

Joonas Työlähti

# TYÖTURVALLISUUS OSAKOKOONPA- NOISSA SEKÄ LEAN-AJATTELU PROJEKTI- LUONTOISESSA TEOLLISUUDESSA

Kandidaatintyö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Yliopisto-opettaja Hasse Nylund  
Marraskuu 2023

# TIIVISTELMÄ

Joonas Työlähti: Työturvallisuus osakokoonpanoissa sekä lean-ajattelu projektituotannossa teollisuudessa

Work safety in part assemblies and lean thinking in project-based industry

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Konetekniikka

Marraskuu 2023

---

Tässä kandidaatintyössä tutustutaan lean-ajatteluun ja sen implementointiin projektituotantoon. Tämän lisäksi selvitetään työturvallisuuden luonnetta ja sen kehittämistä tuotannossa. Työn tavoitteena on kirjallisuuskatsauksen ja tutkimuksen pohjalta laatia työohje sekä alustavasti suunnitella apulaite kohdeyrityksen tiettyyn osakokoonpanoon. Toteutetun kirjallisuuskatsauksen aineiston haussa käytettiin Tampereen yliopiston kirjastoa sekä Tampereen yliopiston Andor-palvelua. Aineistona käytettiin pääosin 2000-luvulla julkaistuja teoksia. Tutkimus perustui haastatteluihin, empiiriseen tutkimukseen, havainnointiin ja analysointiin.

Työn rakenne on jaettu viiteen osaan. Ensimmäisessä osassa syvennytään projektituotannon luonteeseen ja haasteisiin. Toisessa osassa käsitellään leanin periaatteita ja työkaluja sekä niiden soveltamista projektituotantoon. Kolmannessa osassa tutkitaan työturvallisuuden merkitystä kulttuurisella tasolla sekä työturvallisuuden kehittämistä. Neljäs osa sisältää tutkimuksen, jossa tarkastellaan osakokoonpanon nykyistä työjärjestystä ja analysoidaan sen haasteita ja puutteita. Lopuksi viides osa sisältää osakokoonpanolle tutkimuksen pohjalta laaditun työohjeen sekä alustavasti suunnitellun apulaitteen.

Työssä saatiin selville, miten projektituotantoinen tuotanto eroaa muista tuotantomuodoista ja miten lean-ajattelua implementoidaan siihen. Osoittautui, että projektituotantoinen tuotanto sisältää suuria haasteita ja on hankala toteuttaa onnistuneesti. Samalla lean-ajattelun käyttöönotto ei ole helppoa, sillä lean on perustettu massatuotantoon, joka on päinvastainen projektituotannolle. Tästä huolimatta leanin käyttöönotto projektituotantoon ei ole mahdotonta, sillä monet leanin periaatteista ja työkaluista toimivat myös matalan tuotantomäärän tuotannossa, jossa ei luontaisesti ole tuotannon virtausta. Onnistunut leanin implementointi yritykseen ei kuitenkaan ole pelkästään sen työkalujen käyttämistä, vaan pohjimmiltaan leaniin siirtyminen on sen kulttuurin ja periaatteiden omaksumista koko organisaatiossa. Samaan ajatukseen pohjautuu työturvallisuus, sillä ilman kestäväää työturvallisuuskulttuuria ei työturvallisuuden kehittäminen ole luontevaa.

Työssä laaditun työohjeen ja alustavasti suunnitellun apulaitteen oletetaan edistävän kohdeosakokoonpanon työturvallisuutta sekä tehokkuutta. Työohje kehittää osakokoonpanon standardisointia, joka on samalla kehitystä leanin suuntaan. Apulaite käyttöönotettuna kehittää työturvallisuutta ja tehostaa työtä. Samalla turvallisempi työ kehittää työntekijöiden motivaatiota työntekoon, jonka myötä työntekijöiden osallistuminen työn kehittämiseen korostuu. Työohje ja apulaite eivät kuitenkaan ole ratkaisu kaikkeen, mutta ne toimivat hyvänä askeleena kehittämistyössä, jota voidaan näiden pohjalta edistää tulevaisuudessa vielä enemmän.

Avainsanat: projektituotanto, lean-ajattelu, osakokoonpano, työturvallisuus, työohje

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. PROJEKTITUOTANTO .....	3
2.1 Erilaiset tuotantomuodot .....	3
2.2 Projektituotannon hyödyt ja haasteet .....	5
2.3 Tuotannonohjaus .....	6
2.3.1 Resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus .....	6
2.3.2 Aikataulut .....	7
2.3.3 Kapasiteetti ja kuormitus .....	9
3. LEAN .....	10
3.1 7+1 hukkaa .....	10
3.2 Lean-periaatteet .....	12
3.3 Lean-työkalut ja -menetelmät .....	15
3.3.1 Tuotannon kehittäminen .....	15
3.3.2 Laadun kehittäminen .....	16
3.4 Leanin toteutus projektituotannossa .....	17
4. TYÖTURVALLISUUS .....	21
4.1 Työturvallisuuden kulttuuri .....	21
4.2 Ihminen osana työturvallisuutta .....	22
4.3 Työturvallisuuden kehittäminen .....	24
4.3.1 Turvallisuuskulttuurin kehittäminen .....	24
4.3.2 Riskien hallinta .....	25
4.3.3 Nosturien turvallisuuden kehittäminen .....	26
5. TUTKIMUS .....	27
5.1 Tutkimuksen toteutuminen .....	27
5.2 Tutkimuksen analysointi .....	29
6. TULOKSET .....	30
6.1 Laadittu työohje .....	30
6.2 Suunniteltu apulaite .....	32
6.3 Tulosten pohdintaa .....	33
7. YHTEENVETO .....	34
LÄHTEET .....	36

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

BBS	engl. Behaviour Based Safety, käyttäytymiseen perustuva turvallisuus
ERP	engl. Enterprise Resource Planning, yrityksen resurssien suunnittelu
FIFO	engl. First In First Out, valmistus sisäänottojärjestyksessä
JIT	Just-In-Time
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PFA	engl. Production Flow Analysis, tuotannon virtausanalyysi
PFPE	engl. Plan For Every Product, jokaisen tuotteen suunnittelu
SMED	engl. Setup Reduction, asetusten vähentäminen
TPS	Toyota Production System
VNM	engl. Value Network Map, arverkkokuvaus
VSM	engl. Value Stream Map, arvovirtakuvaus

# 1. JOHDANTO

Vuonna 2022 Suomen myydyn teollisuustuotannon arvo oli noin 104,7 miljardia euroa. Tästä 40 %:n osuus oli metalliteollisuutta, josta noin 25 % oli koneiden ja laitteiden teollisuutta. Koneiden ja laitteiden teollisuus siis sisältää noin 10 % kaikesta Suomen teollisuustuotannosta. (Kolu 2023) Yleinen tapa valmistaa näitä tuotteita on yksittäis- ja projektituotanto. Näissä on paljon haasteita ylläpitää kustannustehokasta sekä nopean läpimenoajan tuotantoa tuotteiden suuren vaihtelevuuden sekä tilauspainotteisen ohjauksen takia.

Tuotantoon ja sen tehokkuuteen vaikuttaa useita eri tekijöitä, joiden parantamisella tai hyödyksi käyttämällä saadaan kehitettyä siitä menestyvää ja markkinakelpoista. Projektituotannossa on suuria haasteita verrattuna massatuotantoon, joten tutkimalla sen heikkouksia ja vahvuuksia voidaan eliminoida tuotantoa hidastavia osia. Lean on hyvä työkalu sekä ajattelumalli tuotannon kehittämiseen, mutta sitä täytyy osata käyttää oikein, jotta sen hyödyt saadaan mahdollisimman tuloksellisiksi. Turvallisuusmyönteinen ja ergonominen työympäristö tarjoaa työntekijöille mahdollisuuden antaa täyden potentiaalinsa tehokkaaseen tuotantoon.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on kehittää tiettyä osakokoonpanoa kohdeyrityksessä, jonka tuotanto on projektituotantoa konepajateollisuutta. Työssä on kolme tutkimuskysymystä:

1. Millainen työjärjestys osakokoonpanopisteessä on käytössä nyt?
2. Miten voidaan parantaa osakokoonpanojen läpimenoaikaa turvallisesti?
3. Mikä työtapa on turvallisin ja samalla myös tehokkain?

Työn tavoitteena on vastata tutkimuskysymyksiin, sekä työohjeen laatiminen määritettyjen työvaiheiden pohjalta. Työohjeella on myös tavoitteena kehittää työn ergonomiaa ja turvallisuutta.

Työ sisältää kirjallisuuskatsauksen pääosin 2000-luvun jälkeen ilmestyneistä teollisuuden liittyvistä kirjoista sekä artikkeleista. Tutkimusmenetelminä työohjeen laatimiseen sekä osakokoonpanon kehittämiseen käytetään haastatteluja, analysointia, empiiristä kokemusta ja havainnointia.

Aluksi luvussa 2 käsitellään projektituotantoa ja sen ominaisuuksia. Tämän lisäksi käsitellään tuotannonohjausta erityisesti tuotannon virtautukseen, aikataulutukseen ja tuotannon kuormitukseen liittyen. Luvussa 3 syvennytään leaniin. Tämän periaatteet käsitellään, minkä jälkeen näiden pohjalta tutustutaan leanin työkaluihin sekä niiden soveltamiseen projektituotannossa. Luvussa 4 tutkitaan työturvallisuutta kulttuurina ja yksilönä. Työturvallisuutta pohditaan korkeammalla, jopa filosofisella tasolla, jonka jälkeen perehdytään, miten työturvallisuutta kehitetään työmaalla.

Luvussa 5 käsitellään itse tutkimus. Selvitetään kohteena olevaa osakokoonpanoa ja haastattelujen perusteella laaditaan nykyinen työjärjestys sekä tarkastellaan ongelma-kohtia. Tämän jälkeen analysoidaan tuloksia ja pohditaan keinoja tehostaa tuotantoa ja työturvallisuutta. Luku 6 sisältää edellisen luvun tutkimuksen tulokset eli laaditun työohjeen ja alustavasti suunnitellun apulaitteen. Lopuksi pohditaan tuloksia ja tulevaisuutta osakokoonpanon kannalta.

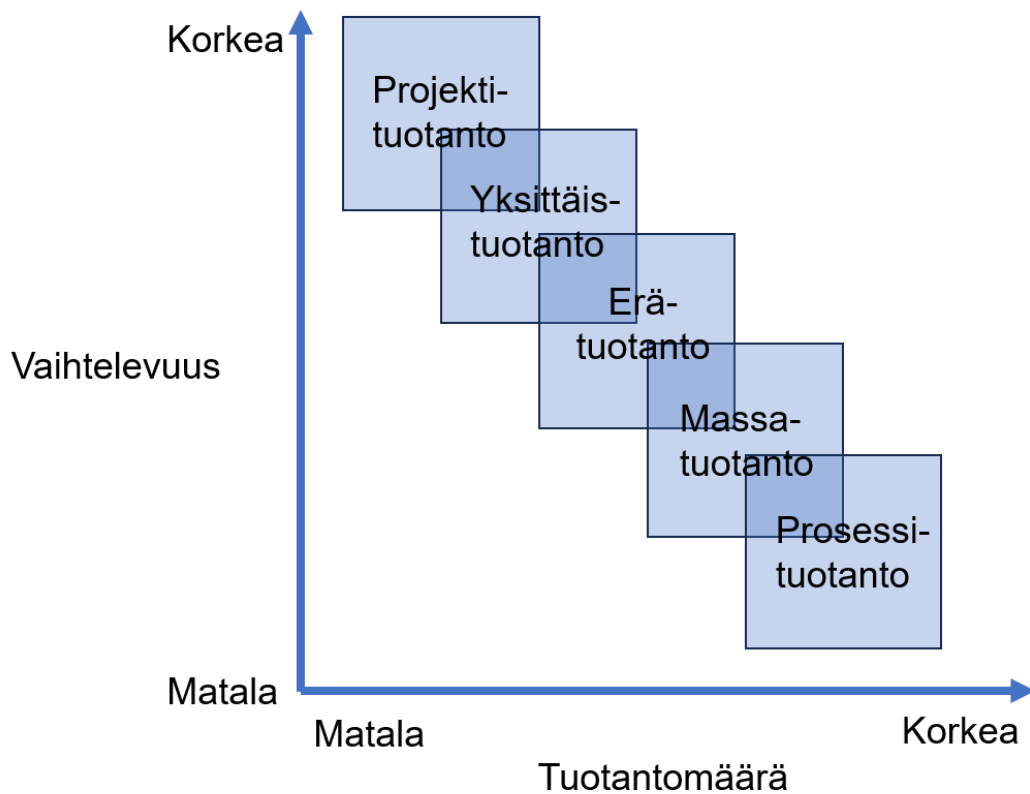
## 2. PROJEKTITUOTANTO

Projektituotanto on matalan tuotantomäärän, mutta korkean muokattavuuden ja vaihtelevuuden, eli variaation tuotantomuoto. Yleisiä asioita projektituotannolle ovat pitkä valmistusaika, tuotteiden monimutkaisuus sekä tarkkaan määrätyt aloitus- ja lopetusajat. Projektituotannossa on myös haastavaa tarkoin määritellä tiettyjä vaiheita tuotteiden suuren vaihtelevuuden vuoksi. (Brandon-Jones & Slack 2019, s. 184) Projektituotanto sisältää paljon samankaltaisuutta yksittäistuotannon kanssa, josta Stevenson (2018, s. 244) toteaa, että työntekijöiden oma osaaminen on merkittävässä roolissa tuotannon tehokkuudessa.

