

Lean-tuotantofilosofiaa, tuotantoprosessin jatkuva parantaminen sekä 5S-menetelmä+case

Työryhmä 19 jäsenten nimet: Lukas Parviainen, Daniel Hillberg, Oiva Peltola, Duy Nguyen, Juri Soiri

Sisällysluettelo

Lyhenteet.....	3
1 Johdanto.....	4
2 Lean-tuotantofilosofia.....	5
2.1 Arvon sekä arvovirran optimointi ja kartoitus:	5
2.2 Jidoka – Älykäs autonomia	5
2.3 Kaizen – Jatkuva parantaminen.....	6
3 5S-menetelmä	6
3.1 Menetelmän vaiheet	7
3.2 Haasteet menetelmän käyttöönotossa.....	7
3.3 Tutkimus: 5S-menetelmän implementointi autoteollisuuden yrityksessä	8
3.4 Tutkimus: 5S-menetelmän implementointi kumituotteiden valmistajalla	9
4 Jatkuva parantaminen tuotantoprosessissa.....	10
4.1 PDCA-sykli.....	10
4.2 Muutoksen hallinta ja työntekijöiden osallistaminen	11
4.3 Lean-työkalut	11
4.3.1 JIT – Just In Time	12
4.3.2 MES-ohjelmistot ja Kanban	12
4.3.3 ERP-ohjelmistot	13
4.3.4 VSM-työkalu.....	14
4.3.5 Tekoäly.....	15
5 Case: Ruuvipenkin rungon ja kääntöalustan valmistuksen automatisointi.....	15
5.1 Kuvaus	15
5.2 Materiaalinvalinta ja tuotantoprosessin vaiheet	16
5.3 Tuotantoprosessin automaatio.....	17
5.4 Tehtaan asetelmapohja	17
5.5 Läpimenoaika ja prosessin pullonkaulat	19
6 Yhteenveto.....	20
Lähteet.....	22

Lyhenteet

JIT	Just-In-Time-tuotanto
CNC	Computerized numerical control, tietokoneellinen numeerisesti ohjattu (työstökone)
MES	Manufacturing Execution System -ohjelmisto
ERP	Enterprise Resource Planning -ohjelmisto
VSM	Valu Stream Mapping -työkalu
PDCA	Plan-Do-Check-Act -sykli
TPS	Toyota Production System -tuotanto

1 Johdanto

Lean-filosofia on yksi merkittävimmistä tuotannon kehittämisen lähestymistavoista, ja sen juuret ulottuvat Toyotan 1950–1970-luvuilla kehittämään Toyota Production Systemiin (TPS). Lean-ajattelun ydin on tuotannon tehostaminen minimoimalla hukka, optimoimalla arvovirrat ja maksimoimalla asiakasarvo. Alun perin autoteollisuudessa kehitetty menetelmä on sittemmin levinnyt laajasti eri toimialoille, kuten terveydenhuoltoon, palvelualoille ja ohjelmistokehitykseen. Lean-filosofian periaatteet, kuten jatkuva parantaminen (Kaizen), Just-In-Time (JIT) -tuotanto ja hukan eliminointi, ovat auttaneet monia yrityksiä tehostamaan toimintaansa, parantamaan laatua ja saavuttamaan kilpailuetua.

Keskeinen osa Lean-ajattelua on tuotantoprosessien jatkuva arviointi ja kehittäminen, mikä mahdollistaa joustavamman ja resurssitehokkaamman toimintamallin. Tämä lähestymistapa kannustaa yrityksiä tunnistamaan ja poistamaan arvoa tuottamattomia vaiheita prosesseistaan sekä kehittämään toimintamalleja, jotka tukevat nopeaa reagointia muutoksiin. Lean-ajattelun mukaisesti työntekijöiden osallistaminen ja organisaation oppiminen ovat avainasemassa tehokkaamman ja joustavamman tuotantojärjestelmän rakentamisessa.

Tämä työ on Lean-filosofiaa ja sen eri osa-alueita käsittelevä kirjallisuusselvitys, jonka tavoitteena on selvittää Lean-ajattelun edut yritykselle asiakasarvon maksimoinnissa. Työ on rajattu käsittelemään Lean-filosofiaa erityisesti tuotantotekniikan kontekstissa. Lean-tuotantofilosofiaa tarkastellaan sekä teoreettisesta näkökulmasta että käytännön esimerkkien avulla, jotta voidaan ymmärtää sen soveltamismahdollisuudet ja vaikutukset eri tuotantoympäristöissä. Lisäksi analysoidaan, miten Lean-periaatteet voivat parantaa tuotantoprosessien tehokkuutta ja minkälaisia haasteita niiden käyttöönottoon voi liittyä.

Työssä käsitellään keskeisiä Lean-työkaluja ja -menetelmiä, kuten jatkuvaa parantamista, 5S-menetelmää ja arvovirtakartoitusta, joiden avulla tuotantoprosesseja voidaan kehittää järjestelmällisesti. Lisäksi tarkastellaan, miten Lean-ratkaisuja voidaan soveltaa käytännössä, erityisesti tuotannon automatisoinnissa. Työssä analysoidaan tapausesimerkkinä ruuvipenkin rungon ja kääntöalustan tuotannon automatisointia Lean-ajattelun näkökulmasta.

Työn rakenne etenee seuraavasti: ensin käsitellään Lean-tuotantofilosofian perusperiaatteet ja hukan eliminointi, minkä jälkeen siirrytään jatkuvan parantamisen prosessiin ja Lean-työkalujen vaikutuksiin. Seuraavaksi perehdytään 5S-menetelmään, sen käyttöönoton haasteisiin sekä onnistuneisiin toteutuksiin. Lopuksi tarkastellaan tapausanalyysinä tuotannon automatisointia Lean-ajattelun näkökulmasta. Työ päätetään yhteenvetoon, jossa käsitellään keskeiset havainnot ja Lean-menetelmien tarjoamat hyödyt sekä niiden merkitys nykyaikaisessa tuotantoympäristössä.

2 Lean-tuotantofilosofia

Lean-ajattelu on japanilaista alkuperää oleva toimintamalli, joka kehitettiin alun perin tuotannon laadun ja tehokkuuden parantamiseen. Lean-ajattelun ydin rakentuu kolmelle keskeiselle periaatteelle: arvon optimoinnille, arvovirran kartoitukselle ja jatkuvalle parantamiselle. Näiden periaatteiden tavoitteena on tunnistaa ja eliminoida kaikki tuotantoprosessissa esiintyvä hukka, eli toiminnot ja vaiheet, jotka eivät lisää arvoa asiakkaalle. Arvo määrittyy asiakkaan näkökulmasta – kaikki toiminnot, joista asiakas ei ole valmis maksamaan tai joita hän ei tarvitse, tulisi poistaa tai kehittää tehokkaammaksi. Tässä luvussa käydään läpi Lean-tuotantofilosofian peruseriaatteet.

2.1 Arvon sekä arvovirran optimointi ja kartoitus:

Ensimmäinen peruseriaate eli arvon optimointi keskittyy siihen, että tuotantoprosessin kaikki vaiheet analysoidaan ja arvioidaan sen mukaan, tuottavatko ne lisäarvoa asiakkaalle. Jos jokin vaihe ei tuota arvoa, se tulisi joko poistaa kokonaan tai vähintäänkin yksinkertaistaa. Esimerkiksi osan valmistuksen täytyy olla tarkkaa ja laadukasta, jotta vältetään virheiden korjaamiseen liittyvä ylimääräinen työ, joka hidastaa koko prosessia. Arvoa tuottavat vaiheet ovat siis suoraan yhteydessä lopputuotteen valmistukseen ja asiakkaan tyytyväisyyteen sekä maksuhalukkuuteen. (Krasteva, (n.d.).)

Toinen keskeinen osa Lean-ajattelua on arvovirran kartoitus ja optimointi. Arvovirta tarkoittaa kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka liittyvät tuotteen tai palvelun luomiseen aina raaka-aineiden hankinnasta valmiin tuotteen toimitukseen asti. Arvovirran kartoituksessa käydään läpi kaikki tuotantoprosessin vaiheet, visualisoidaan ne ja pyritään ymmärtämään niiden keskinäiset suhteet. Tämän tavoitteena on luoda läpinäkyvä tuotantojärjestelmä. Kartoitus on elintärkeä osa Lean-tuotantoa, sillä se helpottaa tuotantoprosessien parannusta, tehokkuuden lisäämistä ja materiaalivirran seuraamista. Tämä lähestymistapa koostuu kaikista tuotannon osista riippumatta siitä tuottavatko ne lisäarvoa. Näin voidaan tunnistaa mahdolliset pullonkaulat, viiveet ja turhat vaiheet.

Arvovirta voidaan visualisoida eri menetelmillä. Yksi arvovirran visualisoinnin tunnetuimmista työkaluista on Kanban-taulu. Kanban-taulu auttaa esittämään tuotantoprosessin vaiheet selkeästi ja läpinäkyvästi, jolloin eri osapuolet voivat helposti seurata työn etenemistä. Taulu jaetaan yleensä kolmeen päävaiheeseen: tilauksen vastaanottamiseen, työn suorittamiseen ja valmiin tuotteen toimittamiseen. Kanban-taulun vaiheiden avulla pystytään seuraamaan tuotteen kulkua koko prosessin ajan. Vaiheiden määrä ei ole kiinteä, sillä Kanban-taulun rakenne on joustava, ja siihen voidaan lisätä tarkempia vaiheita tuotannon tarpeiden mukaan. Näin voidaan saavuttaa parempi kontrolli ja läpinäkyvyys koko tuotantoketjuun. (Lean Enterprise Institute, (n.d.); Naydendov, (n.d.).)

2.2 Jidoka – Älykäs autonomia

Japaniksi autonomiaa tarkoittava Jidoka on yleisesti käytetty Lean-työkalu, joka tarkoittaa autonomista laadunvalvontaa Lean-tuotantoprosessissa. Sen ydinajatus on, että tuotantolinja pysäytetään heti, kun virhe havaitaan. Näin estetään virheen eteneminen prosessin myöhempisiin

vaiheisiin ja mahdollistetaan välitön korjaus. Välitön puuttuminen minimoi vikatilanteiden aiheuttamia vahinkoja. Jidoka perustuu neljään vaiheeseen: virheen havaitsemiseen, prosessin pysäyttämiseen, vastaukseen ja ennaltaehkäisyyn.

