

Unapređenje proizvodnih procesa u tekstilnoj industriji

Martinko, Ninoslav

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:668076>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-17**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ninoslav Martinko

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Dr. sc. Nataša Tošanović, dipl. ing.

Student:

Ninoslav Martinko

Zagreb, 2024.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentorici dr. sc. Nataši Tošanović na danim savjetima, komentarima i usmjerenjima tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem i zaposlenicima tvrtke Kostelar d.o.o. na pruženoj pomoći pri realizaciji ovog rada.

Ponajviše zahvaljujem roditeljima, koji su mi za cijelo vrijeme studiranja bili konstantna podrška kako bi me pogurali prema konačnom cilju.

Ninoslav Martinko



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
Proizvodno inženjerstvo, inženjerstvo materijala, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
mehatronika i robotika, autonomni sustavi i računalna inteligencija

| | |
|---|--------|
| 1) Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: 602 - 04 / 24 - 06 / 1 | |
| Ur.broj: 15 - 24 - | |

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Ninoslav Martinko** JMBAG: 0035221040

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Unapređenje proizvodnih procesa u tekstilnoj industriji**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Improvement of production processes in the textile industry**

Opis zadatka:

Kako bi održala konkurentnost, poduzeća koja spadaju u klasu vodećih svjetskih poduzeća koriste neku od metoda za unapređenje proizvodnje. Značajan broj takvih poduzeća koristi metodologiju Lean menadžment. Provođenje aktivnosti unapređenja je dugotrajan i intenzivan proces, a u različitim poslovnim i proizvodnim okruženjima zahtijeva različite pristupe. Iako je Lean menadžment početno razvijen u automobilske industriji, danas je primjena ove metode prisutna u različitim tipovima proizvodnih poduzeća te također i u svim drugim poslovnim sustavima, kao što su uslužna poduzeća, bolnice, vladine institucije, itd. Uvođenje Lean menadžmenta u tekstilnu industriju omogućava smanjenje gubitaka i povećanje vrijednosti kroz eliminaciju neefikasnosti u procesu. Korištenjem Lean alata kao što su 5S, Kaizen i Poka-Yoke, mogu se postići značajne uštede u vremenu i troškovima, uz istovremeno povećanje kvalitete proizvoda. Lean pristup omogućava kontinuirano unaprjeđenje procesa, što rezultira boljom prilagodbom tržišnim promjenama i smanjenjem operativnih troškova.

U ovom radu potrebno je :

- 1) Opisati Lean menadžment s fokusom na primjenu u proizvodnim procesima
- 2) Opisati ključne alate Lean menadžmenta, uključujući alate poput 5S, Kaizen, Poka-Yoke, Value Stream Mapping (VSM)
- 3) Istražiti primjere primjene Lean menadžmenta u tekstilnoj industriji
- 4) Na primjeru jedne kompanije provesti unapređenja primjenom Lean menadžmenta, te detaljno analizirati postojeći proces, predložiti unaprjeđenja i kvantificirati rezultate

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

26. rujna 2024.

28. studeni 2024.

5., 6. i 9. prosinca 2024.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Doc.dr.sc. Nataša Tošanović

Prof. dr. sc. Ivica Garašić

SADRŽAJ

| | |
|--|-----|
| SADRŽAJ | I |
| POPIS SLIKA | III |
| POPIS TABLICA..... | V |
| SAŽETAK..... | VI |
| SUMMARY | VII |
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. LEAN MENADŽMENT | 3 |
| 2.1. Uvod u Lean..... | 3 |
| 2.2. Principi Lean upravljanja | 5 |
| 2.2.1. Identificiranje vrijednosti..... | 5 |
| 2.2.2. Mapiranje toka vrijednosti | 5 |
| 2.2.3. Stvaranje protoka | 6 |
| 2.2.4. Sustav povlačenja..... | 7 |
| 2.2.5. Izvrsnost..... | 7 |
| 2.3. Lean alati i tehnike | 7 |
| 2.3.1. 5S | 8 |
| 2.3.2. Just-in-Time (JIT) | 11 |
| 2.3.3. Kaizen | 12 |
| 2.3.4. Lean Six Sigma | 15 |
| 2.3.5. Kanban | 17 |
| 2.3.6. Value Stream Mapping (VSM) (hrv. Mapiranje toka vrijednosti)..... | 18 |
| 2.3.7. Single Minute Change of Die (SMED) (hrv. Jednominutna promjena žiga)..... | 20 |
| 2.3.8. Poka-Yoke (eng. Mistake proofing)..... | 21 |
| 2.3.9. 5 Whys (hrv. 5 puta zašto) | 23 |
| 2.3.10. Total Productive Maintenance (hrv. Cjelovito produktivno održavanje) | 24 |
| 2.3.11. Jidoka (eng. Autonomation)..... | 25 |
| 2.3.12. Andon..... | 26 |
| 2.4. Industrija 4.0 | 27 |
| 2.4.1. Značajke Industrije 4.0..... | 30 |
| 2.4.2. Umjetna inteligencija | 30 |
| 2.4.3. Internet stvari (eng. Internet of Things (IoT)) | 34 |
| 2.4.4. Virtualna i proširena stvarnost (Virtual Reality i Augmented Reality) | 36 |
| 3. PRIMJENA LEAN ALATA I TEHNIKA U TEKSTILNOJ INDUSTRIJI | 38 |
| 3.1. Stopa usvajanja korištenja Lean alata i tehnika | 39 |
| 3.2. Barijere implementiranja Lean filozofije u tekstilnoj industriji..... | 40 |
| 3.3. Primjeri primjene Lean alata u tekstilnoj industriji | 42 |
| 3.3.1. Primjer 1: Primjena VSM alata u industriji odjeće..... | 42 |
| 3.3.2. Primjer 2: Povećanje produktivnosti u proizvodnji odjeće..... | 45 |

| | |
|---|----|
| 4. UNAPREĐENJE PROIZVODNOG PROCESA ODABRANOG PODUZEĆA | 51 |
| 4.1. O odabranom poduzeću | 51 |
| 4.2. Proizvodni proces..... | 52 |
| 4.3. Primjena <i>Value Stream Map</i> alata za uvid u trenutno stanje procesa | 56 |
| 4.4. Odabrano područje unapređenja i opis problematike | 61 |
| 4.4.1. Šivanje proizvoda NX..... | 61 |
| 4.4.2. Trenutni <i>layout</i> odjela šivanja..... | 64 |
| 4.4.3. Predloženi budući <i>layout</i> odjela šivanja | 70 |
| 4.4.4. Usporedba rezultata mjerenja | 73 |
| 4.4.5. <i>Value Stream Map</i> budućeg stanja..... | 73 |
| 5. ZAKLJUČAK..... | 75 |
| LITERATURA..... | 76 |

POPIS SLIKA

| | | |
|-----------|--|----|
| Slika 1. | Principi Lean upravljanja | 5 |
| Slika 2. | Push i Pull filozofija | 7 |
| Slika 3. | Prostor za odlaganje predmeta s crvenim etiketama | 8 |
| Slika 4. | Označeno mjesto paletara..... | 9 |
| Slika 5. | Pomagala za čišćenje..... | 9 |
| Slika 6. | Primjer auditne liste provjere | 11 |
| Slika 7. | Principi Kaizen filozofije | 13 |
| Slika 8. | PDCA krug..... | 14 |
| Slika 9. | Krivulja normalne raspodjele i odgovarajuće površine koje pokriva..... | 15 |
| Slika 10. | Slijed DMAIC procesa | 16 |
| Slika 11. | Kanban ploča..... | 17 |
| Slika 12. | Digitalna kanban ploča..... | 18 |
| Slika 13. | Primjer mape toka vrijednosti | 19 |
| Slika 14. | Koraci primjene VSM-a | 20 |
| Slika 15. | Promjene SMED tehnike..... | 21 |
| Slika 16. | 6 Poka-Yoke principa..... | 22 |
| Slika 17. | Slijed metode „5 puta zašto“ | 23 |
| Slika 18. | TPM model..... | 24 |
| Slika 19. | Proces evolucije Jidoka tehnike | 25 |
| Slika 20. | Andon ploča | 26 |
| Slika 21. | Wattov parni stroj..... | 27 |
| Slika 22. | Fordova pokretna traka..... | 28 |
| Slika 23. | Četiri industrijske revolucije | 29 |
| Slika 24. | Arhitektura neuronske mreže | 32 |
| Slika 25. | Razlika strojnog (eng. Machine) i dubokog (eng. Deep) učenja..... | 32 |
| Slika 26. | Primjer interakcije čovjeka i <i>chatbota</i> | 33 |
| Slika 27. | Segmentacija dobivenog prizora | 33 |
| Slika 28. | Postav IoT sustava..... | 34 |
| Slika 29. | Sudionici interneta stvari..... | 35 |
| Slika 30. | Primjena VR tehnologije u svrhu vježbi zaštite na radu | 36 |
| Slika 31. | Proširena stvarnost na mobilnom uređaju | 37 |
| Slika 32. | VSM trenutnog stanja..... | 43 |
| Slika 33. | VSM budućeg stanja | 45 |
| Slika 34. | Pareto dijagram proizvodnog asortimana..... | 46 |
| Slika 35. | Omjer vremena takta s vremenima ciklusa operacija..... | 47 |
| Slika 36. | Proizvodni pogon poduzeća Kostelar..... | 51 |
| Slika 37. | Materijal u odjelu krojnice | 52 |
| Slika 38. | Stroj za krojenje u radu | 53 |
| Slika 39. | Krojna slika jednog namota materijala..... | 54 |
| Slika 40. | Sortirani materijal potreban za šivanje prednje strane | 54 |
| Slika 41. | Odjel šivaone..... | 55 |
| Slika 42. | OK proizvodi..... | 56 |
| Slika 43. | Dijelovi proizvoda NX | 57 |
| Slika 44. | Mapa trenutnog stanja procesa..... | 60 |
| Slika 45. | Tok materijala kroz proces šivanja..... | 63 |
| Slika 46. | <i>Layout</i> šivaone..... | 64 |
| Slika 47. | Faze procesa šivanja na <i>layout</i> -u šivaone..... | 66 |
| Slika 48. | Predloženi <i>layout</i> odjela šivaone..... | 70 |