### 2.1 Erilaiset tuotantomuodot

Yrityksen suunnitellessa tuotantoaan, täytyy sen valita oikea tuotantomuoto toiminnalleen: halutaanko esimerkiksi korkea variaatio tuotteiden välillä, mutta matala tuotantomäärä vai korkea tuotantomäärä, mutta matala variaatio tuotteiden kesken (Stevenson 2018, s. 243–244). Prosessin suunnittelussa otetaan myös huomioon asiakkaan tarpeet, tarpeita vastaava lisäarvon tuotto, tapahtumaketjut tuotteen valmistukseen ja prosessin vaatimat resurssit (Martinsuo & Blomqvist 2010, s. 4).

Eri tuotantomuotoja voidaan verrata keskenään kuvaajalla, jossa x-akselilla on tuotantomäärät ja y-akselilla tuotannon variaatio. Tämä kuvaaja visualisoidaan kuvassa 1. Brandon-Jonesin ja Slackin (2019, s. 184) mukaan kuvaaja ei vastaa täysin todellisuutta, sillä suurin osa tuotannosta on jollain tavalla eri tuotantomuotojen sekoituksia. Kuvaajassa huomataankin eri tuotantomuotojen olevan hieman päällekkäin keskenään. Stevenson (2018) on myös samaa mieltä, ettei ole harvinaista löytää niin sanottua hybridimallia, jossa on otettu elementtejä useasta eri tuotantomuodosta.



**Kuva 1.** Tuotantomuodot (Muokattu lähteestä Stevenson 2019).

Korkean variaation vuoksi tuotannon tehtävät ovat monimutkaisia, samalla niitä on enemmän sekä prosessin virtaus on katkonaista (Brandon-Jones & Slack 2019, s. 184). Kuvassa 1 tällä alueella sijaitsee projekti- ja yksittäistuotanto. Näille tyypillistä on asiakkaan tilauksesta valmistaminen sekä jokaiselle kappaleelle oman tuotantosunnittelu-prosessin tekeminen (Boncamper 1995, s. 33). Projektituotannossa Stevensonin (2018, s. 243–244) mukaan myös resurssien tilausketjut ja saatavuus täytyy olla hyvin suunniteltuina onnistuneen tuotannon takaamiseksi. Projekti- ja yksittäistuotantoa ovat esimerkiksi rakennustyömaat, laivanrakennus, vaatteiden räätälöinti ja erikoistyökalujen tuotanto.

Erätuotanto on tuotantomäärältään yksittäistuotantoa tehokkaampaa, mutta rajoittaa tuotteiden muokattavuutta. Erätuotanto on hankalampi määrittellä tarkkaan, sillä pienien erien tuotanto muistuttaa paljon yksittäistuotantoa ja suurien erien tuotanto jo massatuotantoa. Erätuotanto usein sekoittuukin eri tuotantomuotoihin, esimerkiksi konetyökaluja valmistava yritys tekee niin suuria eriä korkealla toistuvuudella, että tuotanto näyttää jopa massatuotantona. (Brandon-Jones & Slack 2019, s. 185) Vastakkaisena esimerkkinä Stevenson (2018, s. 244) antaa leipomotoiminnan, jossa eräkoot voivat olla hyvinkin pieniä, jolloin tuotannossa on enemmän yksittäistuotannon piirteitä.

Korkein tuotantomäärä ja matalin muokattavuus on massa- sekä prosessituotannossa. Massatuotantoa on esimerkiksi autoteollisuus, jossa yhtä tiettyä mallia tuotetaan jopa tuhansia kappaleita ennen kuin aletaan tuottamaan seuraavaa mallia. Tuotanto on täten hyvin ennustettavaa. (Brandon-Jones & Slack 2019, s. 186) Prosessituotanto eli jatkuva tuotanto vie massatuotannon vielä pidemmälle. Siinä tuotantoprosessi on hyvin pitkälle automatisoitu ja koneet käyvät jatkuvasti. Tuotanto on hyvin ennustettavissa, mutta koneiden pysäytys eli alasajo on pitkä ja kallis prosessi. Tästä syystä koneet käyvät ympäri päivän ja työntekijät tekevät kolmivuorotyötä. Prosessiteollisuutta on esimerkiksi paperiteollisuus. (Boncamper 1995, s. 33–34)

## 2.2 Projektituotannon hyödyt ja haasteet

Kuten yllä tuli jo ilmi, projektituotanto on luonteeltaan suuren variaation, mutta pienen tuotantomäärän tuotantoa. Tästä tavasta on hyötyjä ja haittoja valmistavalle yritykselle. Brandon-Jones ja Slack (2019) kertovat, että suurimpana hyötynä on tuotteen laaja muokattavuus, jonka takia asiakas saa juuri sille räätälöidyn tuotteen. Tämä tarkoittaa, että tuote tavoittaa suuremman asiakaskunnan, koska tuotteita voidaan valmistaa kohdistettuna useaan eri käyttötarkoitukseen. (Brandon-Jones & Slack 2019, s. 184) Stevenson (2018, s. 247) yhtyy huomauttamalla markkinoinnin laajemmista mahdollisuuksista tuotteiden muokattavuuden takia. Projektituotanto on yleensä asiakasohjautuvaa, jolloin tuotteiden varastointi ei ole tarpeellista, mikä on halvempaa yritykselle (Martinsuo & et al. 2016, s. 115). Näiden lisäksi Adithanin (2007, s. 51–52) mukaan työkalut ovat halvempia, sillä korkean variaation takia tarvitaan yleiskäyttöisempiä työkaluja, eli kiinteät kustannukset ovat matalampia.

Vastaavasti haittoja sisältyy projektituotantoon paljon. Hintojen arviointi on haastavaa tuotannon useiden eri muuttuvien tekijöiden takia, mikä vaikuttaa myös tuotteiden korkeaan hintaan. Tuotanto täytyy olla kunnolla suunniteltuna, esimerkiksi materiaalien toimitusketjujen on oltava kunnossa ja luotettavia. Käytettävä työvoima pitää olla osaavaa, sillä työntekijä joutuu tekemään useita erilaisia sekä haastavia tuotteeseen liittyviä töitä, jolloin dokumentaatio ja työohjeet ovat vaadittuja. (Stevenson 2018, s. 247) Adithan (2007, s. 51–52) listaa ongelmiksi myös raakamateriaalien suuren varastoinnin, ennustettavuuden mahdottomuuden ja käsityön sekä manuaalisen siirtämisen tarpeet.

Projektituotanto on myös haastavin tuotannon muoto johtaa, minkä takia se vaatii erilaista johtamista verrattuna muihin muotoihin. Projekteissa on myös riskinä sen epäonnistuminen, joka voi johtaa koko projektin alasajoon, vaikka siihen on laitettu jo huomattava määrä rahaa. Projekteihin sisältyy aina valtava määrä suunnittelua, jossa täytyy ottaa huomioon kaikki projektin yksityiskohdat onnistuakseen. (Stevenson 2018, s. 731)

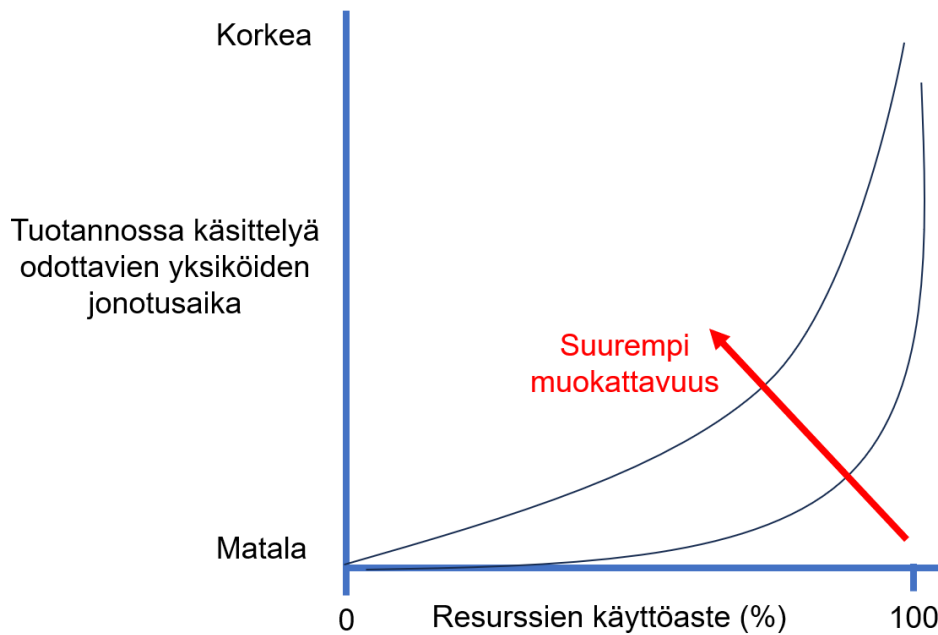
## 2.3 Tuotannonohjaus

Tuotannon suunnittelussa tärkeänä huomioon otettavana asiana on tuotannon toteutumisen seuranta ja ohjaus, joilla saadaan taattua asianmukainen tuotannon toiminta. Tärkeinä perusteina tälle on tuotannon taloudellinen ja ajallinen onnistuminen. Varmistaakseen näiden toteutumisen täytyy tuotannonsuunnittelussa ottaa huomioon informaatio- ja viestintäjärjestelmien organisointi. (Boncamper 1995, s. 119) Myös tuotannon kapasiteetin suunnittelu ja strategia sen käyttämiseen vaikuttavat liiketoiminnan onnistumiseen (Stevenson 2018, s. 189). Tämän lisäksi Brandon-Jonesin ja Slackin (2019, s. 31) mukaan tuotannonohjaus on välttämätöntä kaikentyyppiselle yritystoiminnalle aina tilauksesta valmiiseen tuotteeseen.

### 2.3.1 Resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus

Tuotanto voidaan karkeasti jakaa kahteen eri tyyppiin: resurssi- ja virtaustehokkaaseen. Resurssitehokkaassa tuotannossa keskitytään koneiden ja henkilöstön käyttöasteen maksimointiin. Tämäntyyppisessä tuotannossa saadaan maksimaalinen hyöty käytössä olevista resursseista, mutta tuotteiden läpimenoaika on korkeampi. Vastaisesti virtaustehokkaassa tuotannossa ei välttämättä saavuteta niin korkeita käyttöasteita resursseille, mutta tuotteiden läpimenoaika on huomattavasti matalampi. Virtaus- ja resurssitehokkuus ovat toisiinsa kytköksissä, sillä tuotanto ei voi olla 100 %:a molempia tai pelkästään toista. Tuotannonsuunnittelun tehtävänä on pyrkiä yritykselle optimaaliseen tehokkuuksien suhteeseen, jolloin saadaan paras hyöty tuotannolle. (Modig & Åhlström 2013, s. 99–116)

Korkean variaation tuotannossa on selkeästi suurempi ero resurssi- ja virtaustehokkuuden välillä, kun taas matalamman variaation tuotannossa ne ovat hyvin rinnakkain (Brandon-Jones & Slack 2019, s. 208) Tämä visualisoidaan kuvaajassa, jossa x-akseli on käyttöaste prosentti ja y-akseli on tuotannossa käsittelyä odottavien yksiköiden jonotusajat. Tämä kuvaaja on kuvassa 2.



**Kuva 2.** Resurssi- ja virtaustehokkuuden suhde (muokattu lähteestä Brandon-Jones & Slack 2019).

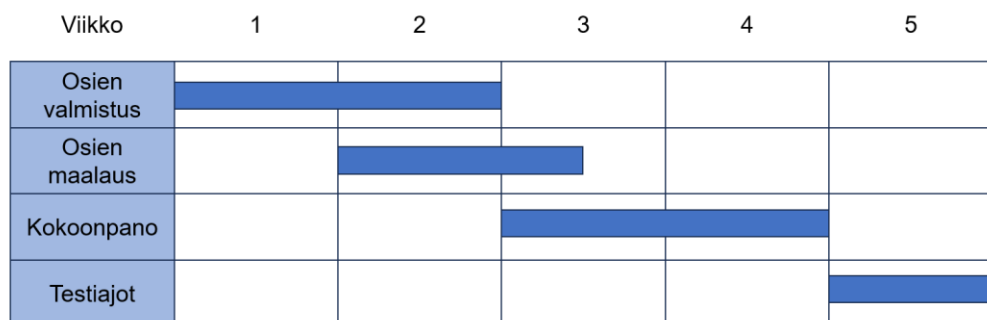
Yrityksen tuotannon suunnittelussa on hyvä ottaa huomioon yrityksen resurssien mahdollisuudet ja niiden rajoitteet. Resurssikeskeisyys ei ole välttämättä paras ratkaisu yrityksen tuotannolle, vaikka markkinoilla olisi tilaa. Yrityksen ei aina kannata keskittyä toiminnan kohteen kokonaisuuteen, jos sen resurssit eivät riitä siihen. Sen sijaan keskittymällä tiettyyn osaan kokonaisuudesta, voi yritys hyödyntää omia resurssejaan parhaalla tavalla. (Brandon-Jones & Slack 2019 s. 88–89) Esimerkiksi autokorjaamo voisi keskittyä vain tiettyyn automerkkiin, jolloin asiakassegmentti pienenee, mutta virtaustehokkuus nousee, sillä yritys tuntee kyseisen merkin korjaamisen parhaiten.