Ensimmäisessä vaiheessa järjestelmät tai työntekijät havaitsevat poikkeamat, kuten vialliset tai epämuotoiset osat tai koneiden toimintahäiriöt. Tämän jälkeen prosessi pysäytetään lisävahinkojen estämistarkoituksessa joko automaattisesti koneen toimesta tai manuaalisesti henkilöstön toimesta. Kolmannessa vaiheessa ongelmaan vastataan eli reagoidaan: mekaanikot tai työntekijät korjaavat virheen tavoitteenaan ehkäistä vahinkojen leviämistä ja estää saman ongelman toistuminen. Lopuksi käynnistetään ennaltaehkäisevä vaihe, jossa analysoidaan ongelman juurisyitä ja toteutetaan tarvittavat korjaukset ja ratkaisut, jotta vastaavat virheet voidaan välttää tulevaisuudessa.

Toyotan perustaja Sakichi Toyoda kehitti Jidoka-ajattelun jo 1890-luvulla tekstiiliteollisuudessa, kun hän loi automaattisen kutomakoneen, joka pysähtyi langan katketessa. 1890-luvulla kankaan tuottajilla oli tuotanto-ongelmia, sillä kangaspuut rikkoivat langat ja tuottivat viallisia kankaita, mutta Toyodan keksimällä filosofialla rikkinäiset langat havaittiin ja vialliset kankaat vältettiin. Tämä estettiin viallisten tuotteiden syntyminen ja toi mukanaan uudenlaisen laadunvarmistuksen kulttuurin. Lean-ajattelussa Jidoka auttaa paitsi laadun ylläpitämisessä myös jatkuvan oppimisen ja kehittämisen edistämässä. Jidoka on mullistanut teollisuusmaailman maksimoimalla tuotannon tarkkuutta ja minimoimalla osien poistamisesta syntyvää hävikkiä. (Tarlengco, 2025.)

2.3 Kaizen – Jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen eli Kaizen on lean-ajattelun peruspilari. Kaizen tarkoittaa kirjaimellisesti "hyvän muuttamista" ja viittaa siihen, että tuotantoprosessia kehitetään jatkuvasti pienin askelin. Kaizen-ajattelussa keskeistä on työntekijöiden osallistuminen kehitystyöhön. Työntekijöiden havainnot ja palaute muodostavat perustan tuotantoprosessin parantamiselle, sillä heillä on käytännön tietoa työn arjesta ja sen haasteista.

Kaizenin avulla luodaan organisaatiokulttuuri, jossa muutos on osa jokapäiväistä toimintaa. Sen sijaan, että kehitettäisiin prosesseja harvoin ja suurin harppauksin, lean-ajattelu kannustaa jatkuvaan, arkiseen kehitystyöhön. Tämä ei ainoastaan paranna tuotannon tehokkuutta ja laatua, vaan myös lisää työn mielekkyyttä ja sitoutuneisuutta. (Purdue University, 2024; Krasteva, (n.d.).)

Lean-ajattelu tarjoaa kokonaisvaltaisen lähestymistavan tuotannon ja toiminnan kehittämiseen. Sen keskeisimmät periaatteet muodostavat viitekehyksen, jonka avulla voidaan lisätä tehokkuutta, vähentää hukkaa ja parantaa laatua. Lean-filosofia ei ole ainoastaan työkalujen ja toimintatapojen kokoelma, vaan ennen kaikkea ajattelutapa ja toimintakulttuuri, joka korostaa asiakaslähtöisyyttä, työntekijöiden osallistumista ja pitkäjänteistä kehitystä. Tämän vuoksi Lean-ajattelu on säilyttänyt ajankohtaisuutensa ja laajentanut käyttöään teollisuuden ulkopuolelle erilaisiin organisaatioihin ja toimialoihin.

3 5S-menetelmä

5S-menetelmä on työpaikan organisointiin ja tehokkuuden parantamiseen kehitetty toimintamalli, joka tukee sekä tuotannon sujuvuutta että työympäristön turvallisuutta. Sen keskeinen tavoite on

vähentää hukkaa, poistaa turhaa työtä ja tukea jatkuvaa parantamista. Menetelmä perustuu viiteen japaninkieliseen sanaan, jotka kaikki alkavat kirjaimella S, ja ne voidaan suomentaa seuraavasti: sortteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta. Tässä luvussa käydään 5S-menetelmän osa-alueet läpi ja tarkastelemme menetelmän toteutettuja implementointeja Case-tutkimusten avulla.

3.1 Menetelmän vaiheet

Ensimmäinen vaihe sortteeraus (jpn. seiri) liittyy työpisteen alustamiseen. Ensimmäisessä vaiheessa keskitytään tarpeettoman poistamiseen työalueelta. Kaikki työkalut, materiaalit ja välineet, joita ei aktiivisesti tarvita, siirretään pois tai hävitetään. Tavoitteena on vähentää visuaalista ja fyysistä sekavuutta sekä vapauttaa tilaa hyödylliselle toiminnalle. Selkeä ja rajattu työympäristö tukee keskittymistä, ehkäisee virheitä ja minimoi turhaa säilytystilojen käyttöä.

Toinen vaihe systematisointi (jpn. seiton) liittyy resurssien järjestämiseen. Toisessa vaiheessa järjestetään jäljelle jääneet tarvikkeet loogisesti, näkyvästi ja ergonomisesti. Jokaisella välineellä tulisi olla oma paikkansa, ja sen tulisi olla helposti saavutettavissa juuri silloin, kun sitä tarvitaan. Hyvin systematisoitu työympäristö nopeuttaa tuotannon ja työntekijöiden toimintaa, vähentää etsintään kuluva aikaa ja edistää turvallisuutta.

Kolmas vaihe siivous (jpn. seiso) liittyy työpisteen siivoukseen. Kolmas vaihe korostaa puhtaan ja siistin työympäristön merkitystä. Päivittäinen siivoaminen ja työpisteen kunnossapito auttavat ajoissa havaitsemaan poikkeamat, kuten öljyvuodot tai rikkiäiset välineet. Tämä parantaa turvallisuutta ja ehkäisee vahinkoja sekä seisokkeja.

Neljäs vaihe standardisointi (jpn. seiketsu) liittyy sääntöjen luomiseen. Neljännessä vaiheessa luodaan yhtenäiset käytännöt kolmen ensimmäisen vaiheen ylläpitämiseksi. Standardisointi voi sisältää tarkistuslistoja, värikoodauksia, visuaalisia ohjeita ja toimintamalleja, jotka varmistavat, että koko organisaatio toimii samojen periaatteiden mukaisesti. Tämä lisää selkeyttä ja tukee laadunhallintaa. Standardeja tulee noudattaa mahdollisimman laajasti ja yhdenmukaisesti kaikilla organisaation osastoilla ja alueilla.

Viides vaihe seuranta (jpn. shitsuke) liittyy sääntöjen noudattamiseen. Viides vaihe on menetelmän jatkuvuuden kannalta tärkein. Se tarkoittaa jatkuvaa ylläpitoa, seurantaa ja auditointeja, joiden avulla varmistetaan, että sovitut käytännöt pysyvät arjessa mukana. Ilman tätä vaihetta saavutettu järjestys alkaa nopeasti rapautua, ja työympäristö palaa helposti lähtötilanteeseen. Seurannan integrointi päivittäisiin rutiineihin on ratkaisevan tärkeää pitkäaikaisen vaikutuksen saavuttamiseksi. Siisteyden ja järjestyksen suorittaminen kertaponnistuksena onnistuu usein helposti, mutta usein vaikeinta on pitää sitä järjestelmällisesti yllä. Tämän vuoksi viimeiseen vaiheeseen tulee kiinnittää erityistä huomiota tuotannossa.

3.2 Haasteet menetelmän käyttöönotossa

5S:n implementointi ei ole aina suoraviivaista. Yritykset kohtaavat keskenään usein samankaltaisia haasteita, jotka liittyvät sekä henkilöstön asenteisiin, organisaation rakenteellisiin haasteisiin. Tyypillisiä haasteita ovat työntekijöiden muutosvastarinta, puutteellinen koulutus, yrityksen aikarajoitteet ja resurssipula sekä pintapuliseksi jäänyt toteutus.

Ajattelu ”näin on aina tehty” voi hidastaa menetelmän omaksumista. Työntekijät saattavat kokea 5S-menetelmän byrokraattisena tai pelätä, että se lisää työmäärää. Sen vuoksi selkeä viestintä ja johdon vahva sitoutuminen ovat välttämättömiä. Koulutukset, kannustimet, osallistavat pilottiprojektit ja konkreettisten hyötyjen osoittaminen voivat madaltaa kynnystä muutokselle. Ilman työntekijöiden selkeää käsitystä siitä, miksi 5S-menetelmä on tärkeä ja miten sitä sovelletaan käytännössä, menetelmä jää helposti pinnalliseksi. Epäselvät ohjeet tai koulutuksen puute johtavat usein puolivillaisiin ratkaisuihin. Tähän vastauksena toimivat mentorointi, työpajatyöskentely sekä esimerkit, jotka linkittävät järjestyksen parantuneeseen turvallisuuteen ja tehokkuuteen.

Työajan ja budjetin rajallisuus voivat estää menetelmän tehokkaan jalkauttamisen. Koulutuksia saatetaan lykätä tai välineitä ei pystytä päivittämään. Tästä syystä 5S:n käyttöönotto tulisi aloittaa rajatusta kohteesta, kuten yhdestä työpisteestä. Kun hyödyt ovat konkreettisesti nähtävissä, voidaan laajentaa menetelmää asteittain. Pelkkä visuaalinen järjestely, kuten värikoodatut hyllyt ilman käytön periaatteita, ei tuo todellista hyötyä. 5S ei saa olla vain ulkoinen siivousprojekti – sen on oltava osa yrityksen laajempaa lean-strategiaa ja jatkuvan parantamisen kulttuuria.