Slika 49. Mapa budućeg stanja procesa..... 74

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Primjena Lean alata i tehnika u tekstilnoj industriji | 39 |
| Tablica 2. Brainstorming matrica problema premale proizvodnje | 48 |
| Tablica 3. Usporedba parametara prije i nakon uvođenja promjena | 49 |
| Tablica 4. Prikaz i nomenklatura stabla dijelova proizvoda NX | 57 |
| Tablica 5. Operacije šivanja proizvoda NX | 62 |
| Tablica 6. Broj operatera po operacijama | 65 |
| Tablica 7. Vrijeme transporta materijala u trenutnom <i>layout</i> -u | 68 |
| Tablica 8. Vrijeme transporta materijala u predloženom <i>layout</i> -u | 72 |
| Tablica 9. Usporedba rezultata mjerenja u trenutnom i u predloženom <i>layout</i> -u | 73 |

SAŽETAK

U ovom radu, opisan je pojam vitke proizvodnje, njeno podrijetlo i razvoj ideja te filozofije kroz povijest. Navedeni su i opisani neki od mnogih alata, u čijoj je osnovi sadržana filozofija vitke proizvodnje, a ona govori o povećanju produktivnosti proizvodnih procesa. Dani su realni primjeri primjene alata vitke proizvodnje te barijere uvođenja istih u poduzećima diljem svijeta. Pregledom literature, spoznata je motivacija za unapređenje proizvodnog procesa jednog poduzeća u tekstilnoj industriji, gdje se mapiranjem toka vrijednosti zabilježilo trenutno stanje procesa, te se nakon predloženih promjena za unapređenje mapirao tok vrijednosti u budućem, unaprijeđenom stanju.

Ključne riječi: vitka proizvodnja, vitki menadžment, proizvodni proces, tekstilna industrija, mapiranje toka vrijednosti

SUMMARY

In this paper, the term of Lean production is described, just like its origin and the development of its ideas throughout history. Some of many Lean tools have been listed and described, in which Lean philosophy is contained, who speaks about increasing productivity of manufacturing processes. There have been given real examples of applying Lean manufacturing tools in companies around the world and also barriers which occur when trying to implement them. Overviewing the literature sparked a motivation to improve a production process in one garment industry company, where a current state was recorded by mapping the value stream, and after proposed changes for improvement have been given, a future value stream, in an improved state, was mapped.

Key words: Lean manufacturing, Lean management, production process, garment industry, value stream mapping

1. UVOD

Izrada proizvoda, u vidu proizvodnih sustava, krenula je u mnogim oblicima s prvom industrijskom revolucijom, krajem 18. stoljeća, kada su se pojavile organizirane radne zajednice, koje su uključivale i ljudski rad i strojeve. Prva grana koja se susrela s, tada, takvim modernim sustavima, bila je tekstilna industrija. Od početaka proizvodnih sustava, željela se stvoriti maksimalna efikasnost, kako ljudskog rada, tako i strojeva, jer je upravo to bio put kako bi tvrtka stvorila čim više proizvoda, a shodno time, i čim veću dobit. Kada su se dostigle maksimalne mogućnosti strojeva, vlasnici svojih tvornica pokušavali su povećati efikasnost ljudskog rada, no to je rezultiralo slabo plaćenim radom, nehigijenskim uvjetima rada, stoga i nezadovoljstvom radnika te, u konačnici, smanjenom obujmu proizvodnje. Njemački filozof, Friedrich Engels, je u svojoj knjizi *Die Lage der arbeitenden Klasse in England* (hrv. *Položaj radničke klase u Engleskoj*), progovarao o toj problematici, te naglašavao kako je industrijska revolucija jednako tako promijenila i društvo. Govorio je o povećanju smrtnosti u velikim industrijskim središtima u Engleskoj, poput Salforda, Manchestera i Liverpoola, a krivnju je prebacio upravo na industrijalizaciju. Pojavom sindikata, udruženja radnika koja su se zalagala za veće plaće radnika, bolje uvjete rada, poboljšanu sigurnost prilikom rada i sl., situacija se poboljšala i uspjevalo se regulirati izrabljivanje radne snage.

Daljnijim otkrićima i inovacijama u području industrije, kontinuirano je postojala želja za povećanjem korisnosti proizvodnih sustava u cijelosti, ali i njihovih dijelova pojedinačno, pa je tako veliku, možda i najveću, promjenu stvorio američki industrijalist Henry Ford, kad je 1913. godine uveo pokretnu proizvodnu liniju u svoje poduzeće Ford Motor Company, s namjerom da „posao dolazi radnicima umjesto da radnici prilaze automobilu i kreću se oko njega“. Zaposlenicima se to nije svidjelo, pošto su sad obavljali jedan ili dva posla te su bili opterećeni taktom linije, stojeći većinu radnog vremena na jednom mjestu, što je stvorilo monotoniju i veći zamor, umjesto ručnog sklapanja automobila i konstantnog kretanja oko njega, što je karakteriziralo posao dinamičnim. S namjerom kako bi zadržao svoje radnike i potaknuo ih, uveo je 5\$ *workday* (hrv. 5\$ radni dan). Tim je potezom više nego udvostručio plaću svojih zaposlenika, a većina je vjerovala kako će to ubrzo uzrokovati bankrot tvrtke, no to je dovelo do sasvim suprotnog efekta: višestruko se povećala proizvodnja, a stoga i ukupna dobit.

U opisanoj situaciji tvrtke Ford Motor Company, može se uvidjeti kako se raznim promjenama može povećati produktivnost i infrastrukture i ljudskih resursa, iako se one u danom trenutku ne čine dobrima. To je bio jedan od prvih slučajeva gdje se velikim promjenama u poduzeću, i ulaskom u rizik, masovno doprinijelo boljem poslovanju, zajedno sa zadovoljnim radnim kolektivom. Kasnije se pojavio *Toyota Production System*, socio-tehnološki sustav proizvodnje, razvijen od strane poduzeća Toyota, koja je danas jedan od vodećih proizvođača automobila na hibridne pogone, čiji sustav karakterizira glatki protok materijala kroz proizvodni sistem, eliminaciju gubitaka te kontinuirane promjene, a to su osnovni postulati Lean proizvodnje, koja će detaljno biti opisana kasnije u ovom radu.

Pošto je današnji svijet u kojem živimo iznimno nepredvidiv, upravo je to smjer kojem bi današnja poduzeća trebala težiti. Potražnje na tržištima su velika, zahtjevi kvalitete visoki, a rokovi isporuka kratki. Jedan takav primjer proizvodnog sustava, za proizvodnju naslona automobila, bit će opisan u ovom radu, gdje će se dati uvid u trenutno stanje proizvodnje, te će se određenim metodama, već spomenute Lean proizvodnje, pokušati unaprijediti proces šivanja u odabranom poduzeću.

2. LEAN MENADŽMENT

2.1. Uvod u Lean

Koncepti vitkog menadžmenta (eng. *Lean Management*) datiraju još iz vremena kada im nije bio dan naziv Lean. Neke osnovne ideje o promjenama proizvodnih sustava, spomenute u uvodu, dao je Henry Ford, a inspiraciju u tome pronašli su Kiichiro Toyoda i Taiichi Ohno, zaposlenici tvrtke Toyota u Japanu, nakon drugog svjetskog rata. Potaknuti lošom gospodarskom situacijom u ratno pogođenoj državi, odlučili su integrirati nove procese unutar proizvodnje u svojoj tvrtki. Smatrali su da se nizom jednostavnih inovacija može doprinijeti boljoj protočnosti proizvodnog procesa i stvoriti visoka varijacija izrađenih proizvoda. Stoga su izmijenili i poboljšali Fordove ideje i nastao je *Toyota Production System* (TPS) [1].

TPS je radna filozofija, gdje se sve odluke donose za duži vremenski period, iako one mogu imati posljedice u kraćem vremenskom periodu. Početne ideje su bile da se obujam radnih strojeva smanji na potrebnu razinu, da se strojevi postave u liniju kako bi se osigurao bolji protok materijala kroz proces te da se omogući strojevima veća varijabilnost izrade. To bi stvorilo radno okruženje koje bi osiguravalo niže troškove, bolju kvalitetu proizvoda, smanjene gubitke, ali i lakšu prilagodbu na promjene želja kupaca i/ili tržišta, a povrh svega, rad bi zaposlenicima bio olakšan.

Prema Toyoti, postoje dva osnovna stupa TPS-a. Prvi je *jidoka*, koji se može prevesti kao „automatizacija s ljudskim dodirrom“, a označava ideju instantnog zaustavljanja proizvodnog procesa čim se detektira ikakva pogreška na proizvodu, kako bi se spriječila izrada defekata, a isto tako bi se eliminirao povećani broj radnika, koji su nadgledali rad strojeva. Drugi stup je Just-in-Time, a označava sinkroniziranost proizvodnih procesa u proizvodnji, tj. izradu samo onoga što je potrebno, kad je potrebno i koliko je potrebno [2].

Također, kao važan aspekt TPS-a, Shigeo Shingo, inženjer Toyote u to vrijeme, istaknuo je 7 glavnih gubitaka u proizvodnom procesu, a to su bili:

1. Prekomjerna proizvodnja - proizvodi se veća količina proizvoda nego što je potrebno, a neprodani proizvodi rezultiraju velikim troškovima;
2. Prekomjerna obrada - na proizvodima se radi ono što nije potrebno, ponavljaju se operacije; događa se zbog nedostatka znanja i prakse;
3. Čekanje - materijal čeka sljedeću operaciju zbog nepostojanja sinkroniziranosti unutar procesa;

4. Transport - prekomjerno kretanje materijala između operacija zbog neslijednog rasporeda strojeva;
5. Zalihe - zbog loše komunikacije u procesu, postoje proizvodi koji predugo stoje u skladišnim prostorima;
6. Suvišni pokreti - zaposlenik troši vrijeme na odlaganje/uzimanje alata ili odlazak do druge radne stanice po potrebnu opremu zbog neadekvatnog rasporeda u radnoj jedinici;
7. Greške - proizvodi koji se moraju odbaciti i ne mogu se prodati zbog defekata koji su rezultat nekompetentnosti radne snage i/ili nedostatka prakse [3].