### 2.3.2 Aikataulutus

Yritystoiminnassa aikataulutus asettaa ajoituksen resurssien käytölle. Kaikki eri organisaatiot käyttävät aikataulutusta, kuten esimerkiksi teollisuudessa täytyy aikatauluttaa tuotanto, toimitusajat, työntekijät ja ostot. Tehokas aikataulutus hyödyntää yritystä taloudellisesti, vahvistaa tuotantoa ja parantaa asiakaskokemusta. (Stevenson 2018, s. 691) Onnistunut aikataulutus myös ehkäisee tuotannossa syntyvää kaaosta sekä parantaa tulevaisuuden ennakkointia (Proud & Deutsch 2021, s. 28–29).

Tuotannon aikataulutusta alkaa asiakkaan kanssa sovitusta toimitusajasta. Tuotantosuunnittelijan vastuulla on selvittää yrityksen kapasiteetti ja mahdollisuus toimitusaikaan pyrkimisessä. (Boncamper 1995, s. 78) Toimitusaika pitää olla realistinen, jotta yrityksellä on mahdollisuus saavuttaa asiakkaan vaatimukset (Proud & Deutsch 2021, s. 36). Pitkälle aikataulutettu yritystoiminta estää suurien yllätyksien ilmaantumisen sekä mahdollistaa tuotannon ennakoinnin. Myös vaihteleva kysyntä markkinoilla voidaan tasoittaa tuotannolle pitkän aikavälin aikataulutuksella. Tällä saadaan aikaiseksi paremmat mahdollisuudet suunnitella lyhyemmän ajan aikataulutusta, jolloin voidaan keskittyä tehokkuutta edistävään aikataulutukseen paremmin. (Proud & Deutsch 2021, s. 36–37)

Matalan määrän tuotannossa aikatauluttaminen on hankalampaa, sillä kysyntä on hankalampaa ennustaa, minkä takia tuotanto ei ole niin vakiintunutta. Tämän lisäksi tuotannon eri vaiheiden aikataulutusta on vaikeaa. Hyvänä työkaluna tähän on Gantt-kaavio, jota käytetään aikataulutuskaviona, jossa on tuotteen eri vaiheiden aikataulutusta. (Stevenson 2018, s. 695–698) Esimerkki aikataulukavioista kuvassa 3. Kaavion yläosassa on viikot ja vasemmalla puolella työn eri vaiheet.



**Kuva 3.** Gantt-kaavio aikataulutuksesta (Muokattu lähteestä Stevenson 2019).

Hyvä apu tuotannon aikatauluttamiseen on tutkia menneisyyttä: Miten tuotanto on onnistunut? Miten tilaukset ovat liikkuneet? Hoidettiin kaikki ongelmat resurssien liikkumisessa tehokkaasti? Miten alihankkijat ovat onnistuneet? Sekä useita muita seikkoja. (Proud & Deutsch 2021, s. 47–48) Aikataulutusta voi helpottaa tutkimalla eri rajoituksia kuten tuotannon pullonkauloja tai harkitsemalla isomman työn pilkkomista pienempiin osiin. Pullonkaulojen ja odotusaikojen tunnistamista helpottaa materiaalivirtojen ja työnkulun selvittäminen, layoutsuunnittelu ja työpisteitten suunnittelu. (Stevenson 2018, s. 712–713)

### 2.3.3 Kapasiteetti ja kuormitus

Tuotannon kapasiteetti voidaan jakaa kahteen eri määritelmään: suunniteltuun ja tehokkuuden kapasiteettiin, joista tehokkuuden kapasiteetissa on huomioitu työntekijöiden tauot ja huoltoajat. Tuotanto ei voi koskaan ylittää tehokkuuden kapasiteettia, mutta harvoin myöskään yltää siihen monien tekijöiden, kuten laiterikkojen takia. (Stevenson 2018, s. 192–193) Kapasiteetin hallinta on pitkällä aikavälillä tuotannon suunnittelua, keskittämällä tuotannon ennustamista ja lyhyellä aikavälillä työntekijöiden ja prosessien kuormitusten hallintaa (Brandon-Jones & Slack 2019, s. 356).

Tuotannon ohjaus vaatii sopivat järjestelmät tiedonkululle, jotta tuotannon kuormitus sekä tieto tuotannon tapahtumista kulkeutuu eteenpäin ja niihin kyetään reagoimaan (Boncamper 1995, s.120–122). Brandon-Jones ja Slack (2019, s. 486) jatkavat, että ohjaus ja kontrollointi vaatii järjestelmät tuotannon aikataulutuksesta, kuormituksesta, seuraamisesta ja järjestyksestä.

Tuotannon kapasiteetin hallitsemisen avaimena on joustavuus, jonka avulla voidaan reagoida muutoksiin tuotannossa ilman, että kapasiteettia ylitetään. Myös tehokkuuden kehittäminen, kuormituksen kasvattaminen ja pullonkaulojen poistaminen kehittävät tuotannon kapasiteettia merkittävästi. (Stevenson 2018, s. 211) Näiden lisäksi tapa kehittää ja tehostaa tuotantoa on layout suunnittelu, jossa sijoitetaan eri koneet ja työpisteet tehtaaseen tavoitteena tehokas materiaalivirta. Layoutit voidaan jakaa neljään eri perustyyppiin: Kiinteän asettelun layout, jossa tuote on paikallaan ja resurssit toimivat sen ympärillä. Funktionaalinen layout, jossa saman tyypin laitteet ja työpisteet sijoitetaan keskenään. Solu-layout, jossa laiteryhmät ja työntekijät yhdessä yksikössä suorittavat koko tuotteen tai osan valmistuksen. Linja-layout, jossa tuotteet kulkevat linjastolla työvaiheiden välillä. (Brandon-Jones & Slack 2019, s. 214–215)

Tuotannon kuormituksen tasaamiseksi on selvitettävä työpisteen tai koneen tuotantokapasiteetti tietylle tuotteelle. Tämä edesauttaa ennakkointia ja mahdollistaa tuotantomäärien jakamisen eri koneille ja ajanjaksoille, jotta tuotannon kapasiteetti ei ylity missään vaiheessa. (Proud & Deutsch 2021 s. 378–380) Tätä kutsutaan syötön eli tarpeen ja ulostulon eli kapasiteetin kontrolloinniksi, jolla seurataan ja ohjataan tuotannon ulostuloa siten, että syötön määrä ei ylitä työpisteen mahdollista ulostuloa (Stevenson 2018, s. 698).

## 3. LEAN

Toisen maailmansodan jälkeen Japanissa vallitsi suuri resurssipula, sekä valtion voimavarat tuotantoon olivat heikot. Tämän takia Toyotan täytyi keksiä keinoja ylläpitää kannattavaa tuotantoa, jossa niukat resurssit eivät menisi haaskuun. (Modig & Åhlström 2013, s. 69–71) Tavoitteena oli poistaa kaikki arvoa lisäämätön toiminta tuotannosta, ja keskittyä arvoa lisääviin toimintoihin. Tätä ajatusmallia kutsuttiin Toyota Production Systemiksi (TPS). (Elbert 2013, luku 1) Termi lean syntyi vasta 1988, kun ensimmäinen länsimainen julkaisu TPS:stä tehtiin nimityksellä ”lean production” (Modig & Åhlström 2013, s. 78).

Nykyään Lean on suorastaan räjähtänyt länsimaissa ja siitä on julkaistu valtava määrä kirjallisuutta sekä sitä sovelletaan lähes kaikkeen (Modig & Åhlström 2013, s. 84). Kuitenkin Elbertin (2013, luku 1) mukaan suurin osa länsimaisista yrityksistä ei osaa käyttää leania oikein, sillä lean usein nähdään enemmänkin vain työkaluna, vaikka se on pohjimmiltaan kokonainen tuotannon filosofia. Leaniin syventyminen voidaan aloittaa tarkastelemalla sen kehityskohteita, eli hukkia.

### 3.1 7+1 hukkaa

Tuotannon hukkaan keskittyminen ja sen poistaminen on leanin tärkein tehtävä (Stevenson 2018, s. 610–611). Tämä tarkoittaa, että leanissa tuottavuuden parantaminen ei ole työtahdin lisäämiseen keskittymistä vaan erilaisten hukkien poistamista. Käytännössä hukkaa on kaikki tuotannon tapahtumat, joissa tehdään arvoa lisäämätöntä ja turhaa työtä. (Kouri 2010, s. 10) Tämän pohjalta on todettu hukan 7+1 eri muotoa tuotannossa.

#### **Ylituotanto**

Tätä pidetään kaikkein vahingollisimpana tuotannon hukkana. Siinä valmistetaan tuotetta enemmän kuin asiakkailta on tilauksia, mikä tarkoittaa ylityöllistämistä, varaston kasvamista ja tehtaan pinta-alan tuhlaamista varastointiin (Elbert 2013, luku 2). Samalla suuret varastot piilottavat sisäänsä muita ongelmia ja vaikeuttavat niiden havaitsemista (Kouri 2010, s. 10).

#### **Odottelu ja viivästykset**

Kaikki aika jota tuotteet, työkonet tai työntekijät odottavat ilman toimintaa on hukkaa, joka ei tuo arvoa asiakkaalle. Tämä voi aiheutua esimerkiksi pullonkauloista, laitehäiriöistä ja materiaalipuutteista. (Elbert 2013 luku 2; Kouri 2010, s. 10)

## **Tarpeeton kuljettaminen**

Kaikki tuotteiden turha kuljettaminen varastoihin ja työpisteiden välillä nostaa kustannuksia (Elbert 2013, luku 2). Stevenson (2018, s. 613) toteaa, että tämän lisäksi keskeneräisen tuotannon määrä kasvaa. Tämä ei Kourin (2010, s. 10) mukaan tuo asiakkaalle arvoa ja siksi on vältettävä.

## **Laatuvirheet**

Materiaalia ja tuotannon kapasiteettia menee hukkaan, kun laatuvirheelliset tuotteet poistetaan tuotannosta, joka johtaa myös asiakastytymättömyyteen. Laatuvirheiden ulkopuolista tarkasteluakin voidaan pitää hukkana, jolloin työntekijöiden kouluttaminen laadun tarkasteluun työn ohessa onkin yksi leanin tavoitteista. Tällä estetään laatuvirheellisten tuotteiden turha käsittely. (Elbert 2013, luku 2; Kouri 2010, s. 10)

## **Tarpeettomat varastot**

Tuotteiden turha varastointi lisää kustannuksia, piilottaa ongelmia ja pidentää läpimenoaikaa (Kouri 2010, s. 11). Tämän lisäksi pitkään varastossa odottavat tuotteet voivat hajota ja on poistettava tuotannosta, mikä lisää kustannuksia. Tuotannon virtaustehokkuutta ei kyetä tutkimaan tarpeeksi hyvin, mikäli korkeat varastot puskuroivat toimitusta. (Elbert 2013, luku 2)

## **Vääränlainen käsittely ja ylikäsittely**

Vääränlaista käsittelyä on, kun tuotteeseen tulee vika tuotteen toiminnallisuudelle merkityksettömän käsittelyn seurauksena. Ylikäsittelyssä taas valmistetaan tuotetta tarpeettomilla lisäominaisuuksilla, jotka asiakas näkee turhina. (Elbert 2013 luku 2; Kouri 2010, s. 11)

## **Tarpeeton liike työnteossa**

Jos työhön tehty liike ei tuo tuotteelle lisäarvoa, niin se on asiakasnäkökulmasta hukkaa (Kouri 2010, s. 11). Tätä on esimerkiksi: kurkottaminen, kävely, etsiminen, tarpeeton paperien lukeminen ja ergonomisesti huonot liikkeet (Elbert 2013, luku 2).

## **Työntekijöiden luovuuden käyttämättömyys**

Tämä kahdeksas hukka on lisätty vasta myöhemmin TPS:n alkuperäiseen 7 hukkaan. Työntekijä tuntee työnsä parhaiten, ja on hyvä ottaa kehittämistyöhön mukaan. Työntekijän huomioimatta jättäminen on suuri potentiaalinen menetys, sillä johtajat ja insinöörit eivät ole ainoita, joilla on kehitysideoita tuotannolle. (Elbert 2013, luku 2; Kouri 2010, s. 11)

Hukkaa ei kuitenkaan kannata ajatella toisistaan erillisinä, vaan useimmiten yksi hukka johtaa luonnollisesti toiseen, kuten esimerkiksi ylituotanto johtaa varastoinnin kasvamiinseen (Rizzardo 2020, s. 30). Stevenson (2018, s. 614) jatkaa, että hukkien havaitseminen tuotannossa kertoo, että kehitystyötä on vielä mahdollisuus jatkaa. Kaiken kehitystyön tavoitteena kuitenkin on poistaa tuotannon hukkaa (Kouri 2010, s. 11).