5S ei ole kertaluonteinen siivousprojekti vaan kulttuurimuutos, joka vaikuttaa työn tekemisen tapaan, turvallisuuteen ja tuottavuuteen. Sen onnistunut jalkauttaminen edellyttää henkilöstön osallistamista, jatkuvaa tukea ja johdon esimerkkiä. Kun 5S on integroitu osaksi päivittäistä toimintaa, se tuo pitkäaikaisia hyötyjä ja toimii pohjana laajemmalle Lean-kehittämiselle. (Tehos, (n.d.).)

3.3 Tutkimus: 5S-menetelmän implementointi autoteollisuuden yrityksessä

Tässä alaluvussa käydään läpi 5S-menetelmän käyttöönottoa autoteollisuuden yrityksessä. Tutkimus tarkastelee 5S-menetelmän soveltamista ja sen vaikutuksia autoteollisuuden yrityksessä Muresin läänissä, Romaniassa. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, onko 5S-menetelmällä positiivinen korrelaatio tuottavuuteen ja yleiseen suorituskykyyn. 5S on japanilainen työtilojen järjestelymenetelmä, joka pyrkii luomaan puhtaan, tehokkaan ja turvallisen työympäristön.

Tutkimusaineisto kerättiin Hirschmann Automotive -nimisestä yrityksestä vuoden 2016 aikana. Yritys on itävaltalainen autosien valmistaja, jolla on tuotantoyksiköitä useissa maissa. Muresin läänissä sijaitseva tuotantolaitos on yrityksen suurin. 5S-menetelmän toteutumista arvioitiin kuukausittain tarkastuslistan avulla, joka sisälsi 17 kysymystä. Tuottavuutta mitattiin jakamalla standarditunnit tuottavalla läsnäoloajalla. Tilastollinen analyysi suoritettiin PSPP-ohjelmistolla, jolla tutkittiin 5S-tason ja tuottavuuden välistä korrelaatiota.

Tilastollinen analyysi osoitti, että 5S-tasolla on positiivinen kohtalainen Pearsonin korrelaatio (0,65) tuottavuuden kanssa, ja tulos oli tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,022$). Tämä tarkoittaa, että 5S-menetelmän toteuttaminen ja ylläpito on yhteydessä tuottavuuden kasvuun. Lisäksi yrityksessä toteutettiin useita onnistuneita projekteja, jotka liittyivät 5S:n periaatteisiin, kuten hävikin vähentämiseen, tuottavuuden parantamiseen ja laadun vahvistamiseen.

Tutkimuksen tulokset tukevat oletusta, että 5S-menetelmällä on positiivinen vaikutus tuottavuuteen. Tämä on linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa, jotka ovat osoittaneet 5S:n hyödyt eri toimialoilla. 5S:n avulla voidaan vähentää hävikkiä, parantaa työturvallisuutta, lisätä tuotteiden laatua ja tehostaa prosesseja. On kuitenkin tärkeää huomata, että korrelaatio ei

välttämättä tarkoita syy-seuraussuhdetta. Voi olla muitakin tekijöitä, jotka vaikuttavat tuottavuuteen samanaikaisesti 5S:n kanssa.

Tässä tapaustutkimuksessa yrityksen johto on sitoutunut 5S-menetelmän jatkuvaan kehittämiseen ja ylläpitoon. Työntekijöille maksetaan palkkioita 5S-periaatteiden noudattamisesta, mikä kannustaa heitä osallistumaan aktiivisesti menetelmän toteuttamiseen. Tämä osoittaa, että johdon tuki ja työntekijöiden osallistuminen ovat tärkeitä 5S:n onnistuneen toteuttamisen kannalta.

Tämä tapaustutkimus osoittaa, että 5S-menetelmällä on positiivinen vaikutus autoteollisuuden yrityksen tuottavuuteen. 5S:n avulla voidaan luoda tehokkaampi, turvallisempi ja puhtaampi työympäristö, mikä puolestaan johtaa parempiin tuotannon tuloksiin. Tutkimus korostaa 5S-menetelmän merkitystä osana Lean-johtamisstrategiaa ja sen potentiaalia parantaa yrityksen kilpailukykyä. Jatkossa olisi hyödyllistä tutkia 5S:n pitkäaikaisia vaikutuksia ja verrata sen soveltamista eri toimialoilla. (Veres ym. 2018.)

3.4 Tutkimus: 5S-menetelmän implementointi kumituotteiden valmistajalla

Tässä alaluvussa käydään läpi 5S-menetelmän käyttöönottoa serbialaisella kumituotteiden valmistajalla. Tutkimus pureutuu syvällisesti jalkinetuotannon tytäryhtiön 5S-menetelmän käyttöönottoon, joka ei ollut irrallinen projekti, vaan osa laajempaa strategista muutosta, joka juontaa juurensa yrityksen sitoutumisesta Lean-ajatteluun. Aikaisempi kokemus SMED-, TPM- ja Six Sigma -menetelmistä loi vankan pohjan 5S-menetelmän implementoinnille, mikä mahdollisti sujuvamman siirtymisen uuteen toimintamalliin. Erityisen merkittävää oli 5S:n käyttöönoton ajoittuminen uuden tuotantolaitoksen avajaisiin vuonna 2008, mikä mahdollisti prosessien samanaikaisen optimoinnin ja tehosti muutoksen vaikutuksia. Taloudellisen epävarmuuden leimaama ajankohta korostaa entisestään Lean-menetelmien merkitystä yrityksen kilpailukykyyn ja kustannustehokkuuden ylläpitämisessä.

5S-menetelmän käyttöönoton tavoitteet olivat moniulotteiset, tähdäten kokonaisvaltaiseen tehokkuuden parantamiseen. Tavoitteisiin kuului tuottavuuden merkittävä kasvattaminen, läpimenoaikojen radikaali lyhentäminen, tuotantokustannusten tuntuva alentaminen sekä asiakastarpeiden entistä tarkempi ja nopeampi huomioiminen. Yritys odotti menetelmän tuovan konkreettisia hyötyjä, kuten materiaalihukan ja työntekijäkustannusten vähentämisen, sekä luovan edellytykset uusien ja innovatiivisten tuotteiden kehittämiselle. Erityisesti yrityksen tekemät yritysostot asettivat paineita tuotantoprosessien jatkuvalle kehittämiselle, jotta se pysyisi kilpailukykyisenä globaaleilla markkinoilla.

5S-menetelmän käyttöönotto toteutettiin huolellisesti suunnitellussa ja jäsennellyssä vaiheittaisessa prosessissa, mikä mahdollisti systemaattisen lähestymistavan. Ensimmäisessä vaiheessa määriteltiin tarvittavat parannukset, toisessa vaiheessa muutoksia mitattiin ja analysoitiin, kolmannessa vaiheessa uusi tuotanto käynnistettiin ja neljännessä vaiheessa toteutettiin jatkuvaa seurantaa ja korjaavia toimenpiteitä. Tämä vaiheittainen lähestymistapa varmisti, että kaikki sidosryhmät olivat aktiivisesti mukana prosessissa ja että muutokset olivat kestäviä ja juurtuivat osaksi yrityksen toimintakulttuuria.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että 5S-menetelmällä oli merkittäviä ja kauaskantoisia positiivisia vaikutuksia yrityksen toimintaan. Työn tuottavuus kasvoi merkittävästi, materiaalikustannukset alentuivat tuntuvasti ja kannattavuus parani. Esimerkiksi työntekijöiden määrä laski 2127

työntekijästä vuonna 2008 1818:aan vuoteen 2012 mennessä, mikä osoittaa prosessien tehostumista. Työn tuottavuus, mitattuna LP1-indeksillä, nousi kolmessa vuodessa 29,4 % vuodesta 2008 vuoteen 2011, mikä vahvistaa tuottavuuden kasvua. Materiaalikustannukset vaihtelivat, mutta 5S-menetelmän tavoitteena oli minimoida hukkaa. Koulutuskustannukset laskivat 5,5476 miljoonasta Serbian dinaarista vuonna 2007 0,5110 miljoonaan dinaariin vuonna 2012, mikä viittaa koulutustarpeen vähenemiseen uusien toimintatapojen vakiintuessa. Kannattavuus, mitattuna ROS-luvulla, nousi positiiviseksi vuonna 2008 ja oli parhaimmillaan 11,27 % vuonna 2011, mutta laski -27,77 %:iin vuonna 2012, mikä osoittaa ulkoisten tekijöiden vaikutuksen.

Työntekijöiden koulutuksella oli keskeinen rooli muutoksessa, ja työturvallisuus parani selvästi. Lisäksi menetelmän käyttöönotto vaikutti positiivisesti yrityksen imagoon asiakkaiden silmissä, mikä johti uusiin tilauksiin ja vahvisti asiakassuhteita.

Tutkimus korostaa, että 5S-menetelmä ei ole pelkästään yksittäinen työkalu, vaan osa laajempaa lean-filosofiaa, joka edellyttää johdon vahvaa sitoutumista, työntekijöiden aktiivista osallistumista ja jatkuvaa parantamista. Lisäksi tutkimus viittaa siihen, että 5S-menetelmä voi toimia vankkana pohjana muiden laadunhallintajärjestelmien, kuten ISO- ja OHSAS-standardien, käyttöönotolle. Tämä osoittaa, että 5S:llä on laaja-alaisia vaikutuksia yrityksen toimintaan ja että se voi olla merkittävä kilpailuetu.

Yhteenvetona voidaan todeta, että 5S-menetelmä on tehokas ja monipuolinen työkalu yrityksen suorituskyvyn parantamiseen. Sen avulla voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä tuottavuuden, kustannusten ja työturvallisuuden saralla. Menetelmän onnistunut käyttöönotto edellyttää kuitenkin kokonaisvaltaista lähestymistapaa, jatkuvaa kehittämistä ja kaikkien sidosryhmien osallistumista. Tutkimus osoittaa, että 5S-menetelmä voi olla merkittävä tekijä yrityksen menestyksessä, erityisesti taloudellisesti epävarmoina aikoina. (Todorovid ym. 2017.)

4 Jatkuva parantaminen tuotantoprosessissa

Jatkuva parantaminen on keskeinen osa Lean-filosofiaa ja nykyaikaista tuotantotekniikkaa. Sen tavoitteena on kehittää tuotantoprosesseja systemaattisesti, tehokkuutta ja laatua parantaen. Filosofia pohjautuu ajatukseen siitä, että niin johto kuin työntekijät osallistuvat aktiivisesti tuotannon kehittämiseen. Parantaminen ei tapahdu kertaluontoisesti, vaan jatkuvana ja systemaattisena osana päivittäistä toimintaa.

