoida tilankäyttö ja näiden avulla lyhentää tuotteiden toimitusaikaa. Uudessa layoutissa pyrittiin siihen, että samankaltaiset osat valmistetaan yhtenä ryhmänä ja jokaisen ryhmän laitteet sijoitetaan solulayoutin mukaisesti ja ryhmät tuote layoutin mukaisesti peräkkäin ja niin, että turhat siirtymät minimoidaan. Uudistettu layout on siis yhdistelmä solu layoutista ja tuote layoutista eli yhdistelmä layout. Layout muodostettiin SLP:n ja ryhmäteknologian (engl. Group Tehcnology) avulla. Suunnittelussa käytettiin Activity Relation Diagrammia, jonka avulla eri asiat pisteytettiin ja laitettiin oikealle kohdalle layoutissa pisteytyksen mukaan. (Singh, S. & Khanduja, 2019)

Tuloksena layoutista tuli U-muotoinen järjestelmä ja tilankäyttö parani huomattavasti. Myös materiaalin liikkuminen pienentyi ja erilaisia tuotteita saatiin valmistettua samanaikaisesti ja tehokkaasti. Tämä kaikki johti siihen, että uuden layoutin avulla tuotteet saatiin toimitettua ajoissa. Layoutin muuttamisella oli siis useita konkreettisia hyötyjä ja tuotantoa saatiin tehostettua. Tutkimuksessa uudelleenjärjestelyä tehtiin leanin periaatteiden mukaisesti ja leanin avulla saatiin useita konkreettisia hyötyjä hukkia poistamalla esimerkiksi käsittelyaikojen vähenemistä, laadun parantamista ja työntekijöiden tyytyväisyyden

ja motivaation parantamista työergonomian avulla sekä kustannussäästöjä. (Singh & Khanduja, 2019)

Kolmannessa tapauksessa tekstiiliteollisuuden yritys ei ollut varautunut markkinoiden nopeaan kasvuun ja yrittäessään vastata siihen johti se vakaviin laatuongelmiin. Yritys yritti paikata kysyntää ulkoistamalla tilauksia kolmansille osapuolille, joka johti kannattavuuden laskuun. Yritysjohto päätti muuttaa omaa toimintaansa, jotta kysyntään pystyttäisiin sopeutua ja pitämään tuotteiden laatu vaadittavalla tasolla. (Lista et al. 2021)

Tekstiiliteollisuuden yritys sai SLP:tä käyttämällä muodostettua uuden layoutin ja lyhennettyä materiaalivirtausreittiä 1440 metristä 970 metriin. Liikkeiden pienentämisen avulla tuotteiden valmistusaikoja saatiin pienennettyä merkittävästi ja tilojen käyttöä saatiin paremmaksi. Uuden layoutin avulla yrityksen tulojen odotetaan kasvavan noin 7 prosenttia. Tapauksessa käytettiin leania apuna optimoimalla prosessien sujuvuutta, arvioimalla ja poistamalla turhia kuljetuksia ja liikkeitä tehtaalla. (Lista et al. 2021).

Yllä esitellyissä kolmessa tapaustutkimuksessa käytettiin jokaisessa leania apuna uuden layoutin suunnittelussa. Ensimmäisessä tapauksessa tehokkuutta saatiin nostettua reilu 10 prosenttiyksikköä pienentämällä läpäisyajoja. Läpäisyajojen pienentäminen onnistui muuttamalla alkuperäistä layouttia niin, että prosessien väliset siirrot minimoitiin. Myös tuotantokapasiteetti kasvoi reilusti. Toisessa tapauksessa prosesseissa esiintyi monia pullonkauloja, joka johti toimitusten viivästymiseen ja korkeisiin läpäisyajoihin. Lean-layoutin avulla tuotantoa saatiin virtautettua optimoimalla tilankäyttö ja pienentämällä materiaalien liikettä. Sen avulla läpäisyajat pienenevät ja toimitukset saatiin tehtyä ajoissa. Kolmannessa tapauksessa kapasiteettiongelmiin takia jouduttiin turvautumaan ulkopuoliseen apuun, joka johti kannattavuuden laskuun. Uudistusten avulla päästiin eroon ulkopuolisesta tuotannosta ja saatiin yrityksen tuloja kasvatettua noin 7 prosentilla.