Valja napomenuti kako je osma vrsta gubitaka, a to je neiskorištenost ljudskih potencijala, dodana tek kasnije, a ona označava gubitak na vrijednosti ukoliko intelektualni potencijal čovjeka nije ispunjen.

Prvo susretanje sa pojmom Lean dogodilo se kada je TPS filozofiju rada istraživao *International Motor Vehicle Program*, istraživački konzorcij osnovan od strane američkog fakulteta *Massachusetts Institute of Technology*, kako bi se prikazali trendovi u automobilske industriji diljem svijeta. Istraživanje je rezultiralo izdavanjem knjige *The Machine That Changed the World*, autora Jamesa P. Womacka i Daniela T. Jonesa, u kojoj su se prikazale konkurentske prednosti japanskih proizvođača, te se definiralo pet postulata Lean koncepta, koji su zajedno sa Toyotinih sedam glavnih gubitaka pružili okvir za upravljanje proizvodnjom na temelju Lean proizvodnje [4].

U konačnici, Lean se može definirati kao skup alata i tehnika za uklanjanje gubitaka iz procesa, temeljeno na kontinuiranim unapređenjima, te je operativna strategija stvaranja vrijednosti, s ciljem smanjenja troškova, veće sigurnosti radnika te stvaranja vrijednosti kroz optimizaciju efikasnosti toka proizvoda i/ili usluga [5].

2.2. Principi Lean upravljanja

Pet principa Leana, spomenutih u prošlom poglavlju, su identificiranje vrijednosti, mapiranje toka vrijednosti, stvaranje protoka, uspostavljanje „povlačenja“ i želja za izvrsnošću.



Slika 1. Principi Lean upravljanja

2.2.1. Identificiranje vrijednosti

Prvi princip Lean upravljanja govori kako je potrebno shvatiti kakav kupac proizvod želi i za koji je spreman platiti određenu cijenu. Fokus je na kupcu i on je u središtu pažnje. Put do konačne vrijednosti uključuje sve aktivnosti koje su potrebne kako bi se određeni proizvod izradio, no to ne znači da sve aktivnosti izravno pridodaju vrijednosti proizvoda.

2.2.2. Mapiranje toka vrijednosti

Na početku ideje izrade proizvoda, definira se protoka materijala kroz proces i sve aktivnosti koje će se obaviti kako bi se izradio proizvod, koji će se u konačnici isporučiti kupcu. Nakon što se definira što će se proizvesti i kako će se proizvesti, u svrhu eliminacije gubitaka, ili njihovog smanjivanja, potrebno je analizirati sve protoke materijala kroz cijeli proces, od onog trenutka kad se preuzima sirovina od dobavljača, do onog trenutka u kojem se proizvod isporučuje kupcu. To se često obavlja *Kanban* metodom, jednim od Lean alata, koji će se detaljnije opisati u sljedećim poglavljima [4] [6].

Postoje tri vrste aktivnosti kod analize toka vrijednosti kroz proces:

1. aktivnosti koje dodaju vrijednost (eng. *Value-Added Activity (VAA)*);
2. aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, ali su nužne za proces (eng. *Non Value-Added Activity (NVAA)*);
3. aktivnosti koje ne dodaju vrijednost i čisti su gubitak (eng. *Waste Activity (WA)*).

U aktivnosti pod brojem 1. ulaze aktivnosti koje čine promjene na samom proizvodu, a to može biti lijevanje sirovine, rezanje, obrada itd. Aktivnosti pod brojem 2. su one koje su nužne za dobivanje konačnog proizvoda, a ne dodaju vrijednost. U tu kategoriju spadaju aktivnosti kao što su pripremne radnje, razne inspekcije, kontrola ili transport s jedne radne stanice na drugu. Aktivnosti koje su čisti gubitak su one koje su uzrok neefikasnosti procesa te spadaju u jednu od 7 kategorija gubitaka.

Prema navedene tri vrste aktivnosti, definiraju se vremena u procesu, te se također dijele u tri kategorije:

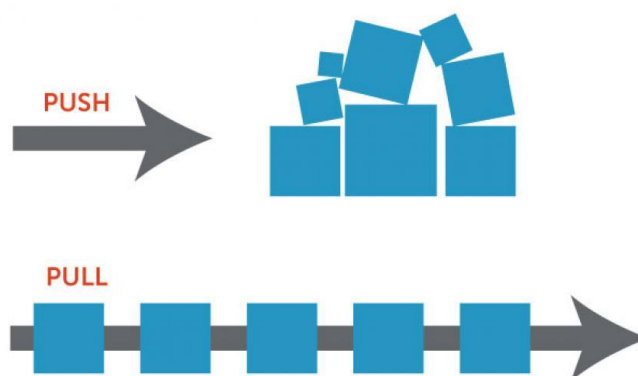
1. vrijeme koje dodaje vrijednost (eng. *Value-Added Time (VAT)*);
2. vrijeme koje ne dodaje vrijednost, ali je nužno za proces (eng. *Non Value-Added Time (NVAT)*);
3. vrijeme koje je čisti gubitak (eng. *Waste Time (WT)*) [4].

2.2.3. Stvaranje protoka

Definiranjem vrijednosti u procesu i mapiranjem toka, nužno je ostvariti protok materijala kroz proces. Organiziran proizvodni proces ključan je za zadovoljavajući protok materijala. U procesu je potrebno identificirati aktivnosti koje mogu predstavljati problem uskog grla, tj. one kod kojih može doći do zastoja i čekanja [4].

2.2.4. Sustav „povlačenja“

Povlačenje označava diktiranje razine proizvodnje prema zahtjevu kupca ili tržišta. Važno je stvoriti upravo takav proces koji može brzo odreagirati na potrebne promjene, kako bi odgovorio vanjskim zahtjevima. Ukoliko se proces bazira na *Push* filozofiji, dolazi do prekomjernih zaliha koje nikako nisu dobre za poduzeće [4].



Slika 2. Push i Pull filozofija

2.2.5. Izvrsnost

Kao posljednji princip vitke proizvodnje, ona obuhvaća sva četiri prethodno navedena principa, tako što svaki od njih pokušava dovesti do savršenstva, što znači da se kontinuirano redefinira vrijednost, evaluiraju se potrebne promjene u toku, optimira se protok toka vrijednosti kroz proces te se pokušava predvidjeti moguće promjene izvan domene samog poduzeća. Timski rad i komunikacija ključni su faktori u izvršavanju navedenih zadataka kako bi se težilo ka izvrsnosti [4].

2.3. Lean alati i tehnike

Puno poduzeća i industrija, prepoznaje Lean kao skup raznih alata i tehnika. Kako vrijeme prolazi, te se Lean filozofija produbljuje, razvijaju se novi alati i tehnike, koji pomažu poduzećima u poslovanju. Kao noviteti koji se uvađaju u postojeće sustave, oni predstavljaju moguće promjene u radnim navikama zaposlenika, na što je isto potrebno obratiti pozornost. Postoji mnogo alata i tehnika Lean filozofije, no u ovom radu navest će se i objasniti one koje su najraširenije u poduzećima raznih industrija diljem svijeta.

2.3.1. 5S

5S metoda se referira na pet japanskih termina koji počinju slovom S, a označavaju pet aktivnosti kojima se pruža poboljšanje po pitanju organizacije radnog prostora. Ona se primjenjuje na manje površine proizvodnog pogona, kao što su radne stanice pojedinih radnika, združne radne stanice (npr. stanice za montažu) ili prostor pored stroja. Glavni razlog primjene 5S metode je taj što može inspirirati zaposlenike da uvide razliku stanja prije i nakon primjene te metode. Pet aktivnosti koje ova metoda obuhvaća su [7]:

1. Seiri (eng. *Sort*) - sortirati

Ističe se razlika potrebnih od nepotrebnih alata i pomagala pri radu, a primjenjuje se na sljedeći način:

- ono što je nepotrebno, eliminira se iz radnog prostora;
- elementi, za koje postoji dvojba jesu li potrebni ili ne, mogu se označiti crvenom oznakom, na koju se stavlja datum, koji označava rok do kojeg je element potrebno upotrijebiti; ako se ne upotrijebi, element se eliminira;
- elementi se sortiraju s obzirom na učestalost korištenja, tako da se oni elementi koji se koriste češće, postavljaju bliže radnom prostoru, a oni koji se koriste rjeđe, postavljaju se dalje od radnog prostora.



Slika 3. Prostor za odlaganje predmeta s crvenim etiketama

2. Seiton (eng. *Set in order*) - staviti u red

Svaki element se postavlja na način da lokacijski bude pristupačan svima, tako da svi znaju gdje se nalazi, a to predstavlja uredno skladište elemenata. Za lakše identificiranje određenih elemenata, koristi se označavanje bojom ili tekstualno označavanje. Ovom metodom smanjuje se nepotrebno kretanje i transport.



Slika 4. Označeno mjesto paletara

3. Seiso (eng. *Shine*) - očistiti

Radno mjesto treba ostati čisto i zaposlenici trebaju provjeriti je li sve na svojem mjestu. Time se dobiva čisto i ugodno radno okruženje, regularna kontrola radnog inventara, a s time i prepoznavanje potencijalnih defekata radne opreme (npr. curenje, prosipanje, oštećenja). Primjenjuje se tehnika gdje se u svakom radnom danu barem 5 minuta odvaja za čišćenje. Tako je geslo ove aktivnosti: „čišćenje je testiranje“.