4.1 PDCA-sykli

Kaizen, joka japaniksi tarkoittaa yksinkertaisesti ”parantamista”, viittaa nimenomaan jatkuvaan ja pitkäjänteiseen kehittämiseen. Se ottaa huomioon sekä johtajat että työntekijät. Ajatus on tehdä aggressiivisia ja ennakoivia parannuksia tuotantoprosesseihin. Kaizen-filosofia perustuu työntekijöiden kokemukseen ja heidän palautteeseensa. Keskeinen työkalu jatkuvassa parantamisessa on PDCA-sykli

PDCA-sykli (Plan–Do–Check–Act), joka tunnetaan myös nimellä Demingin laatuympyrä. Konseptin esitteli W. Edwards Deming 1950-luvulla, ja se laajensi Walter A. Stewhartin kolmivaiheisen Stewhart-syklin japanilaisyleisölle. Sykli tarjoaa systemaattisen mallin prosessien kehittämiseen neljän toisiaan seuraavan vaiheen kautta. Ensimmäisessä vaiheessa suunnitellaan

parannuksia ja asetetaan tavoitteita. Tämän jälkeen suunnitelmat toteutetaan käytännössä. Kolmannessa vaiheessa tarkastellaan toteutettujen muutosten vaikutuksia ja vertaillaan niitä alkuperäisiin tavoitteisiin. Lopuksi toimitaan tulosten mukaan: jos tavoite saavutettiin, uudet käytännöt voidaan standardoida, mutta jos parannuksia tarvitaan lisää, sykli alkaa alusta.

PDCA-sykliä voidaan toistaa rajattomasti, kunnes tuotantoprosessi täyttää halutut tavoitteet. Tämä syklinen lähestymistapa tukee vahvasti Kaizen-ajattelua ja on tärkeä osa Lean-menetelmiä. Sykliä voidaan toistaa, kunnes parannuksiin ollaan tyytyväisiä. PDCA-syklin avulla yritykset pystyvät pienin askelein parantamaan tuotantoprosessejaan. Sykli auttaa löytämään luovia ratkaisuja ja parannusmahdollisuuksia. Tämän vuoksi sykli onkin Lean-ajattelun yksi tärkeimmistä työkaluista ja tukee Kaizen-filosofiaa.

4.2 Muutoksen hallinta ja työntekijöiden osallistaminen

Lean- ja Kaizen-ajattelun noudattaminen perustuu työntekijöiden palautteeseen. Johtajat ja tuotannonohjaajat kannustavat työntekijöitä ilmoittamaan, jos he huomaavat puutteita tuotantoprosesseissa tai heille tulee hyviä parannusideoita. Yrityksillä on yleensä oma nettisivu (esim. Infranet), johon työntekijät pystyvät esittämään parannusehdotuksia anonyymisti tai nimellä. On tärkeää, että työntekijä pystyy tekemään työnsä sekä laadukkaasti että turvallisesti. Pienilläkin muutoksilla voidaan parantaa tuottavuutta huomattavasti.

Esimerkiksi, jos työntekijä on jonkin aikaa tehnyt työtä työohjeiden mukaan ja huomaa, että jokin työvaihe voisi sujua tehokkaammin tai paremmin, hän voi esittää parannusidean esihenkilölleen tai yrityksen sisäiselle verkkosivustolle. Johtajat eivät aina tiedä tarkalleen, mitä työntekijät tarvitsevat työskentelyyn, joten on tärkeää, että myös työntekijöillä on mahdollisuus vaikuttaa tuotantoprosessien kehittämiseen. Esimerkiksi, jos työssä joutuu toistuvasti ruuvaamaan, voi olla järkevää investoida sähköruuvimeisseleihin manuaalisen työn sijaan. Tällöin ruuvaaminen tehostuu, kaikki ruuvit voidaan kiristää tasalaatuisesti, ja työntekijän ranteet rasittuvat vähemmän. Tämä parantaa työskentelyn mukavuutta ja mahdollistaa pidemmän työskentelyajan.

4.3 Lean-työkalut

Lean-filosofian tueksi on luoto erilaisia työkaluja. Nämä työkalut edistävät Lean-tuotantoa, tarjoamalla ajatuksia ja toimintamalleja, joiden avulla voidaan vähentää hukkaa, parantaa tehokkuutta sekä kehittää tuotantoprosesseja. Näitä ovat muun muassa Just-In-Time (JIT), Kanban, Value Stream Mapping (VSM), MES- ja ERP-järjestelmät sekä nykyään myös tekoäly. Nämä työkalut auttavat tuotannon hukan vähentämisessä, tehokkuuden kasvattamisessa ja prosessien kehittämisessä. Seuraavassa tarkastellaan tarkemmin kunkin työkalun toimintaperiaatteita ja soveltuvuutta jatkuvaan parantamiseen. Käydään myös läpi, mitä ongelmia voi sattua menetelmiä ja työkaluja käyttäessä. Aloitetaan JIT-ajattelumallilla, jonka jälkeen käydään läpi MES-ohjelmisto. Tämän jälkeen käydään läpi ERP-järjestelmä ja VSM-työkalu. Lopuksi tarkastellaan tekoälyn roolia tuotannossa.

4.3.1 JIT – Just In Time

Lean-ajattelun yksi tärkeistä käsitteistä on Just-In-Time. JIT on ajattelutapa, jonka mukaan materiaaleja tuodaan työpisteille vasta silloin, kun niille on tarve. Tämän avulla voidaan tehdä hukan poistoa, joka tukee Lean-ajattelun yhtä kulmakivistä. JIT:n avulla voidaan tehdä tuotantoprosessista tasaisempaa, estää suuret pullonkaulat, yksinkertaistaa työvaiheita, nopeuttaa työnalkua ja vähentää siirtymisaikaa. Lisäksi voidaan pidentää työkalujen käyttöaikaa ja ennakoita laitehuoltoja.

Käytännössä JIT-malli ei kuitenkaan aina toimi ideaalisti. Tuotanto-olosuhteissa esiintyy vaihtelua, kuten työntekijöiden poissaoloja tai raaka-aineiden toimitusongelmia. Tämän vuoksi JIT vaatii usein pienen välivaraston, jolla voidaan varmistaa tuotannon jatkuvuus odottamattomissa tilanteissa. Esimerkiksi esikokoonpanojen varasto kokoonpanosolulla estää sen, että työntekijät joutuvat odottamaan työn alkamista. Työntekijöiden moniosaaminen ja tuotannon aloittaminen vasta kaikkien ollessa paikalla ovat myös keinoja JIT:n onnistuneeseen toteutukseen.

Käytännön esimerkkinä ongelmatilanteesta voidaan ajatella tilanne, jossa kokoonpanosoluun saapuu työntekijä työvuoronsa alussa, mutta esikokoonpanosolulla ei ole vielä työntekijää paikalla eikä valmiita esikokoonpanoja ole jäänyt varastoon edelliseltä päivältä. Tällöin kokoonpanosolun työntekijä ei voi aloittaa työtä, ja tuotanto pysähtyy odottamaan. Tämä ongelma voidaan ratkaista useilla tavoilla. Yksi tapa on kouluttaa työntekijät moniosaajiksi, jolloin he voivat tarvittaessa siirtyä työskentelemään eri tuotantosoluihin ja paikkaamaan puuttuvia tekijöitä. Toinen keino on ajoittaa tuotannon aloitus vasta, kun kaikki työntekijät ovat paikalla. Käytännössä tämä toteutuu usein niin, että työpäivä aloitetaan vasta lyhyen yhteisen kahvihetken jälkeen.

Jotta työnkulku olisi sujuvaa kaikissa tilanteissa, tarvitaan tuotannon jokaiseen vaiheeseen pieni välivarasto. Esimerkiksi kokoonpanosolulla voi olla valmiiksi muutamia eriä esikokoonpanoja, jotka riittävät siihen asti, että uusi tuotanto esikokoonpanosolulla pääsee käyntiin. Tämä tasoittaa työnkulkua ja ehkäisee odotusaikaa tuotannon eri vaiheissa. On parempi, että uudet materiaalit ja osat saapuvat tuotantopisteelle hieman ennen kuin edelliset loppuvat, sen sijaan että odotetaan niiden loppumista. Näin varmistetaan tuotannon jatkuvuus ja vältetään seisokkeja.

4.3.2 MES-ohjelmistot ja Kanban

Kanban on visuaalinen järjestelmä, joka ohjaa materiaalivirtoja ja tuotannon vaiheita. Alun perin fyysisinä kortteina käytetty Kanban kertoo, mitä osia tarvitaan, missä vaiheessa ja kuinka paljon. Kun komponentit kulutetaan, kortti palautetaan varastoon merkiksi uuden erän tarpeesta. Nykyisin Kanban toimii usein digitaalisesti osana MES- tai ERP-järjestelmiä. Kanban-järjestelmä yksinkertaistaa tuotannonohjausta, vähentää hukkamateriaalia ja parantaa inventointia. Sen onnistuminen edellyttää, että työntekijät noudattavat järjestelmää johdonmukaisesti – yhdenkin työntekijän välinpitämättömyys voi häiritä koko tuotantoketjua. Kanban on varsin kätevä visualisointijärjestelmä, jonka avulla pystytään toteuttamaan JIT:tä.

Manufacturing Execution System (MES) on ohjelmisto, jonka avulla voidaan seurata tuotannon eri vaiheita reaaliaikaisesti. Sen keskeinen ero Kanban-kortteihin verrattuna on se, että Kanbanilla seurataan raaka-aineita ja osia, kun taas MES-järjestelmällä seurataan itse tuotantoprosessia. Molemmat ovat tuotannossa hyödyllisiä työkaluja, ja niitä käytetäänkin usein rinnakkain. MES-järjestelmiä on saatavilla monia erilaisia, ja yritykset voivat valita niistä tarpeisiinsa sopivimman. Suomessa tällaisia järjestelmiä tarjoaa esimerkiksi Roima.