Leanin periaatteihin kuuluu olennaisesti siirtymien minimointi. Leanin avulla muodostettaessa layouttia syntyy yleensä yhdistelmä layout eli yhdistelmä funktionaalisesta ja tuote-layoutista. Tällä tavoin samanlaiset prosessit suoritetaan yhdessä paikassa ja prosessien väliset siirtymät ovat mahdollisimman pieniä. Riippuen valmistetuista tuotteista lean-layoutissa käytetään välillä myös osittaista solu-layouttia.

### 4.3 Pohdinta

Lean-layoutit ovat tehokkaita ja optimoituja, mutta joustavuus huonompaa. Lean tähtää standardoituun tuotantoon ja muutosten tekeminen voi olla haasteellisempaa kuin normaalissa layoutissa. Jos yrityksellä ei ole varmuutta tulevaisuudesta tai tuotantoa ei

voida pitää jatkuvana muuttuvan kysynnän takia voi leanin hyödyt jäädä vähäiseksi, eikä uuden layoutin tekeminen leanin pohjalta ole kannattavaa.

Myös layout-suunnittelussa tulee leanin kannalta sama rajoite eli työntekijät voivat vastustaa muutosta, kun työpiste ja sen sijainti voivat muuttua. Yrityksen ylin johto ei välttämättä ole valmis sitoutumaan leanin periaatteisiin, jolloin leanin käyttö jää vajavaiseksi. Myös työntekijöiden osallistuttaminen voi olla liian vähäistä tai olematonta. (Upadhve et al. 2016) Yksi leanin peruseriaatteista on koko yrityksen sitoutuminen leaniin ja jatkuvaan parantamiseen. Jos työntekijöitä ei oteta mukaan tai he eivät ole motivoituneita osallistumaan lean-ajatteluun ja jatkuvaan toiminnan kehittämiseen voi leanin käyttöönotto jäädä kertaluontoiseksi tapahtumaksi ja layout-suunnittelussa ei saada kaikkia leanin hyötyjä toimimaan.

Yksi hyödyistä oli jatkuva parantaminen, mutta se voi olla myös haitta tai rajoite. Layoutin muutos voi vaatia paljonkin aikaa tai resursseja, joten päivittäin ei muutoksia voi tehdä. Yritykset voivat kuvitella heidän toimintansa olevan jo valmiiksi tehokasta eikä näin ollen kaipaa muutosta tuotantoon tai johtamistapoihin. Toistuvasti tämä oletamus selviää vääräksi. Jos kokemusta paremmasta ja tehokkaammasta tuotannosta ei ole juuri kyseisessä tehtaassa niin on vaikea edes uskoa, että pienillä muutoksilla pystyttäisiin parantamaan ja tehostamaan toimintaa huomattavan paljon. (Modig & Åhlström 2016)

Womackin ja kollegoiden (1996) mukaan leanin täysi hyödyntäminen voi välillä vaatia suuria investointeja ja paljon rahaa. Tämä voi muodostua suureksi ongelmaksi myös layout-suunnittelussa. Uuden layoutin tekeminen vie aikaa suunnittelun osalta, mutta myös toteutuksen osalta. Kun yritykselle tulee tarve tuotannon muuttumisen takia muuttaa layouttia tai tehdä suuria laiteinvestointeja niin silloin olisi paras paikka hyödyntää leania

Edellisessä luvussa esitetyillä kolmella tapaustutkimuksen avulla voidaan todeta, että leanin hyödyntämisellä layout-suunnittelussa saadaan suuria hyötyjä yrityksille. Leanin avulla pystytään suunnittelemaan layoutteja, joissa hukat ovat mahdollisimman pieniä. Esimerkiksi siirtymät, varastoinnit ja operaattorien liikkuma matka saadaan minimoitua. Leanin periaatteeseen kuuluu työntekijöiden osallistuttaminen ja layout-suunnittelussa olisi tärkeä ottaa huomioon työntekijöiden kommentit vanhasta layoutista ja parannusehdotukset uuteen layoutiin.