### 3.2 Lean-periaatteet

Lean toimii usealla eri abstraktiotasolla yrityksen johdosta aina tuotantoon saakka. Onnistunut lean vaatii kaikkien eri abstraktiotasojen sisäistämistä, eikä pelkästään työkaluihin keskittymistä. Kaikki alkaa korkeimmalta tasolta eli arvoista, filosofiasta, periaatteista ja kulttuurista. Keskitasolla on järjestelmällisyys esimerkiksi tuotannon ja laadun kannalta, ja matalimmalla tasolla ovat työkalut sekä menetelmät. (Modig & Åhlström 2013, s. 88–90)

Leanin pääperiaatteet eroavat toisistaan Toyotan ja länsimaiden kesken. Toyotalla pääperiaatteina pidetään asiakasarvoa, just-in-timea (JIT) ja jidokaa (Modig & Åhlström 2013, s. 130–132). Länsimaisessa kirjallisuudessa taas luetellaan viisi pääperiaatetta:

1. Asiakkaan arvon määrittäminen
2. Arvoketjujen tunnistaminen
3. Tuotannon virtaus
4. Imuohjaus
5. Täydellisyyteen pyrkiminen (Stevenson 2018, s. 610).

Periaatteet ovat silti hyvin rinnakkaisia, koska imuohjaus pohjautuu JIT:iin ja asiakasarvo on molemmille tärkeää. Ainoana suurena erona Toyotalla on jidokan merkitys länsimaiseen kirjallisuuteen verrattuna.

#### **Asiakasarvo ja sen määrittäminen**

Korkeimmalla tasolla on yrityksen arvot, joista tärkein on asiakaskeskeisyys. Tämä tarkoittaa, että asiakkaan toiveet ja tyytyväisyys ovat kaiken yläpuolella. Tyytyväinen asiakas on tärkein tavoite ja vain se nostaa yrityksen arvoa. (Modig & Åhlström 2013, s. 130–131) Tuotteen tai palvelun arvo määritellään asiakasnäkökulmasta ja mietitään, mistä asiakas on valmis maksamaan (Kouri 2010, s. 8).

Yrityksen jokaisen työntekijän pitää myös omata yrityksen arvot, joista työntekijät voivat hakea osviittaa eri tilanteissa (Modig & Åhlström 2013, s. 130–131). Myös Elbertin (2013,

luku 2) mukaan yhteiset käsitykset asioista antavat hyötyjä pitkällä ajalla. Määrittelemällä arvot, voidaan ohjata yrityksen kehitystoimia oikeisiin asioihin (Kouri 2010, s. 8).

### **Arvoketjujen tunnistaminen**

Yrityksen arvoketjut tunnistetaan, jotta voidaan määrittää vaiheet ja prosessit, joissa asiakkaalle merkittävä tuotteen arvo muodostuu. Tämän lisäksi yritetään poistaa tuotannosta kaikki arvoa lisäämättömät prosessit sekä arvoa lisääviä prosesseja tehostetaan. (Kouri 2010, s. 8) Womack ja Jones (2003, s. 20) jakavat arvoketjun toiminnot kolmeen eri tyyppiin:

1. arvoa lisäävät toiminnot
2. arvoa lisäämättömät, mutta välttämättömät toiminnot
3. arvoa lisäämättömät toiminnot.

Juuri tyyppin kolme toimintoja pitäisi poistaa tuotannosta välittömästi (Womack & Jones 2003, s. 20). Tyyppin kaksi toiminto on silti hukkaa, vaikka se on välttämätöntä tuotannolle (Rizzardo 2020, s. 30). Esimerkiksi koneiden vuosihuollot ovat tämän tyyppistä toimintaa.

Jos yritysten pitäisi listata asiakkaan laskuun kaikki eri toiminnot ja vaiheet hintoineen, niin asiakas huomaisi nopeasti monta eri kohtaa, joista se ei halua maksaa. Tästä voidaan päätellä, että jos asiakas maksaa aina kaiken arvoa lisäämättömänkin toiminnan, niin pian asiakas hakee tuotteensa jostain muualta. (Rizzardo 2020, s. 28)

### **Tuotannon virtautus**

Leanissa tuotannon kehittäminen vaatii tuotannon virtauttamista, joka tarkoittaa toistuvien pienerien tuotantoa tilauskannan tai varastotarpeen mukaan (Kouri 2010, s. 22). Tuotanto toimii parhaillaan, kun tehdas on järjestetty mahdollisimman paljon arvovirtoja noudattaen (Elbert 2013, luku 3). Tuotannon virtautuksen kehittäminen tuo helposti esille tuotannon ongelmakohtat, kuten konehäiriöt ja laatuongelmat. Tämän takia on pakko kehittää tuotannon luotettavuutta, korjata laatuhäiriöitä sekä tehdä prosessista suunnitelmallisempi. Virtautuksella saavutetaan lyhyempiä toimitusaikoja, varastopääoman pienenemistä, kehittyntä laatua ja tuottavuuden kasvua. (Kouri 2010, s. 20–21)

### **Imuohjaus ja JIT**

Imuohjauksessa tuotteita ja osia valmistetaan vain tarpeen ja kulutuksen mukaan, sekä varastoon valmistamista pyritään vähentämään (Kouri 2010, s. 9). Toisen maailmansodan jälkeen Toyotalla ei ollut varaa virheinvestointeihin, joten tuotantoa tehtiin vain tilauksien mukaan eli imuohjatusti. Tämän periaatteen pohjalta opeteltiin tuntemaan asiakkaat ja keskityttiin kolmeen kysymykseen, joiden perusteella tuotantoa ohjataan:

1. Mitä asiakas haluaa?
2. Milloin asiakas haluaa tuotteen?
3. Minkä kokoisia määriä asiakas haluaa?

Näiden kysymysten pohjalta kyettiin luomaan imuohjausta, jossa tieto kulkee vastavirtaan tuotantoprosessissa. Tällöin jokainen tuotannon osa tietää mitä, milloin ja kuinka paljon mitäkin tarvitaan. (Modig & Åhlström 2013, s. 72–74)

Imuohjauksen äärimmäinen tavoite on JIT, jossa kaikki valmistettaisiin juuri ajallaan, eikä missään vaiheessa tuotantoa olisi välivarastoja. Tämä johtaisi valtavaan rahan säästöön, sillä ei tarvittaisi varastoja ja niissä ei olisi kiinni yrityksen pääomaa. (Elbert 2013, luku 3) Täydellinen JIT on sitä, kun tuote on koko ajan liikkeessä tuotannossa ja asiakas saa juuri sitä mitä se haluaa, silloin kun haluaa ja niin paljon kun haluaa (Modig & Åhlström 2013, s. 132).

### **Jidoka**

Jidoka perustuu tuotannon läpinäkyvyyteen sen kaikille osa-alueille. Sen mukaan koko organisaation pitäisi olla perillä tuotannon eri osista, jotta yhteistyö kehittyy ja osataan reagoida häiriötilanteisiin. Täten tuotanto pitäisi visualisoida kaikille sen osille, jotta jokainen työntekijä tuotannossa ymmärtäisivät kokonaiskuvan. (Modig & Åhlström 2013, s. 133–134) Jidokan yksi osa on myös koneautomaatio, jolloin kone osaa pysäyttää toimintansa havaitessaan laatuviian tuotteessa (Stevenson 2018, s. 611).

### **Täydellisyyteen pyrkiminen**

Yrityksen tuotantoa ja prosesseja kehitetään jatkuvasti poistamalla hukkaa ja tehostamalla tuotantoa (Kouri 2010, s. 9). Tämä käytännössä tarkoittaa, että aloitetaan alusta ja yllä mainitut asiat tehdään uudestaan niin monta kertaa, kunnes tuotannossa ei ole enää hukkaa (Modig & Åhlström 2013, s. 80).

Jatkuva parantaminen ja täydellisyyden tavoittelu kuitenkin alkaa työntekijöistä, jolloin lähtökohtana toiminnan kehittämisessä on työympäristön työturvallisuuden takaaminen. Työturvallisuuden ja ergonomian kehittäminen parantaa työmotivaatiota ja edistää työssä jaksamista. Turvallisessa ja ergonomisessa työympäristössä tapahtuu vähemmän työtapaturmia, jotka ovat yrityksen tuotannolle hukkaa. (Kouri 2010, s. 12–13)

Näiden lisäksi hyväksikäyttämällä työntekijöiden taitoja, sekä tekemällä tiimejä, jotka kehittävät itse itseään on tärkeä tavoite yritykselle (Elbert 2013, luku 2). Leania ei saa aikaiseksi vain siirtymällä tiimityöorganisaatioon, vaan jokaisen työntekijän tiimissä täytyy ymmärtää lean ja toimia sen periaatteiden mukaisesti. Hyvä tiimityö edistää työntekijöiden motivaatiota, työn laatua, oppimista ja työnteon mielekkyyttä. (Kouri 2010, s. 32–33)

### 3.3 Lean-työkalut ja -menetelmät

Alimmalla abstraktiotasolla ovat työkalut ja menetelmät, joita käytetään periaatteiden ja toimintastrategian saavuttamiseen. Täytyy kuitenkin ymmärtää, että työkalut ja menetelmät eivät ole toimivia, jos periaatteet ja arvot eivät ole leanin mukaisia yrityksen kulttuurissa. Kaikki työkalut eivät myöskään toimi kaikkialla ainakaan itsenään, jolloin yrityksen täytyy muokata niitä itselleen sopiviksi. (Modig & Åhlström 2013, s. 133–146)

#### 3.3.1 Tuotannon kehittäminen

Tuotannon kehityksen yksi työkalu on arvovirtakuvaus (engl. Value stream map, VSM), jolla koko tehtaan arvovirtaukset visualisoidaan. Tämä helpottaa löytämään hukkia ja ongelmakohtia tuotannosta. (Elbert 2013, luku 5) Jokainen prosessin vaihe on kuvattuna VSM:ssä, joka lisää läpinäkyvyyttä prosessiin ja antaa selvän kuvan koko arvoketjusta. VSM voi myös paljastaa prosessin vaiheiden välissä syntyvää hukkaa. (Rizzardo 2020, s. 84–86) VSM on erityisen hyödyllinen, kun se tehdään nykytilanteessa ja tulevaisuudessa, minkä jälkeen niitä vertaillaan keskenään ja saadaan selville, paljonko uusi arvovirtakuvaus on tehostanut tuotantoa (Elbert 2013, luku 5).

Tuotannon tasoituksella saadaan aikaiseksi tasapainoa, jossa jokainen osa tuotannosta on yhtä kiireinen, kuin muutkin osat (Elbert 2013, luku 2). Käytännössä tuotannon tasoitus tarkoittaa pienerätuotantoon siirtymistä, mikä vaatii tuotannolta nopeat asetusajat ja pienet asetuskustannukset (Kouri 2010, s. 18).

Imuohjauksen kehittämiseen on luotu visuaalinen työkalu kanban, joka on varastojen tehokasta kontrollointia. Onnistuneesti käyttöön otettu kanban suorastaan toimii itsenäisesti, mutta ympäristön muuttuessa kanban muuttuu käyttökelvottomaksi, ellei sitä muokata siihen. (Rizzardo 2020, s. 90–92) Kanbanit ovat kortteja, jotka toimivat herätteinä uuden valmistuksen aloittamiselle. Ne sisältävät tuotteen nimen sekä tuotemäärän ja ovat esimerkiksi laatikoiden kyljessä. Näitä voidaan esimerkiksi käyttää kaksilaatikkojärjestelmänä, jossa varastosta haetaan täysi laatikko nykyisen tyhjennettyä ja palautetaan tyhjä laatikko varastoon, joka täydennetään uudestaan. (Elbert 2013, luku 5)

Suurin tuotannon kehityksen osa on kaizen. Japanin kielessä sana kaizen tarkoittaa jatkuvaa kehitystä ja lisääntyvää muutosta. Yleensä yrityksissä tätä käytetään väärin, sillä kehitystyötä tekevät pääosin johtajat ja esimiehet, vaikka kehitystyössä pitäisi olla kaikki mukana tuotannon työntekijöistä johtajiin. (Ortiz 2009, luku 1) Kehitystoimintaa tehdään pienryhmissä, joissa perehdytään esimerkiksi virtautuksen tehostamisesta esiintyviin ongelmiin ja suunnitellaan sekä toteutetaan ratkaisuja niihin (Kouri 2010, s. 14).