MES-ohjelmiston avulla voidaan seurata tuotantoeriä tai yksittäisiä kappaleita sekä sitä, missä vaiheessa tuotantoa ne kulloinkin ovat. Järjestelmä tuottaa reaaliaikaista dataa tuotannon etenemisestä. MES on keskeinen työkalu tuotannonohjauksessa: sen avulla voidaan ohjata, mitkä erät menevät tuotantoon ja missä järjestyksessä ne valmistetaan. Johtajat näkevät järjestelmästä nopeasti, jos jotkin erät tai tuotteet täytyy priorisoida – esimerkiksi silloin, kun tuotteiden on ehdittävä tiettyyn aikaan satamaan, jotta ne voidaan lähettää laivalla maailmalle. Koska laivatoimitukset ovat lentorahtia huomattavasti hitaampia, pienikin viivästys voi johtaa yli viikon mittaisiin toimitusviiveisiin.

MES-järjestelmä näyttää myös, jos jokin tuotannonvaihe on seisahtunut. Se tarjoaa siis tärkeää tietoa tuotannon sujuvuudesta, mikä auttaa tehokkaan tuotantolinjan suunnittelussa ja jatkuvassa parantamisessa. Yksi järjestelmän heikkouksista on ohjelmistopäivitykset, joiden aikana tuotanto joudutaan usein keskeyttämään, jotta päivitys ei aiheuttaisi järjestelmäongelmia.

Tyypillisesti jokaisella tuotantosolulla on oma MES-käyttöliittymä, johon kirjaudutaan kyseisen pisteen tunnuksilla. Samalla työntekijä kirjautuu MES-järjestelmään, jolloin johtajat näkevät, missä kukin työntekijä työskentelee ja mitä tehtävää hän tekee. Tiiminvetäjät päättävät, mitä tuotteita soluissa aletaan seuraavaksi valmistamaan, ja järjestelmässä näkyy, mikä erä on tulossa työn alle. Työntekijä valitsee erän, ja MES päivittää tilan "työn alla" -merkintään. Jos erällä on tietty koko, MES osaa seurata esimerkiksi sarjanumeroiden avulla, kuinka monta kappaletta on jo tehty ja kuinka monta on vielä valmistamatta. Kun erä valmistuu yhdellä pisteellä, seuraava työvaihe näkee sen heti ja voi aloittaa työstämisen.

MES-järjestelmä auttaa tunnistamaan myös mahdolliset tuotannon pullonkaulat. Sujuvassa tuotannossa järjestelmässä näkyy vain muutama erä tai kappale kerrallaan, mutta jos jossain vaiheessa alkaa muodostua ruuhkaa, voidaan syitä lähteä tutkimaan tarkemmin. MES:n avulla voidaan dokumentoida jokainen tuotannon vaihe ja yleensä myös seurata, kuinka kauan kukin vaihe kestää. Tämän datan avulla tuotantoa voidaan kehittää entistä tehokkaammaksi.

4.3.3 ERP-ohjelmistot

ERP eli Enterprise Resource Planning on ohjelmisto, joka yhdistää tuotannon ja liiketoiminnan eri osa-alueet, kuten suunnittelun, taloushallinnon, varastonhallinnan, asiakastilaukset, tuotannonohjauksen sekä henkilöstön palkanmaksun ja työvuorosuunnittelun. Kuten MES-ohjelmistoja, myös ERP-järjestelmiä on tarjolla useita, ja eri kokoisille yrityksille on saatavilla omiin tarpeisiin sopivia ratkaisuja.

Tuotannonsuunnittelu jaetaan kahteen tasoon: karkeasuunnitteluun ja hienosuunnitteluun. ERP-järjestelmällä voidaan toteuttaa karkeasuunnittelu, kun taas hienosuunnitteluun käytetään MES-järjestelmää. Nämä kaksi ohjelmistoa täydentävät toisiaan ja ovat molemmat keskeisiä tuotannon ja liiketoiminnan hallinnassa. Joissain ERP-järjestelmissä on sisäänrakennettu MES-toiminnallisuus. ERP:n tehtävänä on määrittää tavoitteet, joita MES toteuttaa käytännön tasolla. Esimerkiksi ERP:llä suunnitellaan, mitä tuotteita valmistetaan ja kuinka paljon, kun taas MES määrittää, millä koneilla ja milloin tuotteet valmistetaan.

ERP voidaan asentaa paikallisesti yrityksen omiin palvelimiin, mikä tarjoaa korkeimman tason hallintaa ja tietoturvaa. Paikallisesti asennettua ERP-järjestelmää on kuitenkin huollettava säännöllisesti. Vaihtoehtoisesti ERP voidaan toteuttaa pilvipalveluna, jolloin järjestelmän ylläpito siirtyy palveluntarjoajalle. Pilvipohjainen ERP on nykyisin yleisin toteutustapa, sillä se tarjoaa alhaisemmat alkuinvestoinnit, paremman skaalautuvuuden, nopeammat päivitykset sekä

helpomman integraation muihin järjestelmiin. Yritys voi myös hyödyntää molempia vaihtoehtoja samanaikaisesti: esimerkiksi pääkonttorissa käytetään paikallista ERP-järjestelmää ja tytäryhtiöissä käytetään pilvipohjaista versiota. Tällainen hybridimalli mahdollistaa eri alueille parhaiten sopivat ratkaisut.

ERP-järjestelmän avulla voidaan hoitaa muun muassa kirjanpito, asiakastilaukset, toimitusten hallinta, toimittajamaksut sekä yrityksen suorituskyvyn seuranta. ERP:n käyttö riippuu vahvasti yrityksen toimialasta – tässä tekstissä keskitytään erityisesti valmistavan teollisuuden ERP:n hyödyntämiseen. Nykyään tuotantoprosessit ovat vahvasti riippuvaisia toimivasta ERP-järjestelmästä, oli kyseessä yksittäiskappale-, erä- tai jatkuva tuotanto. Kuten MES-järjestelmällä, myös ERP:n avulla hallitaan resursseja, asiakastilauksia, kustannuksia ja varastoa.

ERP on myös erinomainen työkalu Lean-ajatteluun ja jatkuvaan parantamiseen. Kuten aiemmin mainittiin, ERP on kokonaisvaltainen järjestelmä, joka koostuu eri moduuleista – yksi näistä voi olla MES-järjestelmä. Moduulit keskustelevat keskenään ja keräävät reaaliaikaista tietoa yhteiseen tietokantaan. Kun kaikki yrityksen data kerääntyy yhteen paikkaan, voidaan yrityksen toiminta nähdä kokonaisuudessaan. Samasta järjestelmästä on mahdollista seurata esimerkiksi asiakastilausten määrää, valmistuneiden ja tuotannossa olevien tuotteiden määriä, liikevaihtoa, voittomarginaalia sekä toimitusaikatauluja. Lisäksi ERP-järjestelmä tarjoaa tietoa henkilöstöstä. Tätä kokonaisvaltaista dataa voidaan hyödyntää jatkuvassa parantamisessa, sillä se antaa vahvan pohjan yrityksen eri toimintojen kehittämiseksi. Mikäli nähdään, että yrityksen suorituskyky on hyvä, voidaan suunnitella uusia investointeja, joilla tuottavuutta voidaan nostaa entisestään. (Rufe, 2013.)

4.3.4 VSM-työkalu

Value Stream Mapping (VSM) on Lean-ajattelun keskeinen työkalu, joka visualisoi materiaalin ja informaation virtausta vaihe vaiheelta tilauksesta toimitukseen. Toyota kehitti VSM:n osana Toyota Production Systemiä, ja siksi se on vakiinnuttanut paikkansa Lean-johtamisen perustyökaluna. Sen avulla voidaan tunnistaa ja eliminoida hukatekijöitä sekä kehittää prosessin virtausta.

Lean-ajattelun ytimessä on ajatus tuotannon sujuvasta virtauksesta ilman turhia viiveitä ja siirtymäaikoja. VSM-prosessi alkaa nykytilan kartoituksella (engl. current state map), jossa analysoidaan tuotannon tämänhetkinen virtaus. Tämän avulla tunnistetaan pullonkaulat ja hukka, jotka estävät tuotannon sujuvuutta. Seuraavaksi laaditaan tulevaisuuden kartta (engl. future state map), joka kuvaa, miten materiaalin ja tiedon tulisi virrata optimaalisessa tilanteessa, jossa hukka on poistettu.

Nyky- ja tulevaisuudentilan karttoja vertailemalla voidaan suunnitella kehitystoimia ja toteuttaa parannuksia tuotantoprosesseihin. Tätä iteratiivista prosessia toistamalla organisaatio oppii tunnistamaan, mitkä toiminnot tuottavat arvoa ja mitkä voidaan karsia pois. (Lean Enterprise Institute, (n.d.).)

4.3.5 Tekoäly

Nykyään yhä useammat yritykset hyödyntävät tekoälyä osana tuotantoprosessejaan. Tekoälyä voidaan soveltaa monissa tuotannon vaiheissa, kuten suunnittelussa, keräilyssä, kokoonpanossa, laadunvalvonnassa ja pakkauksessa. Se on erityisen tehokas työkalu optimointitehtävissä, sillä se pystyy analysoimaan suuria tietomääriä, tunnistamaan trendejä ja poikkeamia sekä antamaan kehitysehdotuksia tuotannon tehostamiseksi.

Tuotannonsuunnittelussa tekoäly voi ehdottaa tehokkaita ratkaisuja ja tunnistaa prosessin pullonkauloja, mikä parantaa tuotannon kokonaisvirtausta. Inventoinnin hallinnassa tekoäly voi optimoida varaston järjestystä siten, että tuotteet ovat helposti ja nopeasti kerättävissä tuotannon tarpeiden mukaan.

Tekoäly voidaan myös integroida tuotantorobotteihin, jolloin se kykenee itsenäisesti suorittamaan laadunvalvontaa ja tunnistamaan virheellisiä tuotteita reaaliaikaisesti. Erityisen tehokkaasti tekoäly toimii toistuvissa ja yksinkertaisissa prosesseissa, joissa se pystyy optimoimaan omat toimintonsa, kuten liikeradat, mahdollisimman tehokkaiksi.