Tutkimuskysymyksessä 1 etsitään vastausta, miten leania pystytään hyödyntämään layout-suunnittelussa. Leanin hyödyntämisessä layout-suunnittelussa kaikki tähtää tuotannon parempaan virtaustehokkuuteen ja sitä kautta tuotantokustannusten alentami-



seen. Leania hyödynnetään layout-suunnittelun apuna tekemällä layoutteja, joista eliminoidaan leanin hukkia: turhia prosesseja, varastointia, turhaa liikettä, prosessivirheitä ja työntekijöiden sekä laitteiden alikäyttöä. Leanin avulla suunnitellaan layoutteja, joiden avulla saadaan tuotettua laadukkaita tuotteita pienemmillä tuotantokustannuksilla. Käytämällä lean-layoutteja läpäisy- ja toimitusajat pienenevät ja yrityksen kannattavuus paranee.

Leanin työkaluja pystytään hyödyntämään layout-suunnittelussa. Esimerkiksi 5S-menetelmää voidaan hyödyntää tekemällä jokaiselle laitteelle ja työkalulle nimetyt paikat ja pitämällä työympäristö siistinä ja organisoituna. Jidokan avulla saadaan tuotantoa automatisoitua niin, että laitteiden paikat ja työpisteet voidaan suunnitella yhdelle ihmiselle sopiviksi, kun sama operaattori pystyy hallitsemaan monia eri laitteita ja prosesseja. JITIn avulla saadaan tuotantoa hallittua niin, että varastointitarve vähenee ja layouteissa tilaa voidaan käyttää muuhun tarpeelliseen.

Tutkimuskysymyksessä 2 etsitään vastauksia millaisia rajoitteita ja mahdollisuuksia leanissa on layout-suunnittelun osalta. Yritysten toimintatapojen ja laitteiden muuttaminen leanin periaatteiden mukaiseksi voi olla kallista ja etenkin pienillä yrityksillä jopa kannattamatonta. Tässä työssä kuitenkin keskityttiin keskisuuriin ja isoihin valmistavan teollisuuden yrityksiin, joten isompi ongelma leanin hyödyntämisessä on muutoksiin kuluva aika ja jatkuva sitoutuminen leaniin ja jatkuvaan kehitykseen. Työntekijöiden ja johdon vanholliset tavat ja mielipiteet voivat myös vastustaa muutosta ja täten estää leanin hyödyntämisen osittain tai kokonaan.

Lean tarjoaa layout-suunnittelulle monia mahdollisuuksia, joista osaa jo käytetään, mutta luultavasti vieläkin on olemassa uusia ja parempia mahdollisuuksia mitä leanista voidaan hyödyntää. Tulevaisuudessa iso osa leania eli automaatio tulee edelleen lisääntymään ja sitä myötä layoutit pystytään suunnittelemaan yhä enemmän vain koneiden ehdot edellä, koska työpisteitä ei enää tarvita ihmisille tai niiden määrä vähenee. Kilpailun yhä tiukentuessa valmistuskustannusten alentamisella voi olla isoja vaikutuksia yrityksen pärjäämiseen markkinoilla ja leanin tiukemmalla hyödyntämiselle voidaan saavuttaa isoja etuja kilpailijoihin.

Työn tulosten luotettavuus perustuu lähtötietojen luotettavuuteen. Lähtötiedoista suurin osa on vertaisarvioituja artikkeleita, joten niitä voidaan pitää luotettavina. Lean ja layout-suunnittelu ovat molemmat olleet vuosikymmeniä tutkinnan kohteena, ja niistä eri lähteistä löytyvä tieto on yhteneväistä. Työn tuloksia voidaan siis pitää luotettavina. Työn rajoitteena on käytännön tiedon vajavaisuus. Työ perustuu vain kirjallisuuteen ja käytäntö ja teoria eroavat aina toisistaan.

## 5. YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia kirjallisuuskatsauksen avulla, miten leania pystytään hyödyntämään valmistavan teollisuuden layout-suunnittelussa. Työ rajattiin keskittyämään valmistavan teollisuuden keskisuuriin ja suuriin yrityksiin.