Kaizenia käytännössä on Plan-Do-Check-Act (PDCA) sykli, jossa:

1. (Plan) Suunnitellaan parannustoimenpide.
2. (Do) Suoritetaan muutos.
3. (Check) Tarkastellaan muutoksen vaikutuksia.
4. (Act) Toteutetaan onnistuneet toimintatavat. (Kouri 2010, s. 15; Elbert 2013, luku 7)

Kaizenin tärkeys leanissa on merkittävä. Tämä tulee ilmi tapauksesta, jossa eräs eurooppalainen teollisuusyritys oli kutsunut Ooba-sanin, eli yhden TPS:n perustajista vierailulle. Vierailun tarkoituksena oli tiedustella Ooba-sanilta, että oliko yritys niin lean kuin on mahdollista. Tehdaskierroksen aikana yrityksen edustajat näyttivät ja yljeilivät Ooba-sanille kaikkia leanin työkaluja ja järjestelmiä, joita oli otettu käyttöön tehtaassa ja toimitoissa. Lopulta päivän päätteeksi yrityksen edustajat yrittivät kiihkeästi tiedustella Ooba-sanilta, että oliko yritys huippuluokan lean. Tähän Ooba-san oli vain vastannut, että ”Sitä on mahdotonta sanoa. En ollut täällä eilen.” (Modig & Åhlström 2013, s. 148–149)

### 3.3.2 Laadun kehittäminen

Lean-toimintaympäristössä laadunvarmistus on jokaisen vastuulla aina työntekijästä johtajiin. Mikäli työntekijä ilmoittaa välittömästi laatuongelmista esimiehelle, niin laatuongelman juurisyys saadaan selvitettyä nopeasti ja virheellisiä kappaleita ei valmisteta enempää. (Kouri 2010, s. 24) Tähän hyvä työkalu on kysyä 5 kertaa miksi. Tästä esimerkkitapaus, kun kaksi osaa ei mene yhteen:

1. Miksi osat eivät mene yhteen? Osien kiinnikkeet eivät kohtaa.
2. Miksi eivät kohtaa? Osan 2 kolo ei ole kohdallaan.
3. Miksi osan 2 kolo ei ole kohdallaan? Valmistuksessa tuli virhe.
4. Miksi valmistuksessa tuli virhe? Piirustuksissa oli suunnitteluvirhe.
5. Miksi piirustuksessa oli suunnitteluvirhe? Insinööri oli tehnyt laskuvirheen. (Ebert 2013, luku 2)

Näin ongelman syy selvisikin olevan jo suunnitteluvaiheessa, eikä tuotannossa. Kourin (2010, s. 30) mukaan kyseessä siis on systemaattista ongelmanratkaisua, jossa keskitytään ongelmien juurisyihin, eikä juurisyistä aiheutuneiden ongelmien ratkaisemiseen.

Toinen laatua parantava työkalu on standardisointi, jossa kaikki työntekijät tekevät työn samalla tavalla. Ilman standardisointia on haastavaa määritellä kehitysten vaikutusta prosesseihin, jonka lisäksi toimitusajat ja laatu vaihtelevat asiakkaalle. (Rizzardo 2020,

s. 37–40) Standardisoinnilla saadaan kehitettyä työn ergonomiaa, laatua, tiedonkulkua ja tuottavuutta. Se ei kuitenkaan tarkoita, että työntekijät eivät voi oma-aloitteisesti tehdä parannusehdotuksia. (Kouri 2010, s. 16) Lisäksi Elbertin (2013, luku 6) mukaan on otettava huomioon, että standardisointi ottaa oman aikansa asettuakseen eikä tuloksia välttämättä tule vielä ensimmäisen viikon aikana käyttöönotosta. Standardisointia on esimerkiksi työhjeet, joita kaikki työntekijät seuraavat. Siinä määritellään kaikki työvaiheet ja toimintatavat. Työhjeiden täytyy olla selkeitä, havainnollisia ja yksiselitteisiä, jotta työntekijöiden on helppo seurata niitä. (Kouri 2010, s. 17)

Seuraava työkalu on ehkä leanin tunnetuin ja käytetyin työkalu eli 5S, joka on monivaiheinen prosessi työpisteiden ja organisaation suunnittelussa (Rizzardo 2020, s. 86). 5S:n viisi askelta ovat

1. seiri (lajittele)
2. seiton (järjestä)
3. seiso (puhdistista)
4. seiketsu (standardisoi)
5. shitsuke (ylläpidä).

Seiri on työkalujen ja materiaalien järjestämistä työpisteelle niiden tarpeellisuuden mukaan. Tästä jatkaa seiton, jossa työkaluille vakioidaan ja merkitään omat paikat. Seiso taas on työkalujen, työpisteiden ja työkonien siivoamista ja puhdistamista. Näiden jälkeen alkaa seiketsu, jossa vakiinnutetaan kolmen ensimmäisen S:n ylläpitäminen rutiniinomaiseksi. Viimeisenä on shitsuke, joka on edellä mainittujen asioiden systemaattista ylläpitoa. Näitä seuraamalla työntekijä saavuttaa 5S:n ja parantaa työturvallisuutta, tuottavuutta, mielekkyyttä ja seurantaa. (Elbert 2013, luku 3; Kouri 2010, s. 26–27)

### 3.4 Leanin toteutus projektituotannossa

Kappaleessa 3.3 käsiteltiin sitä, miten Toyotan itselleen kehittämät leanin työkalut eivät välttämättä sovi kaikille yrityksille sellaisenaan. Tähän Irani (2020, s. 26) toteaa, että Toyotan toiminta on korkean määrän ja matalan variaation massatuotantoa, joka on päinvastainen yksittäistuotannosta. Korkean variaation ja matalan määrän tuotannolle tyypillisin layout on funktionaalinen layout ja projektituotannolle yleistä on myös kiinteän asettelun layout (Irani 2020, s. 29; Stevenson 2018, s. 262). Nämä ovat jo valmiiksi leania vastaan, sillä kaoottiset materiaalivirrat ja pitkät välimatkat yleisesti jo aiheuttavat tuotannolle hukkaa, joita ovat: keskeneräisen tuotannon määrä, jonot, kuljetus, ylituotanto

ja työntekijöiden liike. Toinen ero Toyotan tuotantoon on aikataulutus, koska tuotteet eivät valmistu sisäänottojärjestyksessä (engl. First In First Out, FIFO), vaan yrityksen resurssien suunnittelun perusteella (engl. Enterprise Resource Planning, ERP). (Irani 2020, s. 29–34)

Kuten aiemmin ilmeni, Irani (2020 s. 36) toteaa, että kaikki leanin työkalut eivät sovellu korkean variaation ja matalan määrän tuotannolle, mutta osa työkaluista taas ovat hyvin sovellettavissa. Nämä ovat listattuna taulukossa 1, jossa vasemmalla puolella on yleisesti toimivat ja oikealla puolella todennäköisesti tehottomat työkalut.

Työkalut, jotka toimivat yleisesti projektituotannossa	Työkalut, jotka todennäköisesti eivät toimi projektituotannossa
Strateginen suunnittelu	VSM
Porrastettu johtaminen	Linjastojen tasapainottaminen
Työntekijän osallistuminen	Yksiosainen virtaussolu
5S	Tuotekohtaiset kanbanit
Jatkuva huolto ja ylläpito	FIFO aikataulutus
Asetusten vähentäminen (engl. Setup reduction, SMED)	Varaston supermarketti
Virhevarmuus (Poka-Yoke)	Työjärjestyksen julkaisu perustuen jakoon
Jatkuva laadunvarmistus	Tuotanto perustuen tasaiseen kuormitukseen
Havaintojärjestelmät	Muokatun mallin valmistus määräajassa
Tuotannon standardisointi	Jokaisen tuotteen suunnittelu (engl. Plan For Every Product, PFEP)
Yksitoimilaitteet (joustamattomat)	
Jidoka	
Oikean kokoiset laitteet	
Standardisoitu työ	

**Taulukko 1.** Leanin eri työkalujen toimivuus projektituotannossa (Muokattu lähteestä Irani 2020).

Työkalujen lisäksi leanin periaatteita ei voida soveltaa sellaisenaan, vaan ne täytyy muokata yksittäistuotannon tyyliselle tuotannolle. Näin saadaan tavat toteuttaa leanin periaatteet projektituotannolle:

#### **Arvon määrittäminen**

Jaa yrityksen tuotteet kolmeen eri segmenttiin:

1. Jatkuvat eli yleisimmät ja standardisoiduimmat.
2. Toistuvat eli usein tilattuja, mutta harvemmin kuin jatkuvat.
3. tuntemattomat eli harvoin tilatut ja haastavat.

Tutkimalla jatkuvia ja toistuvia tuotteita ja käyttämällä tuotannon virtausanalyysiä (engl. Production Flow Analysis, PFA) kyetään ryhmittämään samanlaisia reittejä kulkevat tuotteet tuoteperheiksi. Jokainen tuoteperhe vastaa arvovirtausta. (Irani 2020, s. 37)

### **Arvoketjujen tunnistaminen**

Kuten ylempänä on todettu, niin VSM ei toimi tämäntyyppisessä tuotannossa, joten sitä ei käytetä. Mahdollisesti VSM voisi toimia, mikäli saman tuoteperheen tuotteet kulkevat samaa ketjua, jota kuvattaisiin yksittäisellä VSM:llä. Tämän jälkeen arvoverkko kuvauksella (engl. Value Network Map, VNM) voitaisiin kuvata samanaikaisesti kaikki tuotannon VSM:t. Tätäkin suositellaan vain, jos tehdas valmistaa kaikki valmiin tuotteen osat. (Irani 2020, s. 37–38)

### **Tuotannon virtautus**

Paras tapa kehittää virtautettu tuotanto korkean variaation tuotannolle on lanseerata tehtaaseen solu-layout, jossa useat solut ovat keskittyneet tiettyyn osaan tai osaperheeseen. Solu-layoutissa työkalut ja työntekijät ovat lähellä tuotetta ja hukkaa ei synny ylimääräiseen liikkumiseen ja siirtelyyn niin paljoa. Myös leanin työkaluja, kuten 5S, standardisointi, yksitoimilaitteet ja asetusten vähentäminen on helpompaa hyödyntää. (Irani 2020, s. 38)

### **Imuohjaus**

Korkean variaation tuotannolla ei ole vakiinnutettua tuotantoaikaa, koska tuotteet, joita valmistetaan saattaa vaihtua päivittäin ja tuotantoajat sisältävät useampia muuttujia. Yleisesti tämäntyyppisellä tuotannolla on jo valmiiksi taipumus valmistaa tilausten mukaan, joka on jo imuohjattua. Kuitenkin esimerkiksi kapasiteetti- ja kuormitussuunnitelulla voidaan edistää imuohjauksen tehokkuutta. (Irani 2020, s. 38–39)

### **Täydellisyyteen pyrkiminen**

Tunnistamalla tuoteperheet, hyödyntämällä niiden segmenttejä ja käyttämällä solu-layouttia, nousee esiin uusia haasteita, joita ratkomalla lähestytään enemmän leania tuotantoa. Näiden lisäksi täytyy ottaa huomioon myös leanin kulttuuri, jossa työntekijät ovat motivoituneita opettelemaan solun kaikkien laitteiden käyttöä ja korkeammalla olevat johtajat sallivat solun esimiehen itsenäisyyden. (Irani 2020, s. 39)

Solu-layout ei ole kuitenkaan välttämätöntä onnistuneeseen leanin käyttöönottoon korkean variaation tuotannossa. Vaihtoehtoisesti on olemassa hybridi-layout, joka hyväksikäyttää solu-layoutin virtauttamista ja funktionaalisen layoutin joustavuutta. Tässä solujen ulkopuolella on niiden jakamia laitteita ja työpisteitä, joita käytetään tarvittaessa. Yrityksen täytyy itse selvittää, mikä layout toimii niille parhaiten. (Irani 2020, s. 108–115)

## 4. TYÖTURVALLISUUS

Nykyään koneiden ja automaation osuus työpaikoilla on suuri ja tuotantomäärät ovat kasvaneet huomattavasti verrattuna menneisyyteen. Vastapainona tämä on nostanut työpaikkojen turvallisuus- ja tapaturmariskejä. (Kjellén 2000, s. 3) Tapaturman sattuessa sitä ei saa enää tekemättömäksi, mutta siitä voi aina oppia (Sharman 2016, s. 9). Kaikissa yrityksissä turvallisen työpaikan rakentaminen perustuu tietoisuuteen turvallisuusongelmista. Ymmärrys siitä, miten työturvallisuus liittyy yrityksen liiketoimintaan, on jatkuva prosessi, jonka pitäisi olla osana kaikissa toiminnallisissa päätöksissä. (Smith 2014, luku 1) Antonsen (2009, s. 2) lisää, että turvallisuuskulttuuri työpaikalla on merkittävä tekijä työturvallisuudelle. Sharman (2016, s. 150–154) yhtyy toteamalla, että työturvallisuus täytyy sisäistää jatkuvana turvallisuuden kehittämisenä työympäristössä, eikä vain reagoivana työkaluna tapaturman sattuessa.

### 4.1 Työturvallisuuden kulttuuri

Yrityksen kulttuuri on työntekijöiden ja työnantajien yhteisiä näkemyksiä asioista ja toimienpiteistä liiketoiminnan tavoitteiden saavuttamisessa. Osana yrityksen kulttuuria on turvallisuuskulttuuri, jota pidetään tärkeänä konseptina, mutta sen liittäminen turvallisuushallintoihin ja -toimintaan tuottaa haasteita. (Sharman 2016, s. 23–25) Antonsen (2009, s. 1) toteaa, että terminä turvallisuuskulttuuri on toisaalta epämääräinen ja se sisältää useita eri määritelmiä. Tähän Sharman (2016, s. 25–26) väittää, että yleisimmin turvallisuuskulttuuri määritellään organisaation jäsenten yhteisenä asenteena, käytöksenä ja uskomuksena yrityksen työturvallisuutta kohtaan.