Slika 5. Pomagala za čišćenje

4. Seiketsu (eng. *Standardize*) - standardizirati

Standardizirani rad stvara ponovljive, održive i sposobne procese u poduzeću. Ako zaposlenici prihvate prethodno navedene S metode, radno okruženje postaje čisto i ugodno. To daje garanciju da su spremni odraditi ono što se od njih očekuje, a isto tako i da će pratiti sve planove dane od strane menadžmenta. Neke od karakteristika ove metode jesu:

- razviti praksu uvođenja novih metoda pri obavljanju radnih zadataka i uvoditi je u dnevnu rutinu;
- uvoditi fotografije ili tekstualne opise stanja materijala i/ili ostalih resursa nakon izvršene radne aktivnosti, kako bi se olakšala predodžba dobro i loše obavljenog radnog zadatka;
- isticati nepravilnosti u procesu i pokušavati ispravljati iste.

5. Shitsuke (eng. *Sustain*) - održati

Svi sudionici proizvodnog procesa moraju prihvatiti prethodne S metode i osigurati njihovu redovnu primjenu, ali i, potencijalno, pokušati ih poboljšati. Pomoću vježbi i radionica, provodi se edukacija o 5S metodama za nove i/ili postojeće zaposlenike. Za ovu metodu primjenjuju se auditne liste provjere, koje kategoriziraju aktivnosti svake S metode te se za svaku aktivnost daje ocjena, a kasnije za svaku S metodu. U konačnici se sve ocjene zbrajaju i daje se konačna ocjena.

| Br. | Kriterij evaluacije | Devijacija | Ocjena | Bilješke |
|---------------------------------------|---|------------|-------------|----------|
| 1S - SORTIRANJE - OPIS | | | | |
| 1 | Svi i samo potrebni materijali, WIP i sirovine su prisutni u području rada | 0 | 100% | |
| 2 | Svi i samo potrebni alati i oprema su prisutni u području rada | 0 | 100% | |
| 3 | Sva i samo potrebna papirologija je prisutna u području rada | 0 | 100% | |
| 4 | Svi i samo potrebni objekti su prisutni u području rada | 0 | 100% | |
| 5 | Svi potrebni predmeti pristupni su i lako dohvatljivi | 0 | 100% | |
| 1S - SORTIRANJE - OCJENA | | | 100% | |
| 2S - STAVLJANJE U RED - OPIS | | | | |
| 6 | Lokacije materijala, WIP-a i sirovine potrebnih u području rada su identificirane, vidljive i pristupne | 0 | 100% | |
| 7 | Lokacije alata i opreme potrebnih u području rada su identificirane, vidljive i pristupne | 0 | 100% | |
| 8 | Lokacije papirologije potrebne u području rada su identificirane, vidljive i pristupne | 0 | 100% | |
| 9 | Lokacije osobnih, privatnih stvari i područja su identificirane, vidljive i pristupne | 0 | 100% | |
| 10 | Transportni putevi i prostori rada jasno su postavljeni i označeni | 0 | 100% | |
| 2S - STAVLJANJE U RED - OCJENA | | | 100% | |
| 3S - ČIŠĆENJE - OPIS | | | | |
| 11 | Postupak čišćenja i predviđeno vrijeme je jasno definirano i predstavljeno sudionicima | 0 | 100% | |
| 12 | Strojna oprema čista je od prašine i/ili ulja | 0 | 100% | |
| 13 | Alat i oprema čisti su nakon uporabe | 0 | 100% | |
| 14 | Papirologije i površine za rad čiste su i neoštećene | 0 | 100% | |
| 15 | Putevi i prostori su čisti, sigurni i neoštećeni | 0 | 100% | |
| 3S - ČIŠĆENJE - OCJENA | | | 100% | |
| 4S - STANDARDIZIRANJE - OPIS | | | | |
| 16 | Standardne lokacije materijala, WIP-a i sirovina u području rada definirane i predstavljene sudionicima | 0 | 100% | |
| 17 | Standardi korištenja opreme, prestanka rada i postupka čišćenja definirani i predstavljeni sudionicima | 0 | 100% | |
| 18 | Standardne lokacije alata i opreme definirane i predstavljene sudionicima | 0 | 100% | |
| 19 | Standardi i oznake postoje za svu papirologiju i zavod za provođenje | 0 | 100% | |
| 20 | Standardi i oznake postoje za osobne, privatne stvari i područja | 0 | 100% | |
| 4S - STANDARDIZIRANJE - OCJENA | | | 100% | |
| 5S - ODRŽAVANJE - OPIS | | | | |
| 21 | Svi materijali, WIP i sirovine spremjeni su na predviđeno mjesto i provjereni periodično | 0 | 100% | |
| 22 | Pokretanje strojeva, prestanak rada i postupak čišćenja provode se kontinuirano | 0 | 100% | |
| 23 | Standardi za alate i opremu, oznake i pozicioniranje provode se kontinuirano | 0 | 100% | |
| 24 | Daje se pažnja timovima koji su uključeni u 5S i potiče ih se na nastavak | 0 | 100% | |
| 25 | Čišćenje se provodi periodički, u predviđenom vremenu, kontinuirano | 0 | 100% | |
| 5S - ODRŽAVANJE - OCJENA | | | 100% | |
| UKUPNA OCJENA | | | 100% | |

Slika 6. Primjer auditne liste provjere

Rezimiranjem prethodno navedenih 5S metoda, može se zaključiti kako one mogu dati sigurnije, ugodnije i čišće radno mjesto, stvoriti efikasniji i protočniji proces, podići razinu kvalitete te tako svesti svaku vrstu prethodno navedenih gubitaka na minimalnu razinu, a s time stvoriti i veću dobit poduzeću.

2.3.2. Just-in-Time (JIT) [2]

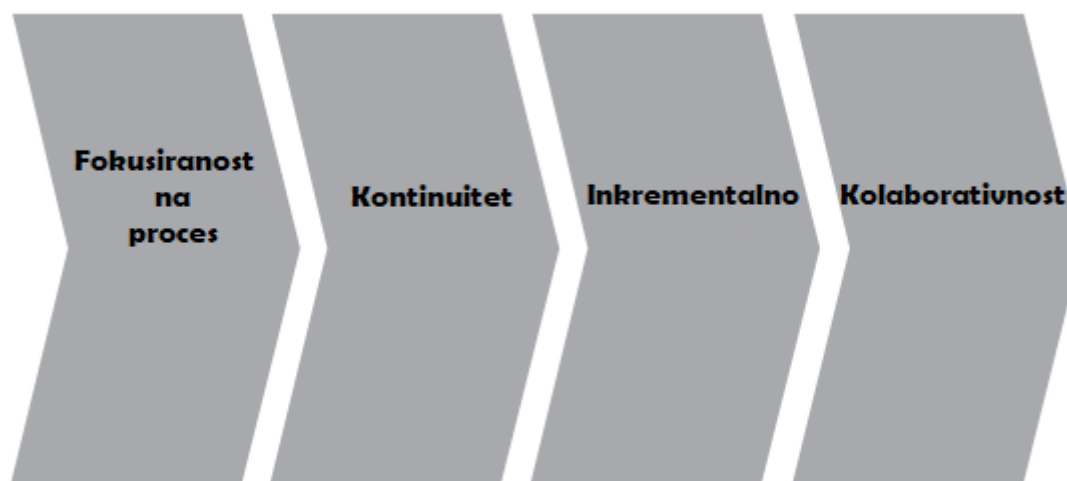
JIT je tehnika koja je jedna od dva postulata TPS-a, a može se prevesti na hrvatski „u pravo vrijeme“. Na primjeru Toyote, jedan automobil sastavljen je od 30 000 dijelova, no veliki udio tih dijelova dolazi iz kooperacije od strane mnogih poslovnih partnera. Kompletan sastav poduzeća, koji sudjeluju u izradi dijelova za jedan Toyotin automobil, moraju međusobno surađivati u sinkroniziranoj maniri, kako bi se vozila izrađivala brzo i bez gubitaka. Potrebna sinkroniziranost postiže se na sljedeće načine:

- proizvodi se isključivo ono što je kupcu potrebno, kada je potrebno i u kolikoj mjeri je potrebno;

- ne smiju se dopustiti zastoji sirovina, materijala i informacija prilikom proizvodnog procesa;
- proizvodi se onom brzinom kojom se i prodaje;
- pratiti prošle želje kupaca i predvidjeti buduće potrebe, kako bi se izbjegla duga čekanja isporuka, pa se tako neki dijelovi stavljaju unaprijed u postav proizvodnih linija;
- stvoriti jedinicu za skladištenje izrađenih dijelova koja je lako dostupna u svrhu brzog odziva na zahtjeve proizvodnje.

2.3.3. *Kaizen*

Kaizen je filozofija koja je najpoznatiji Lean pristup, a kombinacija dvije kratke japanske riječi, „kai“ i „zen“, koje znače „promjena“ i „dobro“, daju izraz „promjena na bolje“, a označava kontinuirano unapređenje procesa. Nastao je u isto vrijeme kao i TPS, u poslijeratnom Japanu, u vremenu početaka obnove japanske industrije. U suštini, Kaizen ne samo da daje poboljšanja, već teži i identificiranju problema prije nego što se oni odraze na proces, a u konačnici je gradivna jedinica koja uspijeva uvesti Lean ideju u postojeće procese, a to je eliminacija gubitaka. U filozofiju se uključuje radna snaga iz svih razina poduzeća, od najvišeg dijela piramide hijerarhije, pa sve do najnižeg, kako bi se stvorila skupina različitih znanja i iskustava, u svrhu lakšeg otkrivanja problema i njegovog rješavanja. Glavna ideja je stvoriti male promjene, koje, kad se ujedine, zajedno mogu imati veliki utjecaj. Kaizen filozofija stvara kišobran koji pokriva mnoge tehnike Lean filozofije, kao što su 5S, Kanban, TPM, Six Sigma, JIT itd., od kojih su neke već opisane u ovom radu, a neke će se tek opisati [7].