Leanin menetelmien avulla prosesseista saadaan poistettua arvoa tuottamattomia asioita ja sen avulla pienennettyä läpimenoaikoja. Leanin avulla prosessit saadaan standardoitua, jolloin jokainen prosessi ja tuote tehdään samalla tavalla ja yhtä laadukkaasti, jolloin virheiden määrä pienenee. Leanin tuotantofilosofiana toimii JIT eli mitään ei valmisteta varastoon tai etukäteen, joten varastointi ja varastotilan tarve pienenee, jolloin saadaan käytettyä lisää tilaa muuhun tarpeelliseen toimintaan.

Pérez-Gosenden ja kumppanien (2021) mukaan layout-suunnittelun avulla saadaan optimoituja tuotantotiloissa laitteiden ja koneiden paikat, sekä materiaalien ja ihmisten kulureitit niin, että tuotannosta tulee mahdollisimman tehokasta ja turvallista. Kun leanin periaatteita ja työkaluja hyödynnetään layout-suunnittelussa, saadaan tuotannon virtaus ja resurssitehokkuus maksimoitua ja nostettua yrityksen tuottavuutta. Hyvällä ja tarkoitukseen sopivalla layoutilla varmistetaan tehokas tuotanto ja saadaan optimoituja tuotteiden läpäisyajat.

Tässä työssä etsittiin vastauksia kysymyksiin, miten leania hyödynnytetään layout-suunnittelussa ja millaisia mahdollisuuksia ja rajoitteita lean tarjoaa layout-suunnittelussa. Leanin periaatteiden ja työkalujen avulla layouteista saadaan suunniteltua sellaisia, että ne ovat virtaustehokkaita ja tavaroiden siirrot ja varastoinnit minimoituja. Lean ja layout-suunnittelun avulla saadaan alennettua tuotantokustannuksia, joka auttaa parantamaan yritysten kannattavuutta. Leanin isoimpia rajoitteita layout-suunnittelussa ovat raha ja aika eli kalliit investoinnit, jotka vievät paljon aikaa, sekä yleinen muutoksen vastustaminen yrityksen sisällä.

Pitää kuitenkin muistaa, että lean ei ole kertaluonteinen juttu vaan se vaatii jatkuvaa sitoutumista koko organisaatiolta ja halua ja aikaa keskittyä jatkuvaan parantamiseen. Uudet tutkimukset aiheesta ovat tarvittavia teknologian kehittyessä. Se mahdollistaa sen, että yrityksillä on tulevaisuudessakin mahdollisimman ajantasaista ja käyttökelpoista tietoa leanista ja layout-suunnittelusta

## LÄHTEET

Abdulmalek, F. A. & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International journal of production economics*. 107 (1), 223–236.

Bhamu, J. & Singh Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International journal of operations & production management*. 34 (7), 876–940.

Deuse, J., Dombrowski, U., Nöhring, F., Mazarov, J., Dix, Y. (2020). Systematic combination of Lean Management with digitalization to improve production systems on the example of Jidoka 4.0. *International journal of engineering business management*. 12184797902095135–.

García-Alcaraz, J. L., Maldonado-Macías, A., Cortes-Robles, G., García-Alcaraz, J., Maldonado-Macías, A. (2014). *Lean Manufacturing in the Developing World Methodology, Case Studies and Trends from Latin America*. 1st ed. 2014. Jorge Luis. García-Alcaraz et al. (eds.). Cham: Springer International Publishing.

Guzel, D. & Shahbazpour Asiabi, A. (2022). Increasing Productivity of Furniture Factory with Lean Manufacturing Techniques (Case Study). *Tehnički Glasnik*. 16 (1), 82–92.

Jou Lin, C., Frank Chen, F., Min Chen, Y. (2013). Knowledge kanban system for virtual research and development. *Robotics and computer-integrated manufacturing*. 29 (3), 119–134.

Kovács, G. (2020). Combination of Lean value-oriented conception and facility layout design for even more significant efficiency improvement and cost reduction. *International journal of production research*. 58 (10), 2916–2936.

Liker, J. K. (2021). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. Second edition. New York, New York State: McGraw-Hill.