5 Case: Ruuvipenkin rungon ja kääntöalustan valmistuksen automatisointi

Tässä luvussa teemme Case-analyysin ruuvipenkin rungon ja kääntöalustan valmistuksen automatisoinnista. Tavoitteena on hyödyntää Lean-filosofiaa ja sen periaatteita tuotantoyksikön suunnittelussa ja samanaikaisesti saavuttaa vaaditut tuotantomäärätavoitteet.

5.1 Kuvaus

Tarkasteltavana on tilanne, jossa tavoitteena on automatisoida ruuvipenkin rungon sekä kahdesta kehästä muodostuvan kääntöalustan valmistus mahdollisimman tehokkaasti hyödyntäen Lean-tuotantofilosofiaa. Ruuvipenkin osia pyritään tuottamaan 8000 kappaletta vuodessa, ja seuraavan vuoden tavoitteena on noin 20 % tuotannon kasvu, eli noin 9600 kappaletta. Osat valmistetaan kokonaan teräksestä, joten valmistusprosessi noudattaa pitkälti perinteistä konepajatuotannon valmistusprosessia.

Vuodessa on yhteensä 8760 tuntia, mikä tarkoittaa, että nykyisen vuosituotantotavoitteen saavuttamiseksi yksi kappale tulisi valmistua noin 66 minuutin välein. Kasvavan tuotantotavoitteen myötä seuraavana vuonna aikataulu tiukkenee noin 54 minuuttiin kappaletta kohden. Suurin haaste liittyy kuitenkin työntekijöiden käytettävissä olevaan työaikaan, joka jää vuodessa alle 2000 tuntiin. Tämän vuoksi osien valmistusaikataulu tiivistyy noin neljään tuntiin per osa, mikä tekee tavoitteen saavuttamisesta merkittävästi haastavampaa ilman prosessin optimointia.

Näistä syistä tuotantolinjan automatisointi sekä miehittämättömien tuotantojaksojen mahdollistaminen on kriittistä asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tehokas automatisointi tukee myös Lean-ajattelua paremmin kuin perinteinen työntekijäkeskeinen malli, sillä se vähentää manuaalisen työn tarvetta, sujuvoittaa tuotantoprosessia, lyhentää läpimenoaikoja ja varmistaa tuotteiden tasaisen ja korkean laadun.

5.2 Materiaalinvalinta ja tuotantoprosessin vaiheet

Raaka-aineeksi materiaalivalinnoissa valittiin S355-rakenneteräs. Tämä teräslaatu tarjoaa korkean lujuuden, mikä tekee siitä erinomaisen vaihtoehdon suurille voimille ja rasituksille altistuville osille, kuten ruuvipenkin rungolle. Kääntöalustan valmistuksessa olisi voitu käyttää myös halvempaa tai helpommin työstettävää materiaalia, mutta työn yksinkertaistamiseksi sen kehät valmistetaan samasta S355-materiaalista.

Tuotantoprosessi alkaa raaka-aineiden varastolla, jossa valmistuksessa tarvittavat materiaalit säilytetään odottamassa prosessin seuraavia vaiheita. Varaston koko pidetään mahdollisimman pienenä, jotta tehtaassa jää enemmän tilaa itse tuotannolle. Samalla huolehditaan siitä, että raaka-aineita on riittävästi mahdollisten häiriöiden tai toimituskatkosten varalle, jotta tuotanto ei joudu keskeytymään. Tuotantolinjalla käytettävät raaka-aineet ovat seuraavat:

- teräspalkki 130 mm × 55 mm × 425 mm
- terässärmiöt 300 mm × 300 mm × 35 mm sekä 210 mm × 210 mm × 35 mm.

Materiaalit siirretään varastolta automaattitrukilla lava kerrallaan tuotantosolun alkuun. Työpisteellä mekaaninen robottikäsi, joka on varustettu magneettiottimella, poimii yksittäisen palkin lavalta ja siirtää sen liukuhihnan avulla primääriprosessin työalueelle. Liukuhihnan päässä olevat sensorit pysäyttävät kappaleen oikeaan kohtaan, robottikäden ulottuville. Samat sensorit tunnistavat myös raaka-aineen tyypin, minkä perusteella CNC-kone osaa koneistaa oikean osan ja robottikäsi asettaa sen oikeaan asentoon. Komponenttien tunnistus on helppoa, koska niiden mitat eroavat toisistaan.

Varsinaiset työstöprosessit toteutetaan CNC-ohjatulla koneistuskeskuksella. Suurin osa työstöstä tapahtuu jyskimällä, mutta kappaleisiin tehdään myös porauksia. Erillisiä työstökoneita ei tarvita, koska koneistuskeskus vaihtaa työkalut automaattisesti työkalumakasiinin avulla. Työ alkaa, kun mekaanisella ottimella varustettu robottikäsi poimii teräspalkin liukuhihnalta ja asettaa sen koneistuskeskukseen. Ruuvipenkin runko ja kääntöalustan ulkokehä vaativat useita koneistuskertoja eri kulmista, joten kappaleet otetaan välillä pois koneistuksesta ja käännetään uuteen asentoon.

Kun koneistus on valmis, kappale siirretään pesukoneeseen arvioitavaksi ja puhdistettavaksi irtolastuista ja muista epäpuhtauksista. Pesun aikana toinen kappale voi jo olla koneistettavana, jolloin tuotantoaikaa tehostetaan. Pesun jälkeen valmis ja puhdas ja hyväksytty osa siirretään pesukoneen oikealla puolella olevaan lähetyskoriin tai -lavalle, josta se siirtyy automaattitrukin kuljettamana joko kokoonpanoon tai suoraan pakkaamiseen ja lähetykseen. Mikäli arviointi hylätään, robottikäsi asettaa sen tulemaan toisella liukuhihnalla takaisin. Magneettiottimella varustettu robottikäsi poimii hylätyn tuotteen ja asettaa sen toiselle lavalle.

Vaihtoehtoisesti tuotanto olisi voitu järjestää siten, että jokaiselle osalle on oma tuotantosolunsa. Tällöin voidaan saavuttaa suurempi kapasiteetti ja tasaisempi tuotantotahti, erityisesti silloin, jos osat kootaan ennen lähettämistä. Tässä tapauksessa on kuitenkin valittu yhden solun linjarakenne, jolla vähennetään tarvittavien koneiden ja tuotantokomponenttien määrää, sekä

tiivistetään prosessi pienemmälle alueelle. Linjamaisessa tuotannossa ei myöskään muodostu turhia välivarastoja kappaleiden välille, vaan osat kulkevat suoraan työvaiheesta toiseen.

Tuotantolinjan tehokkuutta voitaisiin mahdollisesti edelleen parantaa, jos yksi robottikäsi kykenisi sekä siirtämään ja kääntämään kappaleita tuotannon eri vaiheissa, että poimimaan raaka-aineita suoraan tiiviisti pakatulta eurolavalta. Tähän ei kuitenkaan tällä kertaa löytynyt toimivaa ratkaisua, joten tuotantolinjassa käytetään kahta robottikättä, joiden välillä materiaali liikkuu liukuhihnaa pitkin.

5.3 Tuotantoprosessin automaatio

Tuotantoprosessi on suunniteltu joustavaksi ja se toimii FMS-mallin (engl. Flexible Manufacturing System) periaatteiden mukaisesti. Materiaalivirta on kaksisuuntaista: osat liikkuvat työpisteiden ja robottikäsienvälillä ilman ihmisen osallistumista yksittäisiin työvaiheisiin tai niiden väliseen kuljetukseen. Tuotantoprosessia on mahdollista laajentaa tai jakaa osiin – esimerkiksi jokaiselle valmistettavalle osalle voidaan rakentaa oma tuotantolinja nykyisen rakenteen pohjalta.

Koska samalla tuotantolinjalla valmistetaan useita erilaisia osia, tarvitaan luotettava ja älykäs valvontajärjestelmä tuotannon sujuvuuden varmistamiseksi. Järjestelmä seuraa reaaliaikaisesti kaikkia tuotantoon syötettyjä raaka-aineita, jotta koneistuskeskus osaa suorittaa oikeat työstötoimenpiteet kullekin kappaleelle. Lisäksi käytössä on automaattinen tilausjärjestelmä, jonka avulla automaattitrukit vaihtavat lavan tuotannon alussa sen tyhjennettyä, ja siirtävät täyttyneet lavat pois tuotantolinjan päästä valmiiden tuotteiden osalta.

Valvontajärjestelmä on käyttäjän ohjattavissa tuotantolinjan läheisyydestä. Tämä mahdollistaa prosessin säätämisen esimerkiksi vikatilanteissa tai tuotantomäärän muuttuessa. Järjestelmä tukee Just-In-Time (JIT) -periaatetta, jonka tavoitteena on minimoida tarpeettomat varastobufferit ja tehostaa tuotantovirtaa. Järjestelmän rinnalle on lisäksi asennettava Jidoka-periaatteen mukaisia toimintoja, kuten merkkivaloja vikatilanteiden tunnistamiseen ja automaattinen tuotannon pysäytystoiminto. Näiden avulla työntekijät voivat havaita poikkeamat nopeasti ja reagoida tilanteisiin viiveettä, mikä parantaa tuotannon laatua ja turvallisuutta.

5.4 Tehtaan asetelmapohja

Tehtaan alkupäässä sijaitsee materiaalivarasto, joka on varustettu varastohyllyillä ja hyllystöhisillä. Varastossa säilytetään raaka-aineena käytettäviä teräspalkkeja eurolavoilla. Eurolavan vakioimitat ovat 1,2 m × 0,8 m, ja se kestää noin 1800 kg:n kuormituksen (Stena Recycling, (n.d.)).