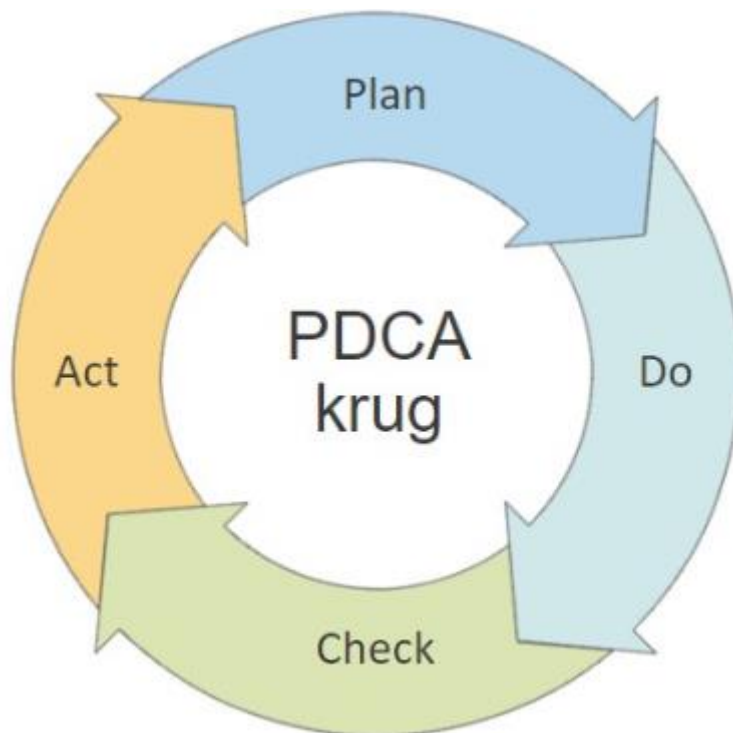
Slika 7. Principi Kaizen filozofije

Kao što je prikazano na slici 7., postoje četiri principa Kaizen filozofije. Prvo, Kaizen mora biti orijentiran ka procesu, što znači da su rezultati najvažniji pokazatelj uspješnosti, a da bi oni bili zadovoljavajući, potrebno je unaprijediti proces, na način da se postigne čim manji broj gubitaka, uz postojanje kontrole kvalitete, Just-in-Time isporuke, uvedenog standardiziranog rada te korištenje efikasne radne opreme i strojeva. Drugo, kontinuitet govori o tome da se Kaizen mora implementirati kroz duži vremenski period, kako bi djelovanje u radnoj zajednici postalo navika, te da promjene nisu ostvarive „preko noći“. S kontinuitetom se usko može povezati i inkrementalnost, treći princip, kojim se u procesu stvaraju male promjene na dnevnoj bazi. Posljednji princip, kolaborativnost, ističe da je važno stvoriti kolektivnu svijest da će se, dugoročno gledano, promjene isplatiti, tako što će se u proces uključiti kompletna radna zajednica poduzeća, gdje će svaki zaposlenik uvidjeti važnost samoga sebe kroz vlastiti doprinos na putu ka cilju [8].

Jedna od aktivnosti koju Kaizen filozofija implementira je Kaizen događaj. Radi se o višednevnoj timskoj radionici u svrhu definiranja specifičnih ciljeva za područje gdje je potrebno određeno poboljšanje. Sudionici su podijeljeni u više skupina, a vođa tima će diktirati sami događaj te će organizirati razne vježbe, prikupljanje podataka, *brainstorming* (hrv. mozganje) i implementaciju. Na kraju događaja, *team leader* će kreirati plan predviđenih aktivnosti za određene promjene i predati ga menadžmentu. Uobičajen Kaizen događaj će uključiti sljedeće stavke:

- definirane ciljeve i sve potrebne informacije;
- evaluirano trenutno stanje i dan plan unapređenja;

- način implementacije predloženih unapređenja;
- pregled i način prepravka onoga što nije dobro;
- izvješće rezultata i moguće nuspojave [7].



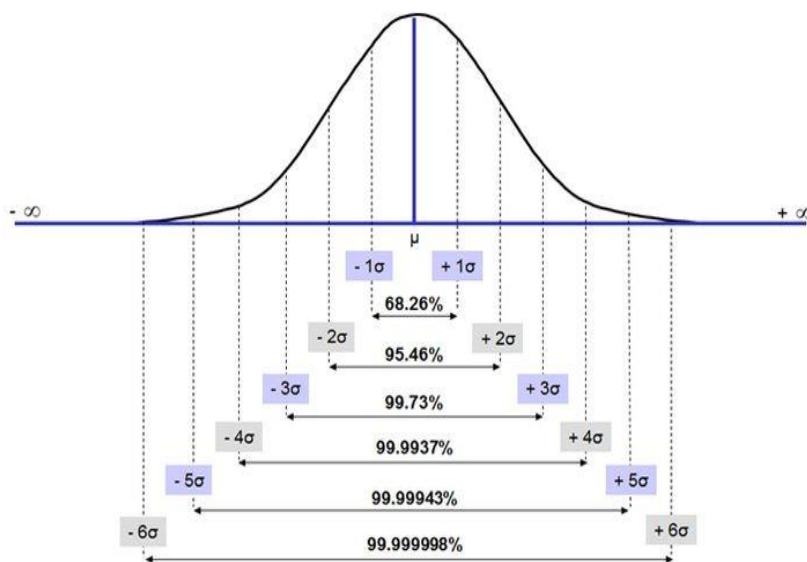
Slika 8. PDCA krug

Navedeni ciklus naziva se (I)PDCA analiza, a samo ime govori o pet aktivnosti koje se provode u jednom Kaizen događaju (*Inspect* (hrv. pregledati) - *Plan* (hrv. planirati) - *Do* (hrv. provesti) - *Check* (hrv. provjeriti) - *Act* (hrv. djelovati)). Još se naziva Shewhartov ciklus ili Demingov ciklus, pošto ju je fizičar Walter Shewhart prvi počeo primijenjivati u 1920-ima, dok ju je američki inženjer William Edwards Deming unaprijedio u '40-ima te počeo primijenjivati u Japanu 10-ak godina kasnije [9].

2.3.4. Lean Six Sigma

Lean Six Sigma je filozofija koja se počela primjenjivati u ranim 2000.-im godinama, kada je prvi koncept prikazan u knjizi *Leaning into Six Sigma: The Path to Integration of Lean Enterprise and Six Sigma*, u kojoj se prikazala integracija dviju velikih filozofija povećanja efikasnosti proizvodnje, Lean-a i Six Sigme, nastalih u drugoj polovici 20. stoljeća.

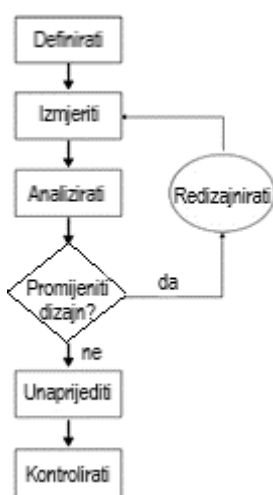
Six Sigma (6σ) je metoda koja poduzećima daje alate kako bi unaprijedili sposobnost svojih procesa i smanjili udio gubitaka, tj. škarta. Metoda je nastala u američkoj elektroničkoj kompaniji Motorola, 1986. godine, a svoj cilj ispunjava tako što identificira i uklanja uzroke grešaka i minimizira varijacije u procesu, a to se postiže koristeći razne statističke metode kontrole kvalitete. Fokus kontrole kvalitete prikazati je sposobnost procesa, a sposobni procesi su oni koji proizvedu velik udio proizvoda unutar granica zahtjeva, normiranih od strane kupaca. Sam naziv metode dobiva se iz teorije normalne raspodjele, gdje je definirano da Gaussova krivulja pokriva površinu od $\pm 6\sigma$, čime se dobiva ukupnost od 12σ , gdje σ označava standardnu devijaciju, mjeru broja varijacija vrijednosti varijable oko njezinog prosjeka. U teoriji kontrole kvalitete, procesi koji rade u području 6σ kvalitete, su oni koji su sposobni generirati 99,73 % proizvoda koji zadovoljavaju zahtjeve kupaca [10].



Slika 9. Krivulja normalne raspodjele i odgovarajuće površine koje pokriva

Jedan od alata kojim se izvršavaju zadani ciljevi Six Sigma metode je DMAIC proces. Svako slovo kratice označava po jednu aktivnost procesa, a koriste se mnogi alati Lean proizvodnje. Te aktivnosti su redom:

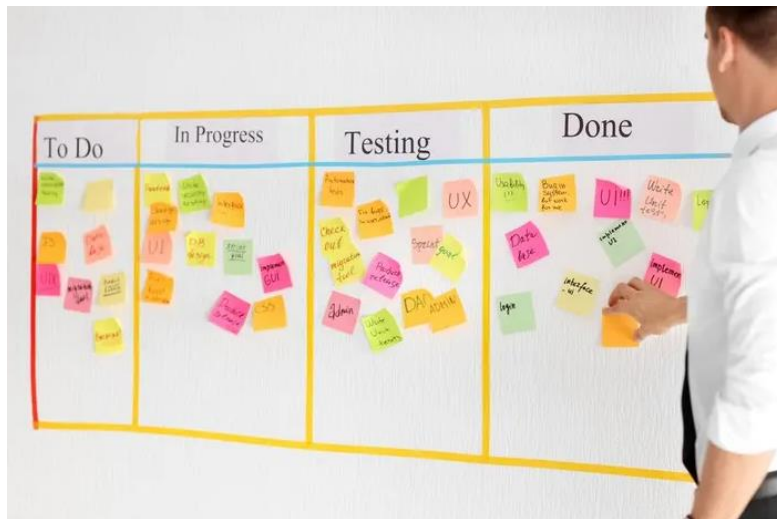
- *Define* (hrv. definirati) - potrebno je otkriti problem, koje bi radnje unaprijedile aktivnost, gdje je prilika za unapređenje, koji su ciljevi projekta te definirati zahtjeve kupca. Jedan od alata koji se koristi u ovom koraku je VSM (*Value Stream Mapping*);
- *Measure* (hrv. izmjeriti) - stvoriti mapu snimanja aktivnosti u procesu, definirati sustav mjerenja i način prikupljanja podataka, prezentirati trenutno stanje i usporediti ga sa željenim. Jedan od alata koji se koristi u ovom koraku je Pareto dijagram;
- *Analyze* (hrv. analizirati) - evaluirati dobivene rezultate mjerenjem, otkriti koje aktivnosti predstavljaju problem u korijenu zbog kojih nastaje varijacija i škart pomoću alata RCA (*Root Cause Analysis*) i FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*);
- *Improve* (hrv. unaprijediti) - eliminirati aktivnosti identificirane u prošlom koraku, a to se često postiže primjenom Kaizen događaja, opisanog u prošlom potpoglavlju;
- *Control* (hrv. kontrolirati) - održavati novopostignutu razinu efikasnosti u dužem vremenskom razdoblju. Neki od alata koji se koriste su 5S i Poka-Yoke [7] [11].