Työturvallisuuden kulttuurin merkitys nousi pinnalle vasta vuonna 1986, kun Chernobylin ydinreaktorin räjähtämisen perustana pidettiin huonoa turvallisuuskulttuuria (Antonsen 2009, s. 10). Nykyään työturvallisuuden perustana pidetäänkin turvallisuuden kulttuuria, joka voidaan jakaa kolmeen eri osaan (Sharman 2016, s. 26–27):

1. psykologiset tekijät: yksilöiden ja ryhmien asenteet, käsitykset ja arvot
2. käyttäytymiseen liittyvät tekijät: turvallisuuteen liittyvä toiminta ja käytös
3. tilannekohtaiset tekijät: käytännöt, menetelmät, yrityksen rakenteet, johtamisjärjestelmät, työkalut ja sopimukset.

Turvallisuuskulttuuri alkaa työnjohdosta, jolle työntekijöiden pitäisi olla arvokkaampia, kuin mitkään muut asiat yrityksessä. Uusien työntekijöiden kouluttaminen kuitenkin maksaa noin kolmasosan työntekijän vuosipalkasta. (Smith 2014, luku 2) Työturvallisuuslain (783/2002) 8–15 § mukaan työnantajalla on myös velvoite työntekijöiden turvallisuuden takaamisesta.

Yrityksen turvallisuuskulttuurin muuttaminen ei ole nopeaa tai helppoa (Antonsen 2009, s. 104). Tämä vaatii siihen vaikuttavien tekijöiden ymmärtämistä ja sisäistämistä. Näistä kymmenen tärkeintä ovat:

1. työnjohdon sitoutuminen
2. riskien tunnistaminen ja hallinta
3. turvallisuusjärjestelmät ja toiminnot
4. työn paine ja aikataulutus
5. työntekijän kouluttaminen ja osaaminen
6. aito ja jatkuva turvallisuuden hallinta
7. selkeä kommunikaatio
8. työntekijän sitoutuminen ja osallistuminen
9. vastuullisuus
10. määräysten noudattaminen. (Sharman 2016, s. 30–32)

Turvallisuuskulttuurillinen lähestyminen siis tarkoittaa aivan perustavanlaatuisia käsitteitä koko työorganisaation työturvallisuuteen. Pelkästään turvallisuuskulttuuriin keskittyminen ei kuitenkaan ratkaise kaikkia ongelmia, mutta se on tärkeä osa yrityksen työturvallisuuden kehittämisessä. (Antonsen 2009, s. 145–146)

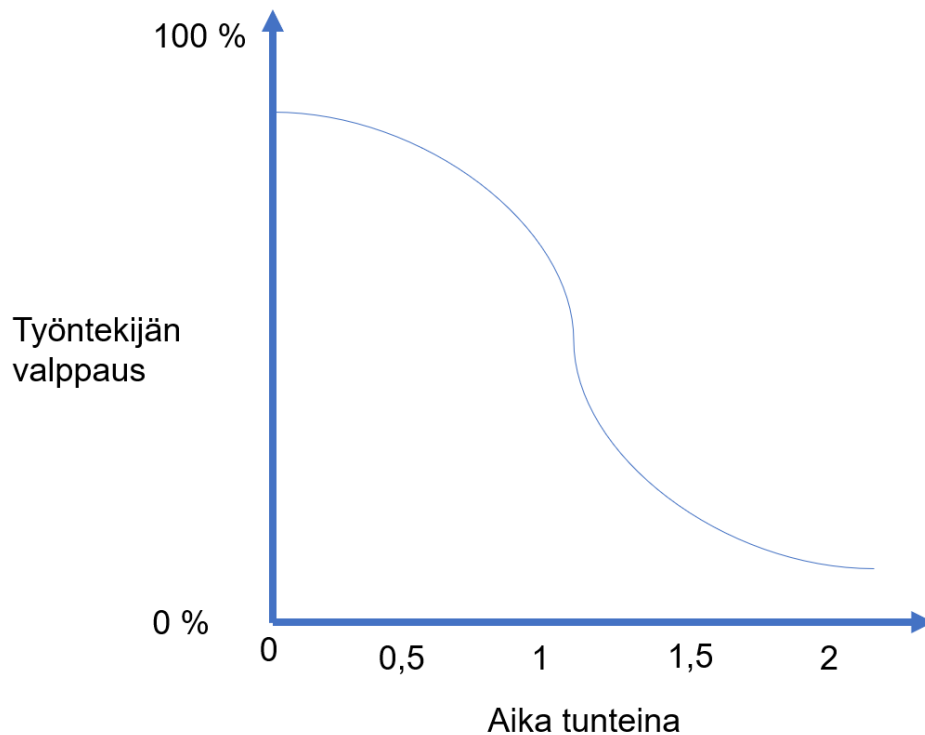
## 4.2 Ihminen osana työturvallisuutta

Ihmisen vaikutus työturvallisuuteen on käyttäytymiseen pohjautuvaa turvallisuutta (engl. Behaviour Based Safety, BBS), jossa ihmisen tunteet ja mielentila täytyy ottaa huomioon yksilön työturvallisuudessa. Suuri tekijä ihmisen käyttäytymiseen on työn mielekkyys ja merkityksellisyys työntekijälle. BBS:ää voidaan kehittää antamalla työntekijöille vaikutteita, jotka korostavat hyvää käyttäytymistä ja keskustelemalla työntekijöiden kanssa niiden työstä. (Sharman 2016, s. 13–15, 21)

Inhimillistä virhettä on hankala tutkia, sillä ei ole olemassa yksikäsitteistä virheetöntä toimintamallia, johon inhimillistä toimintaa voitaisiin verrata (Salo 1984, s. 16). Salo (1984,

s. 20–21) jatkaa, että inhimillisiä virheitä ovat: toimintavirhe, valmistusvirhe, kunnossapito-  
virhe, myötävaikuttava virhe, tarkastusvirhe ja käsittelyvirheet. Virheet ovat vaarallisia  
tekoja, jotka voivat johtua sääntöjen rikkomuksista tai vahingoista. Rikkomuksille syytä  
voi olla esimerkiksi laiskuus tai ajallisen voiton tavoittelu, kun taas vahinko voi johtua  
työntekijän taidottomuudesta tai herpaantumisesta. (Sharman 2016, s. 164–165)

Kuormitus ja stressi ovat yleisiä tekijöitä työtaturmissa. Liian haastava ja kuormittava  
työ korostaa suuresti riskiä tapaturmalle, kun taas liian matala kuormitus aiheuttaa työn-  
tekijän passivoitumista ja vähentää suorituskykyä, joka voi johtaa herpaantumiseen.  
(Salo 1984, s. 31–33) Matalan kuormituksen työn yhteys työntekijän passivoitumiseen  
visualisoidaan kuvaajassa 4, jossa pystyrivillä on työntekijän valppaus ja vaakarivillä ma-  
talan kuormituksen työn aika tunteina.



**Kuva 4.** Työntekijän valppaus passiivisessa työssä (Salo 1984)

Tyypillisin työtaturmien ympärillä oleva ilmiö on ”läheltä piti” -tilanteet, joita uskotaan  
tapahtuvan jopa satoja ennen tapaturman sattumista. (Sharman 2016, s. 107) Kaikki ta-  
paturma- ja ”läheltä piti” -tilanteet pitäisi raportoida sekä tutkia. Yleisesti ensin selvitetään  
mitä on tapahtunut, jonka jälkeen tunnistetaan syyt, kehitetään korjaavat toimenpiteet ja  
lopuksi toimenpiteet toteutetaan. (Kjellén 2000, s. 147) Silti ”läheltä piti” -tilanteet jäävät

usein kokonaan raportoimatta yrityksissä. Tähän johtavia syitä ovat pelko siitä, että työntekijä joutuu pilkan kohteeksi, raportoinnin monimutkaisuus, paine muilta työntekijöiltä, apatia johtuen yrityksen välinpitämättömyydestä sekä byrokratian aiheuttama hitaus muutoksiin. (Sharman 2016, s. 110–111) Kjellénin (2000, s. 151) mukaan tämä johtaa tärkeän kokemuksen menettämiseen, jolla voitaisiin ennaltaehkäistä tulevaisuuden ongelmia.

### 4.3 Työturvallisuuden kehittäminen

Ennen työturvallisuuden kehittäminen perustui täysin tapaturmien tutkimiseen ja niistä oppimiseen, mutta nykyään nopeasti kehittyvässä teollisuudessa ”yritys ja erehdys”-tyyppinen lähestyminen ei ole enää yksistään riittävää. Tämän takia nykyään keskitytään paljon ennaltaehkäisevään turvallisuuden kehittämiseen, jossa tutkitaan ja raportoidaan havaittuja turvallisuusriskejä ennen, kun tapaturmaa ehtii edes tapahtua. (Kjellén 2000, s. 3) Tähän yhtyy Sharman (2016, s. 123–126) kertoen, että työturvallisuuden kehitys tapaturmien poistamisen jälkeen pitäisi keskittyä poissaolevien tapaturmien sijaan ennaltaehkäisevien asioiden lisäämiseen.

#### 4.3.1 Turvallisuuskulttuurin kehittäminen

Kuten ylempänä jo todettiin, turvallisuuskulttuurin kehittäminen ei ole yksinkertaista tai helppoa. Antonsen toteaaakin, että pelkkä hallinnon kampanjointi työturvallisuuteen ilman, että annetaan tilaa työntekijöiden vastakommentteihin ei tuota pitkävaikutteisia tuloksia. Yrityksen ei tarvitse olla samaa mieltä työturvallisuudesta, jotta voidaan luoda turvallisuuskulttuuri, jossa työturvallisuuden kehitys nähdään positiivisena asiana. (Antonsen 2009, s. 105–107)

Työturvallisuuden sisällyttäminen työpaikan kulttuuriin on luoda siitä yksi työpaikalle tärkeistä arvoista. Tämä vaatii yhtenäistä yrityksen eri osien sopimusta siitä, miten työturvallisuus esitetään yrityksen kulttuurissa. Myös työntekijöille on tärkeää, että työpaikan arvoissa on yhteneväisyyksiä työntekijän omien arvojen kanssa. Tätä voidaan ajatella, että kumpi arvona kuulostaa työntekijälle paremmalta: ”Turvallisuus on ykkösprioriteettimme.” vai ”Kaikki tapaturmat ovat estettävissä.” (Sharman 2016, s. 170–172)

Hyvä tapa alkaa kehittää turvallisuuskulttuuria on aktivoita työntekijöitä osallistumaan turvallisuuden kehittämiseen ja rakentaa luottoa työntekijöissä. Tätä edistää yhteistyö työntekijöiden kanssa tapaturmatilanteissa, sekä organisaation avoimuus työyhteisölle. Päinvastoin syyttäminen ja syyppään etsiminen taas vähentää luottoa ja edistää negatii-

visen kulttuurin kasvamista. (Sharman 2016, s. 72–75) Ilman työntekijöiden ääntä kehitetyt työturvallisuusmenetelmät päätyvät helposti laiminlyödyiksi ja työnjohtajan kuivitelma yrityksen työturvallisuudesta ei tällöin vastaa todellisuutta (Antonsen 2009, s. 111). Tähän liittyen Sharman (2016, s. 118–119) korostaa työntekijän kanssa käytävän tarkoituksenmukaisen kommunikaation merkitystä.

### 4.3.2 Riskien hallinta

Käytännön tasolla työturvallisuuden kehittäminen on riskien arviointia ja ratkomista, eli riskien hallintaa. Riskien hallinta voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen:

1. Tunnista vaarat ja haitat.
2. Arvioi vaaroihin liittyvien riskien merkitys työntekijöiden terveydelle ja turvallisuudelle.
3. Estä, poista tai pienennä riskejä.

Riskien hallinnointi alkaa riskianalysistä, jossa määritetään riskin raja-arvot, tunnistetaan vaarat ja arvioidaan riskin suuruus. (Työsuojeluhallinto 2023) Riski arvioidaan kolmella eri tekijällä: todennäköisyys, vaarallisuus ja laajuus. Näiden yhteenlaskusta saadaan todellinen riskin vakavuus. (Sharman 2016, s. 135–136)

Riskit yleensä luokitellaan taulukossa, jossa vasemmalla sarakkeella on riskin todennäköisyys ja yläsarakeella seuraukset. Näiden summasta saadaan riskin merkittävyys. (Työsuojeluhallinto 2023) Tämä visualisoidaan taulukossa 2.

Todennäköisyys	Vähäiset seuraukset	Haitalliset seuraukset	Vakavat seuraukset
Matala	Merkityksetön riski	Siedettävä riski	Kohtalainen riski
Mahdollinen	Siedettävä riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski
Todennäköinen	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski

**Taulukko 2.** Tekijöiden vaikutus riskiin (Muokattu lähteestä Työsuojeluhallinto 2023)

Ensisijaisesti keskitytään sietämättömään ja merkittävään riskiin, joiden pienentämiseksi on tehtävä toimintoja. Siedettävän ja kohtalaisen riskin tasolla nostetaan seurannan määrää ja tutkitaan mahdollisuuksia riskin pienentämiseen. (Työsuojeluhallinto 2023)

Riskien analysoinnissa täytyy ottaa myös huomioon, että vääränlainen tai ylivarovainen analysointi voi aiheuttaa negatiivisia vaikutteita riskien hallintaan. Jos yritys analysoi joitain toimintoja todellisuutta paljon riskialttiimmiksi, niin se voi johtaa työn laadun ja tehokkuuden heikentymiseen turhien turvallisuustoimenpiteiden takia. (Sharman 2016, s. 138–139) Riskien vähentämiseen käytettäviä toimenpiteitä voidaan arvioida seuraavilla kriteereillä: turvallisuustason kasvu, vaikutusten laajuus, vaatimusten täyttäminen, toiminnan sujuvuuden lisääntyminen ja kustannustehokkuus. (Työsuojeluhallinto 2023)

### 4.3.3 Nosturien turvallisuuden kehittäminen

Työturvallisuutta on yllä käsitelty kulttuurin, yksilön ja riskien hallinnan pohjalta. Seuraavaksi katselmoidaan työturvallisuutta konkreettisemmin eli työkoneeseen kohdistuen.