Teräspalkkien arvioidut painot ovat seuraavat:

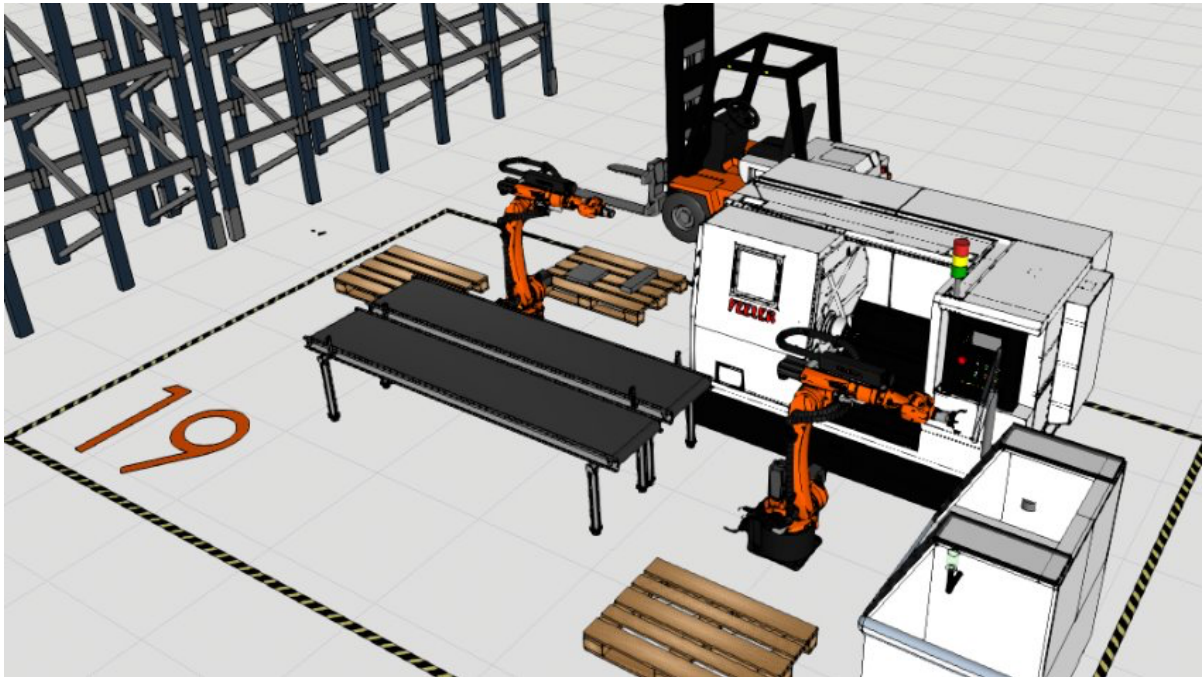
- 25 kg kappaleelta rungon ja kääntöalustan ulkokehän osalta
- 13 kg kappaleelta kääntöalustan pienemmän sisäkehän osalta.

Yhdelle eurolavalle mahtuu arviolta:

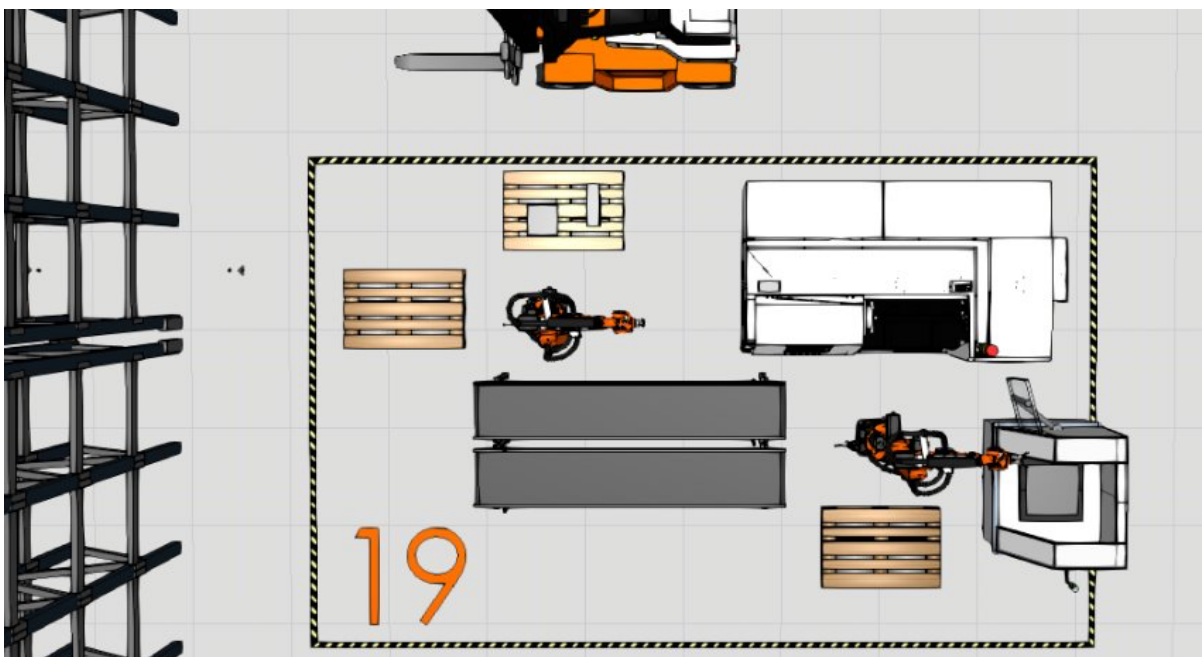
- 64 palkkia ruuvipenkin runkoa varten

- 72 palkkia kääntöalustan ulkokehään
- 135 palkkia kääntöalustan sisäkehään. (Glocon, (n.d.)).

Kuljetuksissa käytetään eurolavoja, joille pakataan vakiomäärä kappaleita, esimerkiksi 50 runkoa, 50 ulkokehän palkkia tai 100 sisäkehän palkkia. Näin varmistetaan selkeä materiaalivirta ja logistiikan hallittavuus. Koska osien valmistusnopeus on melko hidas, välivaraston ei tarvitse olla erityisen suuri. Pienikokoinen ja tehokkaasti hallittu välivarasto riittää takaamaan materiaalien saatavuuden ilman, että tuotanto keskeytyy.



Havainnollistava kuva tuotantopisteen asetelmasta. Varasto on asetettu todellista lähemmäksi.



Havainnollistava kuva tuotantopisteen asetelmasta ylhäältä katsottuna. Varasto on asetettu todellista lähemmäksi.

5.5 Läpimenoaika ja prosessin pullonkaulat

Seuraavana esitetään osien työvaiheiden järjestys taulukkomuodossa:

Runko	Ulkokehä (365)	Sisäkehä (366)
Yläpinta + kyljet	Yläpinta + muodon muuttaminen pyöreäksi	Yläpinta + muodon muuttaminen pyöreäksi
Yläpinnan lovi	Kiekon keskellä oleva suuri reikä	Kiekon keskellä oleva suuri reikä
Kylkien lovet	Kiekon yläpinnan sisäreunassa oleva olake	Kiekon yläpinnan ulkoreunassa oleva olake
Yläpinnassa isoon loveen nähden vaakatasossa oleva lovi	Osan läpäisevät ovat kolme reikää	Osan yläpinnassa oleva iso lovi
Loven keskellä olevat reiät, sekä niiden välissä olevat syvennykset	Osan läpäisevät neljä muotoiltua aukkoa	Osan läpäisevät neljä reikää
Rungon etupäässä olevat neljä reikää	Kääntö ympäri	
Kääntö ympäri	Alapinta	
Alapinta	Alapinnassa olevat kaksi lovea	
Alapinnassa olevat kaksi lovea		
Yhteensä noin 10 min 5 s	Yhteensä noin 8 min 26 s	Yhteensä noin 4 min 54 s

Taulukko 1: Osien työvaiheiden järjestys

Osien työstämisaika laskettiin Sandvik Coromantin CoroPlus ToolGuiden avulla. Tämä aika-arvio ei ole täysin tarkka, sillä siitä puuttuvat esimerkiksi osien kulmiin ja reunoihin tulevat viisteet, sekä aika, jonka koneistuskeskus käyttää työkalujen liikkumiseen ja vaihtamiseen. Arvio on kuitenkin riittävän tarkka antaakseen suuntaa siitä, kuinka kauan yksittäisen osan valmistaminen

suurin piirtein kestää. Koneistuksen lisäksi työhön kuuluu puhdistus- ja arviointiaika, joka on noin minuutin pituinen.

Tuotannon läpimenoaika määräytyy kuitenkin enemmän koneistuksen mukaan, sillä koneistuskeskus voi aloittaa seuraavan kappaleen työstön samalla, kun pesukone pesee edellistä kappaletta. Näin pesukone ehtii tyhjentyä ennen kuin seuraava kappale on edes lähellä siirtymistä sinne. Primääri- ja sekundääriprosessien lisäksi yhden raaka-ainekappaleen valmistuksessa lavalta lavalle siirtämiseen ja kääntämiseen kuluu konservatiivisesti arvioiden keskimäärin 30 sekuntia, jolloin koneistusta ei voida suorittaa.

Jos tuotteen läpimenoajaksi lasketaan aika, joka kuluu siihen, että jokaista osaa valmistetaan yksi kappale, on läpimenoaika varsin pitkä. Tämä johtuu valitsemastamme tuotantotavasta, jossa yksittäisiä osia valmistetaan aina lavallinen kerrallaan. Tällöin optimaalisessa tilanteessa vasta 101. linjan tuottama osa vastaisi yhtä "valmista" tuotetta. Mikäli läpimenoaika kuitenkin lasketaan keskiarvona sadan valmiin yhdistelmän tuotantoajasta, se on paljon järkevämpi. Tällöin kaikkien kolmen osan valmistus kestää keskimäärin yhteensä 1500 sekuntia, eli noin 25 minuuttia. Tällä tahdilla saavutetaan helposti aikaisemmin arvioidut tavoitteet, jotka olivat 66 ja 54 minuuttia.

Jos tehdas tuottaisi osia taukoamatta 24 tuntia vuorokaudessa, 8000 osan vuosittainen tavoite saavutettaisiin laitteen 57 kappaleen päivätahdilla noin 140 vuorokauden aikana. Mikäli tuotannossa jatketaan 20 prosentin vuotuisella kasvulla, tämä tuotantolinja pysyisi tavoitteessa optimistisesti arvioituna mahdollisesti neljän vuoden ajan. Todellisuudessa läpimenoajan lisäksi tuotannossa tulee kuitenkin olemaan myös ylimääräisiä arvaamattomia hidasteita, kuten tuotannon ongelmatilanteita, koneiden vikoja ja huoltoa, työkalujen vaihtoja sekä toimitusongelmia.