Slika 10. Slijed DMAIC procesa

2.3.5. Kanban

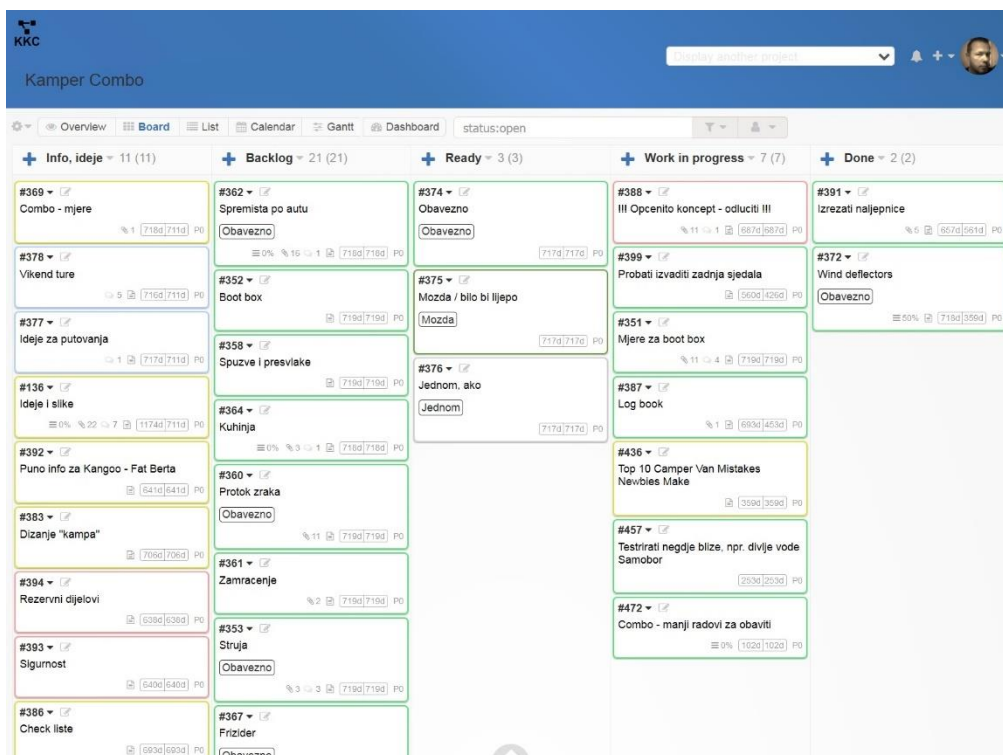
Kanban je alat koji je esencijalni dio Just-in-Time proizvodnih procesa. Riječ kanban dolazi iz japanskog jezika, gdje se riječ „kan“ prevodi kao znak, a „ban“ kao ploča. Potječe iz auto industrije, gdje su se koristile velike ploče sa šarenim papirima, koji su se premještali po stupcima, ovisno o statusu zadatka [12].



Slika 11. Kanban ploča

Na slici 11. prikazana je ploča s ljepljivim papirićima šarene boje, a danas su takve ploče zamijenile digitalne ploče, koje omogućuju bezbroj mogućnosti vizualnog uređenja ploče, može joj se pristupiti s bilo koje lokacije te omogućuje izmjene u realnom vremenu koje istog trenutka svi sudionici mogu vidjeti.

Svakako se može kazati kako je ova metoda jedna od najintuitivnijih Lean pomagala, pošto ljudsko oko i um mogu lakše procesuirati koji su predstojeći radni zadaci.



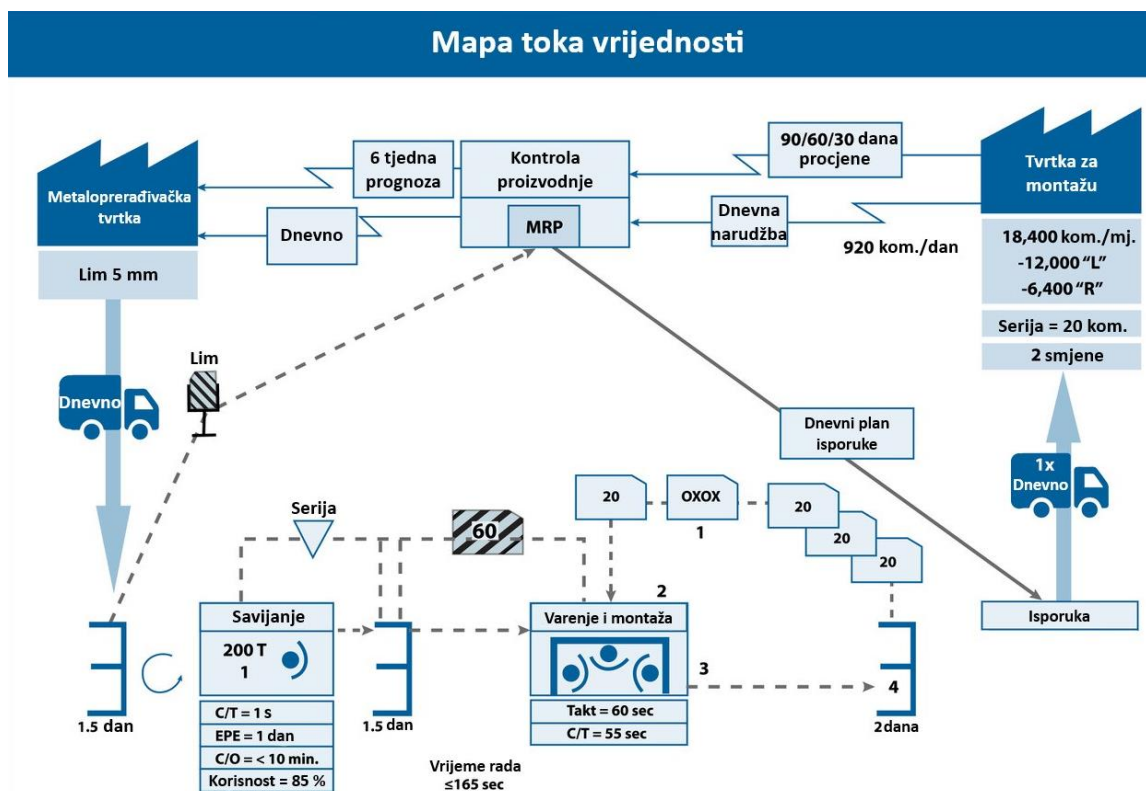
Slika 12. Digitalna Kanban ploča

Temeljna zadaća ovog alata je da se proizvodi ono što je potrebno i u onoj količini u kojoj je potrebno, a na taj se način kontroliraju tok proizvodnje i zalihe. Time se postiže smanjenje WIP-a (eng. *Work-in-Progress*), tj. sveukupnosti resursa koji su u tom trenutku uključeni u proizvodnju, a da rad nije dovršen, što znači da se proizvod, na kojem se vrši rad, ne može okarakterizirati niti kao sirovac, niti kao izradak. Dobiva se vizualizacija toka rada kroz proces, što uvelike doprinosi ispunjavanju potencijala zaposlenika, a također se mjeri vodeće vrijeme, vrijeme između početka i kraja rada za izvršavanje nekog zadatka [13].

2.3.6. Value Stream Mapping (VSM) (hrv. Mapiranje toka vrijednosti)

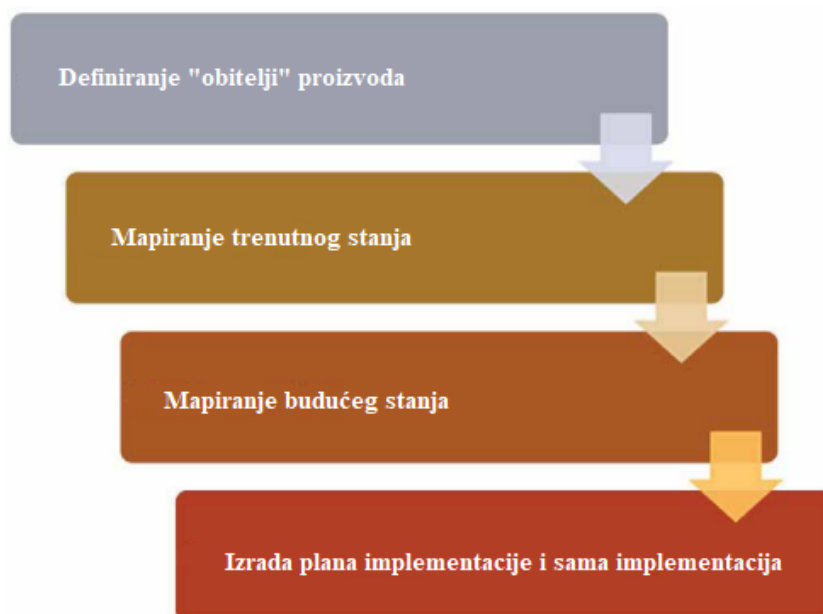
VSM je grafički alat koji omogućava vizualizaciju svih tokova resursa (vrijednosti) kroz proizvodni sustav, a uključuje i tokove koji su usmjereni izvan granica samog sustava, kao što su prodaja i dobava. U većini slučajeva, resursi se u tokovima prikazuju unaprijed definiranim, ujedno i intuitivnim simbolima, kako bi se ljudskom oku olakšala vizualizacija problematike [7].