Lista, A. P., Tortorella, G., Bouzon, M., Mostafa, S., Romero, D. (2021). Lean layout design: a case study applied to the textile industry. *Produção : uma publicação da Associação Brasileira de Engenharia de Produção*. 31.

Mat Salleh, M. & Zain, M. Z. M. (2012). 'The study of lean layout in an automotive parts manufacturer', in *Applied Mechanics and Materials*. 2012 Zurich: Trans Tech Publications Ltd. pp. 3947–3951.

Matzka, J., Di Mascolo, M., Furmans, K. (2012). Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. *Journal of intelligent manufacturing*. 23 (1), 49–60.

Mclean, T. (2021). How to use lean for factory layout design. *Txm-verkkosivut*, (viitattu 1.5.2023), Saatavilla: <https://txm.com/how-to-use-lean-for-factory-layout-design/>

Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical engineering research & design*. 83 (6 A), 662–673.

- Moatari-Kazerouni, A., Chinniah, Y., Agard, B. (2015). Integration of occupational health and safety in the facility layout planning, part II: design of the kitchen of a hospital. *International journal of production research*. 53 (11), 3228–3242.
- Modig, N., Åhlström, P. (2013). *Tätä on lean: ratkaisu tehokkuusparadoksiin*. 1. painos. Tukholma: Rheologica Publishing.
- Nassereddine, A. & Wehbe, A. (2018). Competition and resilience: Lean manufacturing in the plastic industry in Lebanon. *The Arab economic and business journal*. 13 (2), 179–189.
- Nghiem, T. B. H. & Chu, T.-C. (2022). Evaluating Lean Facility Layout Designs Using a BWM-Based Fuzzy ELECTRE I Method. *Axioms*. 11 (9), 447–.
- Omogbai, O. & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. *Procedia CIRP*. 60380–385.
- Pérez-Gosende, P., Mula, F., Díaz-Madroñero, M. (2021). Facility layout planning. An extended literature review. *International journal of production research*. 59 (12), 3777–3816.
- Pitchuka, L. N., Adil, G., Ananthakumar, U. (2006). Effect of conversion of functional layout to a cellular layout on the queue time performance: Some new insights. *International journal of advanced manufacturing technology*. 31 (5-6), 594–601.
- Prasetyawan, Y. & Ibrahim, N. G. (2020) Warehouse Improvement Evaluation using Lean Warehousing Approach and Linear Programming. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 847 (1), 12033–.
- Salleh, M. M. & Zain, M. Z. M. (2012). The Study of Lean Layout in an Automotive Parts Manufacturer. *Applied Mechanics and Materials*. 110–1163947–3951.
- Sanchez, R. & Mahoney, J. T. (1996). Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design. *Strategic management journal*. 17 (S2), 63–76.
- Shaaban, S. & Darwish, A. S. (2016). Production systems: successful applications and new challenges part one - lean, six sigma, inventory, JIT and TOC. *Production planning & control*. 27 (7–8), 539–540.
- Shah, R. & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management*. 21 (2), 129–149.
- Singh, S. & Khanduja, D. (2019). Improvement in Manufacturing System by Rearrangement in Layout Design - A Case Study. *Journal of physics. Conference series*. 1240 (1), 12023–.

Tarigan, U., Cahyo, F., Tarigan, U., Ginting, E. et al. (2019). 'Facility Layout Design Through Integration of Lean Manufacturing Method and CORELAP Algorithm in Concrete Factory', in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019 Bristol: IOP Publishing. p. 12015–.

Tarigan, U., Ishak, A., Tarigan, U., Rizkya, I., Mangoloi, B., William (2021). Redesigning production floor layout with process layout and product layout approach in an electronic appliance manufacturing company. IOP conference series. Materials Science and Engineering. 1122 (1), 12058–.

Upadhye, N., Deshmukh, S., Garg, S. (2016). Lean manufacturing system implementation barriers: an interpretive structural modelling approach. International Journal of Lean Enterprise Research. 2 (1), 46–.

Womack, J. P. & Jones, D. T. (1996). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. New York (N.Y.): Simon & Schuster.