Tuotannon suurin pullonkaula on osien pitkä koneistusaika, joka toteutetaan vain yhdellä CNC-koneella. Ruuvipenkin rungon ja kääntöalustan ulkokehässä on koneistettavia muotoja sekä osan ylä- että alapinnassa, mikä edellyttää ainakin yhden käännön valmistuksessa. Järjestelmä voi valmistella muita työvaiheita osittain lomittain koneistuskeskuksen työstöprosessin aikana, mutta tuotantolinja joutuu kuitenkin odottamaan kyseisen työvaiheen valmistumista ennen seuraavan osan aloittamista.

6 Yhteenveto

Tässä kirjallisuusselvityksessä tarkasteltiin Lean-tuotantofilosofiaa, sen keskeisiä periaatteita ja työkaluja tuotantotekniikan näkökulmasta. Lean-ajattelu perustuu asiakasarvon maksimoimiseen ja hukan poistamiseen tuotantoprosesseista. Sen ydinperiaatteita ovat arvon ja arvovirran optimointi, jatkuva parantaminen (jpn. Kaizen) sekä älykäs autonomia (jpn. Jidoka), joiden avulla yritykset voivat kehittää prosessejaan tehokkaammiksi ja joustavammiksi.

5S-menetelmä esiteltiin tärkeänä työkaluna Lean-filosofian käytännön soveltamisessa. Menetelmä tarjoaa systemaattisen lähestymistavan työpaikan järjestämiseen, turvallisuuden parantamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen. Tapaukset autoteollisuudesta ja kumituotteiden valmistajalta osoittivat konkreettisesti, miten 5S:n käyttöönotto voi johtaa merkittäviin parannuksiin tuottavuudessa, laadussa ja työturvallisuudessa, kun siihen sitoudutaan pitkäjänteisesti.

Jatkuva parantaminen tuotantoprosessissa ilmeni keskeisenä Lean-ajattelun osana, erityisesti PDCA-syklin, työntekijöiden osallistamisen ja modernien Lean-työkalujen kautta. Työssä esiteltyt työkalut, kuten JIT, Kanban, MES-, ERP- ja VSM-järjestelmät, tukevat tuotannon reaaliaikaista seuranta- ja kehittämistä. Tekoäly puolestaan tuo uusia mahdollisuuksia prosessien optimointiin ja laadunhallintaan.

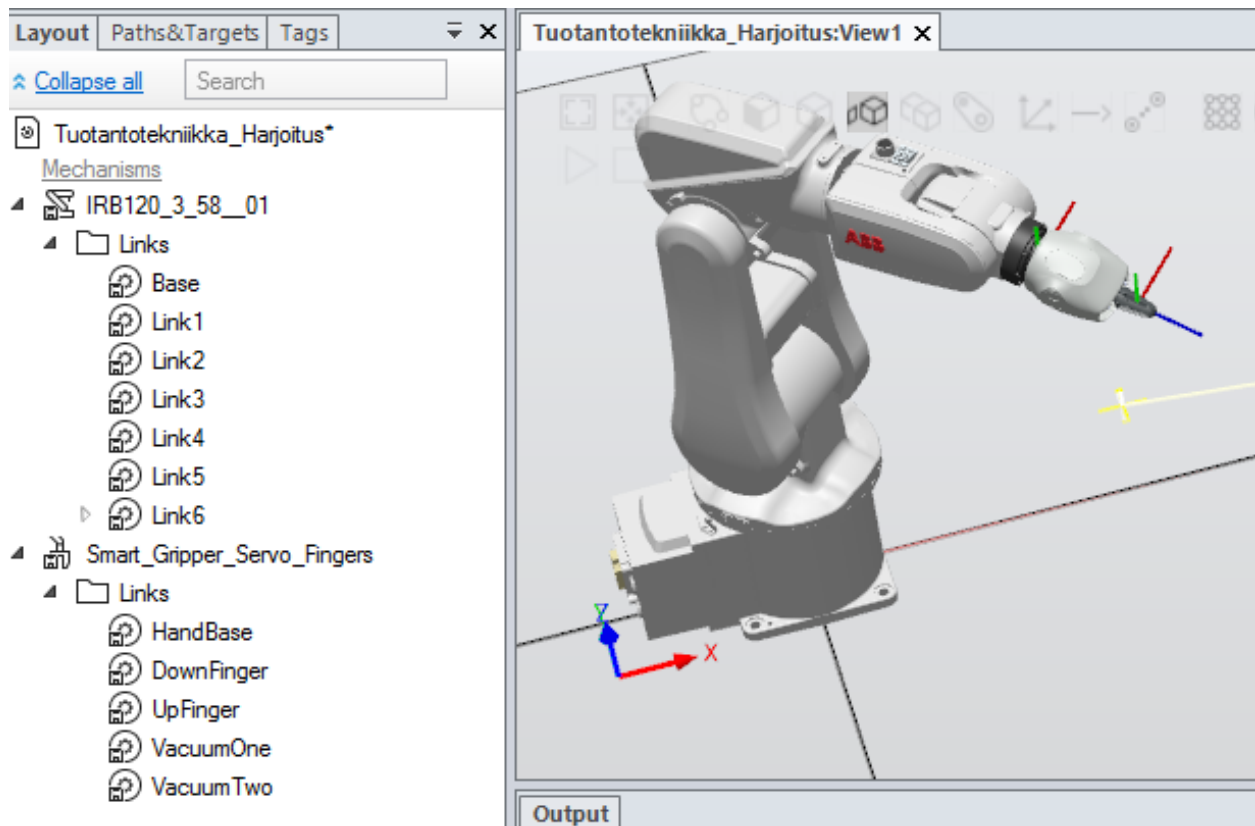
Työn lopussa esitelty tapaustutkimus ruuvipenkin rungon ja kääntöalustan valmistuksesta havainnollisti käytännönläheisesti, miten Lean-filosofian periaatteita voidaan soveltaa automatisoidun tuotantoympäristön suunnittelussa. Tuotantolinjastossa käytettävien koneiden määrään vaikuttaa rajoittavasti heti alussa Lean-periaatteet, kuten hukan minimointi. Muiden muassa myös JIT-tuotanto näkyy konkreettisesti varastojen hallinnassa.

Kokonaisuudessaan työ osoittaa, että Lean-ajattelu ei ole pelkästään menetelmä, vaan kulttuuri ja toimintamalli, joka tukee jatkuvaa kehitystä ja kilpailukyvyn vahvistamista. Sen periaatteiden jalkauttaminen vaatii sekä johdon sitoutumista että työntekijöiden aktiivista osallistumista. Oikein toteutettuna Lean tarjoaa selkeitä hyötyjä niin tuotannon tehokkuuden, laadun kuin työhyvinvoinnin näkökulmasta, mitkä kaikki luovat yritykselle kilpailuetua.

Lähteet

- Krasteva. I. (n.d.). What is Value in Lean? Businessmap. Viitattu 3.2025. Saatavissa: <https://businessmap.io/lean-management/value-waste/what-is-value-lean>
- Lean Entrerprise Institute. (n.d.). Value Stram Mapping. Viitattu 3.2025. Saatavissa: <https://www.lean.org/lexicon-terms/value-stream-mapping>
- Naydenov. P. (n.d.). What is Kanban Board? A Comprehensive Guide. Businessmap. Viitattu 2025. Saatavissa: <https://businessmap.io/kanban-resources/getting-started/what-is-kanban-board>
- Tarlengco. J. 2025. Understanding Jidoka: A Lean Principle in Manufacturing. SafetyCulture. Saatavissa: <https://safetyculture.com/topics/jidoka/>
- Purdue University. 2024. Kaizen Training and the Lean Six Sigma Approach. Saatavissa: <https://www.purdue.edu/leansixsigmaonline/blog/kaizen-training-lean-six-sigma-approach>
- Krasteva. I. (n.d.). The 5 Lean Principles: Reduce Waste and Drive Growth. Businessmap. Viitattu 2025. Saatavissa: <https://businessmap.io/lean-management/implementing-lean-principles>
- Tehos. (n.d.) Lean 5S-opas. Viitattu 2025. Saatavissa: Tehos.fi Lean 5S-opas
- Veres. C., Marian. L., Moica. S., Al-Akel. K. 2018. Case study concerning 5S method impact in an automotive company. Procedia Manufacturing. Vol 22. 900-905S. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.03.127
- Todorovic. M., Cupic. M. 2017. How Does 5s Implementation Affect Company Performance? A Case Study Applied to a Subsidiary of a Rubber Goods Manufacturer from Serbia. Vol 28. No 3. DOI: 10.5755/j01.ee.28.3.16115.
- Rufe. P. 2013. Fundamentals of Manufacturing. 3rd edition. 351-356 S. ISBN: 0872638707
- SAP. (n.d.). What is ERP? Viitattu 3.2025. Saatavissa: [https://www.sap.com/products/erp/what-is-erp.html#:~:text=Enterprise%20resource%20planning%20\(ERP\)%20is,a%20single%20source%20of%20truth.](https://www.sap.com/products/erp/what-is-erp.html#:~:text=Enterprise%20resource%20planning%20(ERP)%20is,a%20single%20source%20of%20truth.)
- Stena Recycling. (n.d.). Eurolavat eli EUR-lavat. Viitattu 3.2025. Saatavissa: <https://www.stenarecycling.com/fi/palvelumme/kuormalavat2/eur-lavat/>
- Glocon. Metallien painolaskuri. Viitattu 3.2025. Saatavissa: <https://glocon.fi/metallien-painolaskuri/>

RobotStudio tehtävän palautus:



Ryhmän jäsenten osuudet ryhmätyön tekemisessä:

Lukas Parviainen 100184240

- Luku 1: Johdanto, Luku 6: Yhteenveto
- Case-tehtävän tehtaan asetelma ja kuvat sen Visual Components -mallinnuksesta
- Muiden tekstien oikoluku, korjaaminen ja selkeyttäminen. Tekstien siirtäminen mallipohjan muottiin

Daniel Hillberg 100566596

- Luku 5: Case: Ruuvipenkin rungon ja kääntöalustan automatisointi

Oiva Peltola 101790727

- Luku 3: 5S-menetelmä

Duy Nguyen 100871168

- Luku 2: Lean-tuotantofilosofia

Juri Soiri 102723298

- Luku 4: Jatkuva parantaminen tuotantoprosessissa
- PowerPoint-diat