S obzirom na lakoću prikupljanja, analize i prezentacije velikog broja podataka u današnjim vremenima, ova metoda koristi se sve više u proizvodnim krugovima, pošto se na jednostavan način mogu uvidjeti sve vrste gubitaka u procesu, te tako stvoriti temelj za ostvarivanje protočnijeg proizvodnog sustava.



Slika 13. Primjer mape toka vrijednosti

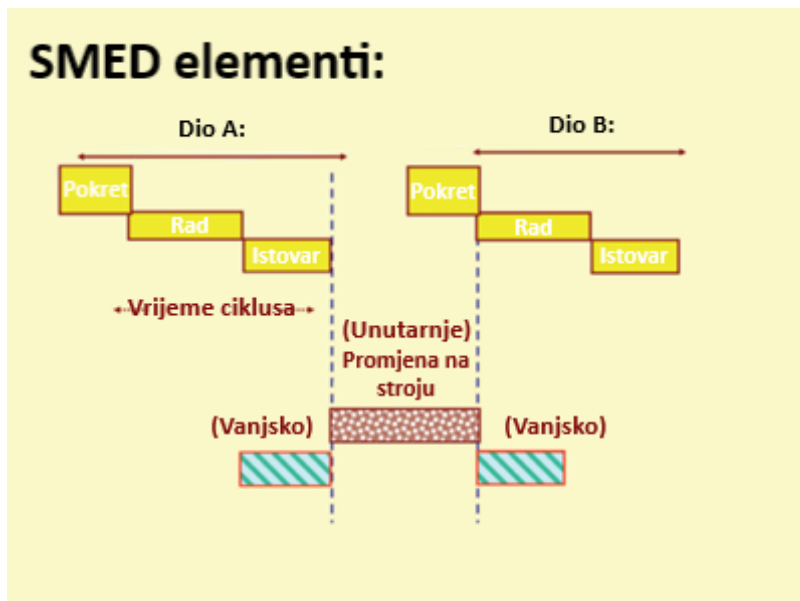
Na primjeru mape toka vrijednosti, prikazanoj na slici 13., vidljivo je kako se detaljno prikazuje tok materijala kroz proces. U svakom se radnom odjelu mjere i definiraju razni parametri koji su za određeno poduzeće važni u više pogleda, kao što su raspodjela radnika u smjene, formiranje konačne, prodajne cijene proizvoda prema postojećim troškovima i sl. Na taj način može se shvatiti koji je optimalan način toka kroz proces, te se mogu otkriti izvori gubitaka, kao što su čekanja, gubitak i/ili nedostatak informacija te aktivnosti koje ne dodaju vrijednost.



Slika 14. Koraci primjene VSM-a

2.3.7. *Single Minute Change of Die (SMED) (hrv. Jednominutna promjena žiga)*

SMED označava tehniku čija je namjera u procesu vršiti male promjene, kako bi se izbjegli gubici po pitanju vremena i novca. U imenu, dio „Single Minute“, ne označava jednu minutu, već jednu znamenku, što znači da bi se promjene trebale ostvarivati u jednoznamenkastom broju minuta. Ova tehnika ponajviše dolazi do izražaja u poduzećima koja izrađuju slične proizvode, pa se strojevi i alati trebaju čim brže moći prilagoditi izradi novog, drugačijeg proizvoda. Valja napomenuti kako postoje dvije vrste promjena: unutarnje i vanjske. Unutarnje promjene su one, koje, se izvršavaju kad stroj nije u radnom hodu i kad ne vrši rad nad obratkom, dok vanjske promjene označavaju sve aktivnosti koje se mogu izvršiti dok je stroj u pogonu [7].



Slika 15. Promjene SMED tehnike

Kompletna procedura SMED tehnike dijeli se u nekoliko koraka:

1. opservacija trenutne metodologije;
2. podjela na unutarnje promjene, vanjske promjene i promjene koje su gubitak;
3. pretvorba (ako je moguće) unutarnjih promjena u vanjske;
4. trening zaposlenika ukoliko korak pod brojem 3. mijenja njihove radne navike;
5. iteracija prethodno navedenih koraka;
6. postavljanje standarda [7].

2.3.8. Poka-Yoke (eng. Mistake proofing)

Svima je znano da svaki zaposlenik može učiniti pogrešku, a Poka-Yoke tehnika je zaslužna da do toga ne dođe, pošto je njen glavni fokus da se prilikom izvršavanja svakog zadatka, gdje se može spriječiti susretanje s faktorom ljudske pogreške, koristi automatizirani uređaj ili metoda, kod kojeg/koje je nemoguće da se takva pogreška događa ili u slučaju da se dogodi, istog trenutka je uočljiva i može se pristupiti njezinom otklanjanju. Pokretač TPS-a, Shineo Shingo, definirao je tri tehnike kontrole kvalitete, a to su:

1. *judgement inspection* - otkriva škartne komade;
2. *informative inspection* - smanjuje udio škarta nadziranjem procesa;
3. *source inspection* - prepoznaje uvjete koji čine aktivnost bez grešaka.

Poka-Yoke alati i metode provjeravaju ima li proces eventualne nepoželjne radnje, tako da nadziru parametre, koji moraju biti unutar optimalnih granica, kako bi proizvod bio bez nedostataka. Svi alati i metode koje ulaze pod Poka-Yoke mogu se podijeliti u dvije skupine, ovisno o njihovoj funkciji:

1. *shutdown/control Poka-Yoke* - kada se vrijednost jednog od parametra promijeni u nepoželjnu, proces staje;
2. *warning Poka-Yoke* - upozoravanje zaposlenika vizualnim ili zvučnim alarmima.



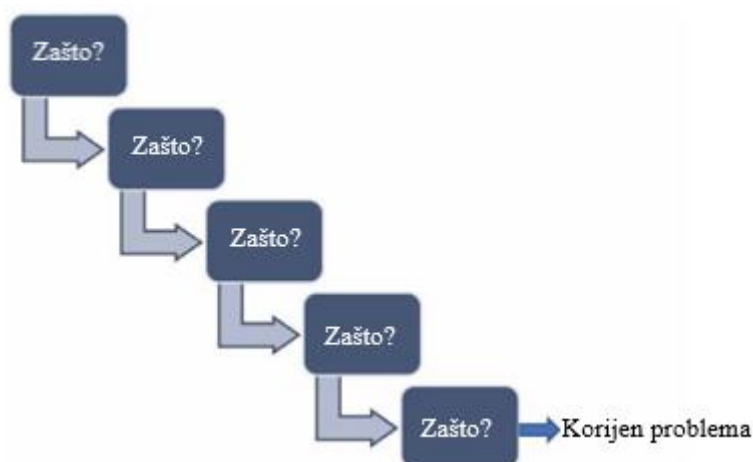
Slika 16. 6 Poka-Yoke principa

Na slici 16. prikazani su principi Poka-Yoke metode, koji se dijele u dvije skupine, ovisno o njihovom cilju. Eliminacija, prevencija, zamjena i olakšavanje spadaju u kategoriju aktivnosti koje ciljano sprečavaju mogućnost ljudske pogreške, dok detekcija i ublažavanje smanjuju posljedice nakon što se ljudska pogreška dogodi [7].

Uz sve navedeno, Poka-Yoke pridonosi ne samo smanjenju gubitaka, nego se i sprečava njihovo nastajanje, što dodatno pridonosi toku i efikasnosti procesa, a u konačnici i povećanom profitu i zadovoljstvu kompletnog radnog kolektiva.

2.3.9. 5 Whys (hrv. 5 puta zašto)

5 puta zašto prvi se upitao Sakichi Toyoda, kada je prilikom inoviranja *Toyota Production System-a* postavio postulat koji se i danas koristi u Toyotinim proizvodnim sustavima. Teorija iza ove metode je da se iterativnim putem, pri pojavi ili uviđaju nekog problema, postavljanjem pitanja „Zašto?“, pet puta zaredom, može doći do otklanjanja poteškoća i sprječavanju opetovanog nastajanja istog, jer se na taj način dolazi do korijena problema, tj. do razloga njegovog nastajanja. Dakako, može se to pitanje postaviti i više od pet puta, no Toyoda smatra kako je u većini slučajeva upravo pet iteracija dovoljno kako bi se došlo do rješenja problema [7].



Slika 17. Slijed metode „5 puta zašto“

2.3.10. Total Productive Maintenance (hrv. Cjelovito produktivno održavanje)

TPM je tehnika, koja svoja dva glavna postulata krije u samom imenu. Prva je produktivnost, koja znači da se želi postići održavanje trenutnog stanja, bez da se ometa proizvodni proces, a druga je potpunost, gdje se želi obuhvatiti sve varijable u procesu koje utječu na output [7].

Korijene vuče iz Japana, iz 1971. godine, kada je *Japan Institute of Plant Engineers* (hrv. japanski institut inženjera proizvodnih pogona) definirao i prvi put koristio ime *Total Productive Maintenance*. TPM, svojim holističkim pristupom, uči radnike kako da paze na opremu tvrtke, tj. kako pravilno raditi na stroju, kako bi se iskoristio njegov potpuni potencijal, idealno bez zastoja i kvarova. Zahvaljujući ovoj tehnici, svaki komad radne opreme u proizvodnom pogonu je uvijek spreman izvršiti svoj zadatak, pa se može zaključiti kako je njen glavni cilj poboljšanje ukupne efektivnosti strojnog postava poduzeća [14].