Pelkästään vuonna 2006 tapahtui 72 kuolemaan johtavaa onnettomuutta nosturien käytössä. Nämä voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan: sähkövaarat, ylikuormitus ja materiaallinen tippuminen/luistaminen. (Hoffmeyer 2020) Näihin johtavia tekijöitä on esimerkiksi fyysiset tekijät, työntekijöiden turvaton käytös, työmenetelmän laiminlyönti, tekniset viat ja nosturien törmäys. (Sadeghi & et al. 2021, luku 3) Hoffmeyer (2020) lisää vielä, että näiden lisäksi yleinen tekijä on alikoulutetut tai pätemättömät työntekijät.

Työntekijän huono turvallisuustietoisuus voi johtaa hyväksytyyn työmenetelmän huomiotta jättämiseen, joka lisää turvallisuusriskiä. Tämän takia työntekijän täytyy omaksua työturvallisuuden arvot ja asenteet kehittääkseen nosturin käytön turvallisuutta. (Sadeghi & et al. 2021, luku 5) Lisäksi kunnollinen työn suunnittelu ja kommunikaatio muiden työntekijöiden kanssa johtavat tapaturmien välttämiseen käytön aikana (Hoffmeyer 2020). Näiden lisäksi Sadeghi & et al. (2021, luku 5) toteavat, että muita nosturin työturvallisuutta kehittäviä asioita on työntekijän stressin vähentäminen, taidon kasvattaminen ja työkunnon ylläpitäminen.

Työntekijän lisäksi nosturin turvallisuuteen vaikuttaa koneellisia tekijöitä. Nosturin suunnittelussa täytyy ottaa huomioon kaikki turvakytkimet ja turvajärjestelmät, jotka pelastavat tilanteet, joissa inhimillinen virhe tapahtuu. Toinen merkittävä tekijä on nosturin oikeanlainen operointi määrätyillä raja-arvoilla sekä huoltaminen ja ylläpito, jotta ei tapahdu mekaanisia- tai sähköhäiriöitä. (Hoffmeyer 2020)

## 5. TUTKIMUS

Tutkimuksen kohteena on rullaston osakokoonpano. Rullasto on suurikokoinen, joten sen asentaminen vaatii raskasta kalustoa kuten trukkia ja nosturia. Tämän takia osakokoonpano sisältää turvallisuusriskejä ja vaatii työntekijöiltä tarvittavaa osaamista, joiden takia osakokoonpanolle täytyy laatia työohje. Samalla työohje edistää tuotannon standardoitumista ja tehostaa tuotantoa, joten se on myös kehitystä leanin kannalta. Myös osakokoonpanon työturvallisuusriskit vähenevät kaikkien työntekijöiden seurattessa turvalliseksi todettuja työtapoja.

### 5.1 Tutkimuksen toteutuminen

Ensimmäiseksi osakokoonpanon parissa työskennelleitä työntekijöitä haastateltiin. Niissä kohteena oli ensimmäiseksi vanhempi ja kokeneempi työntekijä (työntekijä 1), jonka jälkeen kaksi uudempaa työntekijää (työntekijät 2 ja 3). Kaikki haastateltavana olleet olivat työskennelleet kyseisen osakokoonpanon kanssa vähintään 2 viikkoa. Tämän jälkeen tehtiin empiiristä tutkimusta ja eri työvaiheita havainnoitiin. Lopuksi analysoitiin tutkimuksessa esiintyneitä kehityskohteita ja määritettiin niille toimenpiteitä.

#### Nykyinen työjärjestys

Alussa työntekijän 1 kanssa käytiin läpi työjärjestys osakokoonpanossa. Jokaisen vaiheen kohdalla käsiteltiin työkaluja sekä apulaitteita, joita käytettiin kyseisessä vaiheessa. Työkaluista myös selvitettiin niiden käytettävyyttä ja sopivuutta kyseiseen työvaiheeseen. Osakokoonpanossa on kahdenlaisia versioita samasta laitteesta. Työvaiheet, jotka sisältyvä vain vetävän laitteen kokoonpanoon ovat tähdellä (\*) merkittyjä. Näin saatiin laadittua osakokoonpanon nykyinen työjärjestys:

1. runko ja renkaat haetaan osakokoonpanopisteelle
2. runko puhdistetaan
3. liukulaakerit asennetaan runkoon
4. tiivisterenkaat asennetaan runkoon
5. pyörät nostetaan jigipöydälle
6. runko nostetaan jigipöydälle pyörien päälle
7. akselit asennetaan runkoon
8. holkit asennetaan akseleihin

9. laakerit asennetaan akseleihin
10. lukkorenkaat asennetaan laakereihin
11. tiivisterengas asennetaan akseliin\*
12. välilaidat asennetaan akseleihin
13. akselimutterien varmistinrenkaat asennetaan akseleihin
14. akselimutterit asennetaan akseleihin
15. päätylevyt asennetaan runkoon
16. rasvanipat asennetaan ja rasvataan
17. nopeusanturi asennetaan runkoon
18. runko käännetään
19. rungon toisen puolen kierteet puhdistetaan
20. nostokorvakkeet asennetaan runkoon
21. vaihdemoottori asennetaan akseliin\*.

Työntekijät 2 ja 3 haastateltiin tarkastelemalla työntekijän 1 kanssa luotua työjärjestystä. Jokaisesta työvaiheesta kysyttiin mahdolliset lisäkommentit ja poikkeavuudet alkuperäiseen työjärjestykseen verraten.

### **Haasteet työjärjestyksessä**

Jokaisen työvaiheen osalta käsiteltiin myös mahdolliset haasteet, sekä muut huomioitavat asiat, joita kyseisessä vaiheessa ovat nousseet esiin. Työntekijä 1 koki kaksi työvaihetta erityisen haastavana: akselien asennus ja rungon kääntäminen. Akselien asennus on hyvin raskas ja pitkäväteinen vaihe, johon tarvitaan tehokas tapa niiden läpivetoon. Rungon kääntäminen taas nähdään työturvallisuuden kannalta riskialttiiksi ja siksi vaatii turvallisemman tavan tehdä.

Myös työntekijöiden 2 ja 3 haastatteluissa eniten huomioitiin akselien asentamisen haastavuutta ja rungon kääntämisen vaarallisuutta. Empiirisen tutkimuksen aikana esiin nousi myös edellä mainitut akselien asennuksen haastavuus ja erityisesti rungon kääntämisen vaarallisuus.

### **Työkalujen ja apulaitteiden sopivuus**

Työ vaatii useita erilaisia työkaluja ja -laitteita jokaisessa osakokoonpanon vaiheessa. Yleisesti käytetyt työkalut todettiin haastatteluissa hyväksi, mutta esimerkiksi apulaitteiden puute rungon kääntämisessä todettiin ongelmalliseksi. Myös ilmeni monia vaihteita,

joissa työntekijät käyttivät erilaisia työkaluja toisiinsa nähden täysin tietämättään. Empiirisen tutkimuksen pohjalta erityisesti apulaitteiden puute rungon kääntämisessä nousi esille vaiheen vaarallisen luonteen takia.

### **Työturvallisuus ja ergonomia**

Työturvallisuus ja ergonomia osakokoonpanossa todettiin haastatteluissa yleisesti hyväksi, mutta kuten yllä jo todettiin, niin rungon kääntäminen miellettiin vaaralliseksi. Ergonomian kannalta myös akselien läpiveto todettiin raskaaksi ja kuluttavaksi. Empiirinen tutkimus tuki työntekijöiden näkemyksiä.

### **Tehokkuus**

Tehokkuuden kannalta osakokoonpanopisteen layout todettiin haastatteluissa toimivaksi, mutta odottaminen nosturin vapautumiseen vei välillä pidemmänkin aikaa. Osakokoonpanon dokumentointi oli tietokoneella ja siihen oli välillä ruuhkaa, joka myös hidasti osakokoonpanoa. Näiden lisäksi yllä mainittu akselien läpiveto todettiin tehottomaksi. Empiirisen tutkimuksen pohjalta havaittiin samoja tehokkuutta rajoittavia tekijöitä.

### **Nykyinen dokumentointi**

Kuten jo yllä mainittiin, niin osakokoonpanon dokumentointi oli pääosin tietokoneella, johon saattoi välillä olla ruuhkaa. Tämän lisäksi haastatteluissa nousi esille osakokoonpanon opettelemisen haastavuus ja hitaus nykyisten dokumenttien pohjalta. Tämän takia työntekijät kokivat työohjeen laatimisen tarpeelliseksi osakokoonpanolle. Empiirisen tutkimuksen pohjalta huomattiin, että vaikka dokumentoinnissa on osakokoonpanon kaikkien osien paikat, niin niistä puuttui työjärjestys ja eri vaiheiden työkalujen merkitseminen.

## **5.2 Tutkimuksen analysointi**

Selkeästi osakokoonpano vaatii sille laaditun työohjeen. Tämä ilmeni jo pelkästään nykyisen dokumentoinnin puutteellisuudesta, sekä työntekijöiden välillä vaihtelevista työtaavoista. Haastatteluissa myös ilmeni tehokkuuden kehittämiseksi ideoituja työkaluja, sekä parhaiksi todettuja työtapoja. Samalla standardisoitu työohje lisää työpisteen turvallisuutta, sillä osakokoonpanossa käytettäsi vain turvalliseksi todettuja työtapoja.

Työohjeen lisäksi osakokoonpano vaatii turvallisuutta ja tehokkuutta edistävän apulaitteen rungon kääntöä varten. Pohjimmiltaan sen tarkoitus on antaa rungolle tukipiste maahan, jonka myötä rungon kääntäminen on hallitumpaa ja nopeampaa. Apulaitteen täytyy olla kestävä sekä helposti käytettävä.

## 6. TULOKSET

Edellisen kappaleen tutkimuksen pohjalta on laadittu työohje, sekä alustavasti suunniteltu apulaite. Työohje edistää standardisointia ja tehokkuutta, jotka täten muuttavat tuotantoa enemmän leaniksi. Apulaite taas kehittää työturvallisuutta ja työntekijöiden varmuutta työpisteellä.

### 6.1 Laadittu työohje

Tarvittavat työkalut: kulmahiomakone, puhdistuslaikka, suorahiomakone, lamellilaikka, akkuporakone, kierretappeja (M12, M20, M24, G1/8), puhdistusliina, rasvaprässi, 32 lenkkiavain, momenttiavain, ilmapaineprässi, nuija, mutteriväännin, räikkä, siirtoleukapihdit, akselimutteriavain ja lukkorengaspihdit.

Tarvittavat apulaitteet: kierretanko, saksipöytä, muovikouru, metalliekikko, nostoliina, kääntötaso ja renkaannostotyökalu.

Tarvittavat kemikaalit: aerosolirasva, rasva ja puhdistusaine.

Työjärjestys:

#### 1. Hae runko ja renkaat työpisteelle trukilla

Työkalut: Trukki

#### 2. Puhdista runko

Työkalut ja kemikaalit: suorahiomakone, kulmahiomakone, akkuporakone, puhdistusaine ja -liina.

#### 3. Asenna liukulaakerit runkoon

Työkalut ja kemikaalit: ilmapaineprässi, kierretanko, aerosolirasva, nuija ja saksipöytä.

Rasvaa laakeri ja nakuttele sitä nuijalla vähän matkaa. Tämän jälkeen paina laakeri pohjaan käyttämällä ilmapaineprässiä ja kierretankoa.

#### 4. Asenna tiivisterenkaat runkoon

Työkalut ja kemikaalit: metalliekikko ja aerosolirasva.

Asenna jousipuoli runkoon päin. Aseta tiivisterengas ”huulille” ja paina se paikalleen käyttämällä metalliekikkoa. Käytä rasvaa asentamisessa, mikäli sovite on liian tiukka.

## **5. Nosta pyörät jigipöydälle**

Työkalut ja kemikaalit: aerosolirasva, puhdistusliina, puhdistusaine, suorahioma-kone, lamellilaikka, nosturi ja renkaannostotyökalu.

Puhdista renkaiden sisäpinta suorahiomakoneella ja rasvaa ne noston jälkeen.

## **6. Nosta runko pyörien päälle**

Työkalut: nosturi.

## **7. Asenna akselit runkoon**

Työkalut ja kemikaalit: puhdistusaine, puhdistusliina, aerosolirasva, kierretanko, 32 lenkkiavain, saksipöytä, muovikouru, nosturi ja nostoliinat.

Nosta akseli liinoilla ilmaan sekä puhdista ja rasvaa. Asenna vetävään akseliin kiila. Tämän jälkeen vie akseli saksipöydän päälle muovikouruun ja kohdista renkaat jigipöydässä. Kohdista akseli renkaille ja työnnä akselia niin pitkälle kun saa. Lopuksi kierrä kierretanko akselin toiseen päähän ja vedä akseli kiertämällä mutteria kierretangossa. Vedä akselia käyttämällä mutteriväännintä, mikäli mahdollista. Tasaa akselit molemmin puolin.

## **8. Asenna holkit akseleihin**

Viiste pyörästä ulospäin

## **9. Asenna laakerit akseleihin**

Työkalut ja kemikaalit: rasva ja rasvaprässi.

Pursota laakerin toinen puoli rasvalla ja asenna laakeri akseliin rasvattu puoli sisäänpäin ja tuotekoodit ulospäin. Tämän jälkeen täytä laakerit rasvalla ulkopuolelta.

## **10. Asenna lukkorenkaat laakereihin**

Työkalut: lukkorengaspihdit.

## **11. Asenna tiivisterengas akseliin**

Vain vetävään akseliin. Jousipuoli sisäänpäin.

## **12. Asenna välilaipat akseleihin**

Vetoakselin välilaipan huuli sisäänpäin.

## **13. Asenna akselimutterien varmistinrenkaat**

## **14. Asenna akselimutterit akseleihin**

Työkalut: nuija, akselimutteriavain ja siirtoleukapihdit.

Kiristä mutteri käyttämällä akselimutteriavainta ja nuijaa. Lopuksi väännä lukitushammas mutteriin siirtoleukapihdeillä.

### **15. Asenna rasvanipat ja rasvaa**

Työkalut ja kemikaalit: räikkä, rasva ja rasvaprässi.

Pursota nippaan rasvaa, kunnes laakeri päästää sitä pihalle.

### **16. Asenna nopeusanturi**

Työkalut: räikkä.

### **17. Nosta runko jigipöydältä ja käännä se**

Työkalut: nosturi, nostoliinat ja kääntötaso.

Nosta runko nostotasoon tukevasti ja kierrä nostoliinat toisen puolen renkaiden ympärille. Noston aikana pyöritä renkaita ja levitä rasva laakereihin. Käännä rullasto varovasti eurolavalle nosturia käyttäen. Huomioi turvaetäisyys käännön aikana.

### **18. Asenna päätylevyt runkoon**

Työkalut: mutterinväännin.

Tasotiiviste laipan väliin ennen kiristystä.

### **19. Puhdista rungon toisen puolen kierteet**

Työkalut: akkuporakone.

### **20. Asenna nostokorvakkeet runkoon**

Työkalut: mutterinväännin.

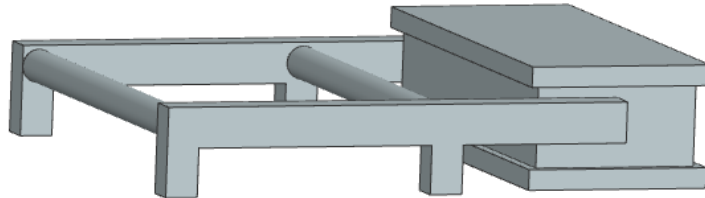
### **21. Asenna vaihdemoottori**

Työkalut: nosturi, rasva, nostoliina ja momenttiavain.

Rasvaa akseli ennen asennusta ja kiristä pultit momenttiin. Vain vetäville rullastoille.

## **6.2 Suunniteltu apulaite**

Edellä olevan tutkimuksen pohjalta saadaan alustavasti suunniteltua kääntöön tarpeellinen apulaite. Apulaitteen tarkoitus on olla hitsattuna tai pultattuna maahan kiinni, jotta sen hyöty saadaan täyteen potentiaaliin.



**Kuva 5.** Alustavasti suunniteltu apulaite rungon kääntöä varten.

### 6.3 Tulosten pohdintaa

Edellä laaditun työohjeen myötä saadaan osakokoonpanon työnteko standardisoitua, joka samalla edistää osakokoonpanon turvallisuutta ja tehokkuutta. Samalla uusien työntekijöiden ei tarvitse opetella osakokoonpanoa hitaasti vanhoilla dokumenteilla, eikä kenenkään tarvitse erikseen kouluttaa osakokoonpanon asentamista uusille työntekijöille. Työohjeen myötä osakokoonpano noudattaa enemmän leanin periaatteita ja täten kehittää koko yritystä lähemmäs leania.

Mikäli alustavasti suunniteltu apulaite saadaan toteutettua toimivasti tuotantoon, niin rungon kääntäminen muuttuu turvallisemmaksi ja tehokkaammaksi. Tämän lisäksi työntekijöiden motivaatio työntekoon kasvaa, sillä osakokoonpanon aikana työntekijä ei joudu tekemään vaarallisia toimenpiteitä.

Oletettavasti työohjeen ja apulaitteen käyttöönoton myötä työntekijöiltä tulee kehitysideoita tai ehdotuksia kokoonpano-ohjeen kehittämiseen tai apulaitteen käyttämiseen. Näiden myötä osakokoonpanon työnteko kehittyy vielä paremmaksi.

## 7. YHTEENVETO

Tässä kandidaatintyössä tutkittiin projektituotannon luonnetta, lean-ajattelun periaatteita ja työkaluja sekä työturvallisuutta. Lisäksi työssä suoritettiin tutkimus tietyn osakokoonpanon työohjeen laatimiseen ja apulaitteen alustavaan suunnitteluun. Luvussa 2 syvennyttiin projektituotannon luonteeseen ja selvitettiin sen eroavaisuuksia muihin tuotantomuotoihin, jonka jälkeen käsiteltiin tuotannonohjausta. Projektituotannon hyötyjä ovat tuotteen muokattavuus ja tuotannon asiakasohjautuvuus, mutta haittoina vastaavasti ovat korkeat kustannukset, ennakkoinnin haastavuus, monimutkaisuus ja jatkuva suunnittelun tarve. Samalla projektituotannon onnistuminen pohjautuu osaavaan työvoimaan.

Tuotannon onnistuminen perustuu merkittävästi tuotannonohjaukseen. Tähän sisältyy esimerkiksi tuotannon virtaus, aikataulutusta ja kapasiteetin sekä resurssien hallinta. Virtauksen kannalta täytyy suunnitella yrityksen keskittyminen joko virtaus- tai resurssitehokkaaseen tuotantoon. Aikataulutusta on tärkeää pitkällä sekä lyhyellä aikavälillä ottaen huomioon tuotannon kapasiteetti ja resurssit, jotta saadaan aikaseksi onnistunut ja tehokas tuotanto.

Luku 3 keskittyi lean-ajattelun periaatteisiin ja työkaluihin, joita käytetään tuotannon hukkien poistamiseen. Leanin onnistunut käyttöönotto kuitenkin vaatii yritykseltä sen ajattelumallien ja periaatteiden omaksumista sekä työntekijöiden että johtajien keskuudessa. Alemmalla abstraktiotasolla ovat leanin työkalut, jotka voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin: tuotannon laatua kehittävät sekä tehokkuutta parantavat.

Lisäksi tutkittiin lean-ajattelun kehittämistä projektituotannossa, jossa lean-ajattelun käyttöönotto ei ole helppoa, sillä lean on perustettu massatuotantoon, joka on päinvastainen projektituotannolle. Tämä ei kuitenkaan ole mahdotonta, sillä monet leanin periaatteista ja työkaluista toimivat myös matalan tuotantomäärän tuotannossa. Tälle mahdollistava tekijä on tuotteiden sijoittaminen tuoteperheisiin, joita taas kyetään virtauttamaan. Tuoteperheiden virtauttaminen taas onnistuu erityisesti hybridisolu-layoutilla, jossa hyödynnetään solu- ja funktionaalisen layoutin vahvuuksia

Luvussa 4 käsiteltiin työturvallisuutta kulttuurin ja yksilön tasoilla, joiden jälkeen tarkasteltiin työturvallisuuden kehittämistä kulttuurin, riskien hallinnan ja käytännöllisemmin nosturien kannalta. Työturvallisuuskulttuuri on vasta lähiaikoina kehittynyt näkökanta työturvallisuuden kehittämiseen, mutta sitä pidetään nykyään jopa työturvallisuuden perustana. Mikäli yritys kehittää organisaation kulttuuria työturvallisuusmyönteiseksi onnistuneesti, niin lähtökohtaisesti työturvallisuuden kehittäminen on sujuvampaa.

Konkreettisemmin työturvallisuuden kehittäminen on riskien hallintaa. Jatkuva riskien tiedostaminen, arviointi ja vähentäminen on tärkeää turvallisen työympäristön luomiselle. Tähän myös perustuu työturvallisuusmyönteinen kulttuuri, jolloin työntekijät ovat osana työympäristön turvallisuuden kehittämisessä. Samoin nosturien turvallisuutta tutkiessa esiin nousi turvallisuuskulttuurin merkitys turvallisen työnteon takaamiseksi.

Luvussa 5 suoritettiin tutkimus tietyn osakokoonpanon työohjeen laatimisessa ja apulaitteiden suunnittelussa. Tutkimuksessa saatiin selvitettyä osakokoonpanon nykyinen työjärjestys haastattelujen pohjalta. Tämän jälkeen haastattelujen, empiirisen tutkimuksen, havainnoinnin ja analysoinnin perusteella pohdittiin tapoja kehittää osakokoonpanon tehokkuutta ja työturvallisuutta. Lopputuloksena laadittiin työohje osakokoonpanolle sekä alustavasti suunniteltiin apulaite yhden työvaiheen turvallisuuden ja tehokkuuden parantamiseksi. Nämä ovat kappaleessa 6.

Työturvallisuutta ja leania ei kuitenkaan ole mahdollista implementoida täysin kerralla, vaan ne täytyy toteuttaa askel kerrallaan. Tämän työn lopputulokset eivät välittömästi kehitä tuotantoa leaniksi tai tapaturmavapaaksi, mutta ne ovat kehitystä oikeaan suuntaan. Niiden pohjalta osakokoonpanon työturvallisuutta ja tehokkuutta on helpompaa ja varmempaa kehittää tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

- Adithan, M. (2007). *Process planning and cost estimation*. New Delhi: New Age International P Ltd., Publishers.
- Antonsen, S. (2009). *Safety culture: theory, method and improvement*. [Online]. London: Routledge.
- Boncamper, I. (1995). *Tuotannonsuunnittelu. 2., korj. p.* Hämeenlinna: Wetterhoffin käsi- ja taideteollisuusoppilaitos.
- Brandon-Jones, A. & Slack, N. (2019). *Operations management*. 9th edition. Harlow, England: Pearson.
- Elbert, M. (2013). *Lean production for the small company*. Boca Raton, Fla: CRC Press.
- Hoffmeyer, K. et al. (2020). 'Crane safety - We've done the thinking, so you don't have to', in AIS Tech (Year) Conference Proceedings. [Online]. 2020 Warrendale: Association for Iron and Steel. s. 34–37.
- Irani, S. A. (2020). *Job Shop Lean: An Industrial Engineering Approach to Implementing Lean in High-Mix Low-Volume Production Systems*. 1st edition. [Online]. Milton: Taylor and Francis.
- Kjellén, U. (2000). *Prevention of accidents through experience feedback*. London: Taylor & Francis.
- Kolu, J. *Teollisuustuotanto 2022, Tilastokeskus, verkkosivu*. Saatavissa (viitattu 9.10.2023): <https://www.stat.fi/julkaisu/cl7riqz2secqc0bvyrbouu1li>
- Kouri, I. (2010). *Lean-taskukirja*. Helsinki: Teknologianinfo Teknova.
- Martinsuo, M. & Blomqvist, M. (2010). *Prosessien mallintaminen osana toiminnan kehittämistä*. Tuntematon julkaisija.
- Martinsuo, M. et al. (2016). *Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa*. 1. painos. Helsinki: Edita.
- Modig, N. et al. (2013). *Tätä on lean: ratkaisu tehokkuusparadoksiin*. 1. painos. Tukholma: 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*. 4th edition. Newark: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Rizzardo, D. (2020). *Lean – Let's Get It Right: How to Build a Culture of Continuous Improvement*. 1st edition. Vol. 1. [Online]. Milton: Routledge.
- Sadeghi, S. et al. (2021). *A systematic review of scholarly works addressing crane safety requirements*. *Safety science*. [Online] 133105002–.
- Salo, H. (1984). *Inhimillisistä virhetoiminnoista aiheutuvien vaaratilanteiden toimintovirheanalyysi*. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
- Sharman, A. (2016). *From Accidents to Zero: A Practical Guide to Improving Your Workplace Safety Culture*. 2nd edition. [Online]. London: Routledge.
- Smith, E. N. (Eric N. & Rogers, M. (2014). *Workplace security essentials: a guide for helping organizations create safe work environments*. 1st edition. Brian Romer & Keira Bunn (eds.). Waltham, Massachusetts: BH.

Stevenson, W. J. (2018). Operations management. 13th edition. New York, NY: McGraw Hill.

Työsuojeluhallinto, Riskien hallinta, verkkosivu. Saatavissa (Viitattu 30.10.2023): <https://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelutyopaikalla/vaarojen-arviointi/riskien-hallinta>

Työturvallisuuslaki, L 23.8.2002/738, 2002, verkkosivu. Saatavissa (Viitattu 30.10.2023): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>.

Womack, J. P. & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York: Free Press.