TPM svoje ciljeve želi ostvariti postizanjem „tri nule“: nula kvarova, nula defekata, nula nezgoda na radu. To se ostvaruje primjenom aktivnosti u pet područja:

1. educiranje svih radnika, počevši od najviših menadžerskih pozicija, do radnika u proizvodnom pogonu, s namjerom mijenjanja pogleda na rad i stvaranja svijesti što čini efektivan proizvodni proces;
2. stvaranje sustava gdje se implementacija novih tehnika bazira na timskom radu;
3. početak svih promjena je uvođenje 5S metode;
4. uvođenje nepristrane procjene i usporedba rezultata radnih stanica;
5. poticanje stvaranja kolektivne svijesti o važnosti vlastitog zdravlja i sigurnosti uslijed obavljanja rada [14].



Slika 18. TPM model

2.3.11. Jidoka (eng. Automation)

Priča oko *Jidoke* krenula je još krajem 19. stoljeća, kada je, već spomenuti u ovom radu, japanski inženjer Sakichi Toyoda, kreirao jednostavnu napravu, koja je automatski mogla zaustaviti kretnju tkalačkog stana, ukoliko je došlo do puknuća konca, te zaposlenicima, pomoću vizualnih i zvučnih signala, dati do znanja da nešto nije u redu. U značenju na japanskom jeziku, *Jidoka* označava „automatizam s ljudskim dodirom“, a danas se prevodi kao autonomija: miče čovjeka od stroja i aktivnosti u radu koje mogu biti automatizirane, kako bi se smanjila, ili u potpunosti uklonila, mogućnost greške zbog ljudskog faktora. Tako se može ostvariti da jedan zaposlenik radi na više strojeva simultano, bez potrebe za istovremenim nadzorom svakog stroja [7]. Ovakvim pristupom u proizvodnim pogonima, uvelike se smanjuje vjerojatnost izrade proizvoda manje kvalitete, ili izrade škarta, uz zadržavanje zadovoljavajućeg vremena takta.



Slika 19. Proces evolucije *Jidoka* tehnike

Jidoka tehnika oslanja se na četiri jednostavna koraka, koji mogu osigurati tvrtku od isporuke defektnih ili škartnih proizvoda:

1. otkriti disfunkciju;
2. zaustaviti proces;
3. sanirati problem;
4. istražiti i otkriti korijen zbog kojeg je problem nastao [15].

2.3.12. Andon

Prikazano na slici 19. iz prošlog potpoglavlja, na krajnje desnoj slici može se uvidjeti *andon light*, a upravo to svjetlo, koje se upotrebljava u obliku vizualnog signala, jedan je od načina primjene *Andon* tehnike. Termin *Andon* na japanskom jeziku označava riječ svjetlo, a u proizvodnim se pogonima primjenjuje na način da svjetlosni signal reprezentira trenutno stanje radnog stroja, podsustava ili sustava. Ljudsko oko lako percipira vizualne signale, pa je ova tehnika vrlo intuitivna i olakšava prepoznavanje različitih situacija prilikom rada.

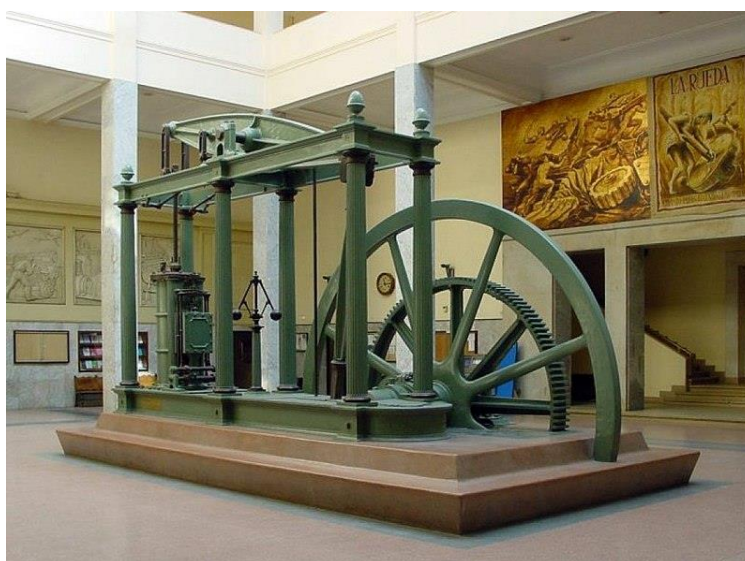


Slika 20. Andon ploča u Toyotinom proizvodnom pogonu

2.4. Industrija 4.0

U ranim godinama 18. stoljeća život se kretao stalnim tempom, bez velikih promjena, kako je tekao i prethodnim stoljećima. Ekonomija je dominantno bila vezana uz agronomiju, a ponajviše ljudi živjelo na selima i preživljavalo hraneći se s vlastitih usjeva. Veliki dio ostalih dobara proizvodio se u manjim radionicama, gdje su najveći udio rada obavljali ljudi pomoću raznih alata, zavisno od dobara koje se proizvodilo. Pažnja je bila na stvaranju manjih količina, ali posvećenost je bila na izradi kvalitetnog proizvoda. Urbanizacija je bila izrazito niska, pošto su u gradovima živjeli ljudi imućnijeg statusa, a to su bili centri razmjene dobara i administracije.

U tim godinama, engleski je kovač, Abraham Darby, razmišljao kako poboljšati svoj postav za taljenje željeza, koje se koristilo za izradu alata, oružja i strojeva. U to se doba željezo talilo u pećima, koristeći drveni ugljen, što je bilo neefikasno, pošto je bila potrebna velika količina drva, dovodeći do krčenja šuma. Njegova ideja korištenja koksa za taljenje željeza, stvari dobivene iz ugljena, pokazala se revolucionarnom, pošto je koks bio obilniji i gorio je jače. Tako je stvorio svijest među ostalim poduzetnicima u Engleskoj kako bi trebalo razmišljati o promjenama. Na taj je način škotski izumitelj i inženjer, James Watt, od 1765. do 1776. godine, uspio unaprijediti parni stroj Thomasa Newcomena, dodajući mu još jedan kondenzator, uštedjevši veliku količinu energije koja se ranije gubila, te se tako znatno povećala učinkovitost stroja. U isto vrijeme, u industrijskom gradu Manchesteru, tkalac Richard Arkwright, uočio je kako su tkalački stanovi prespori u usporedbi s trenutnim zahtjevima potražnje. Razvio je vodeni stroj, koji je mogao presti nit brže i jače od čovjeka.



Slika 21. Wattov parni stroj

Ta su se tri otkrića nevjerojatnom brzinom počela širiti Engleskom: tvornice, pokretane parnim strojevima, počele su nicati duž rijeka i kanala, a populacija se počela proglašivati u urbanim predjelima. Drastične promjene u načinu življenja i rada obilježile su razdoblje, koje se kasnije okarakteriziralo kao prva industrijska revolucija, u razdoblju od 1760-ih do 1830-ih godina. Umjesto individualnog rada, počeli su se koristiti strojevi, došlo je do otkrića novih metoda proizvodnje željeza, a male radionice zamijenile su velike tvornice.

Nastavno na prvu industrijsku revoluciju, slijedilo je razdoblje bez većih otkrića i izuma, no nije potrajalo dugo, pošto je sljedeća industrijska revolucija, druga po redu, počela oko 1870. godine, poznatija i kao tehnološka revolucija. Dogodilo se otkriće električne energije, stvorene su mreže njezina širenja, pa se tako počela koristiti kao glavni izvor energije za pokretanje tvornica, korištenje u vlastitim domovima i ostalo. Izum proizvodne linije, od strane američkog poduzetnika, Henryja Forda, doveo je do pojave masovne proizvodnje, rezultirajući standardizacijom proizvoda i pojeftinjenjem dobara. Mreže cesta i tračnica drastično su se proširile, pa je tako i razmjena dobara bila olakšana, a dogovaranje takvih razmjena olakšalo je otkriće telefona. Svi navedeni događaji doprinijeli su poboljšanju životnog standarda i produljenju očekivanog trajanja ljudskog života, no nedugo nakon, produktivno razdoblje oštetio je prvi svjetski rat, nakon čega je bilo potrebno razdoblje oporavka.



Slika 22. Fordova pokretna traka

Nakon završetka drugog svjetskog rata, uslijedilo je razdoblje koje je ostalo obilježeno kao digitalno doba, a označava prelazak s analognog formata na digitalni. Najintuitivniji primjer može se pronaći u prijenosu glazbenog medija, gdje su se u početku koristile vinyl ploče i kazete, a kasnije su ih zamijenili optički kompaktni diskovi, poznatiji kao CD-ovi. Početak treće industrijske revolucije obilježio je izum tranzistora, koji je doveo do stvaranja čipova, kasnije mikročipova, a tako i digitalnih računala. Pojavio se internet, računala su se počela koristiti u osobne svrhe, a razmjena informacija postajala je sve brža i lakša. To nas je dovelo do razdoblja u kojem trenutno živimo, a naziva se četvrta industrijska revolucija, ili industrija 4.0, gdje se svi nastali resursi iz prošle revolucije oplemenjuju i njihove se mogućnosti realiziraju u novim tehnologijama, koje olakšavaju i poslovanje tvrtki, poduzeća i korporacija, ali i svakodnevni život pojedinca.



Slika 23. Četiri industrijske revolucije

2.4.1. Značajke Industrije 4.0

Razvoj tehnologije je pokretač mnogih promjena u svim područjima društva. Ne samo da se tehnologija svakodnevno koristi sve više i više u osobne svrhe, također i radna mjesta digitalno evoluiraju, gdje se sve više procesa oslanja na nju. Takva promjena, u globalu, smatra se četvrtom industrijskom revolucijom, ili Industrijom 4.0.

U osnovi, Industrija 4.0 može se definirati kao koncept stvaranja digitalnog poduzeća osnivanjem digitalnih tehnologija i njihove integracije s postojećom proizvodnjom i radnim tehnikama. Osnova Industrije 4.0 je mogućnost brzog prikupljanja, obrade, analize i razmjene velikih skupova podataka između strojeva, pa je stoga moguće brže i fleksibilnije reagirati na poteškoće do kojih dolazi, pri tom stvarajući učinkovitiji proces stvaranja vrijednosti. Spajanje postojećih tehnika Lean menadžmenta s razvojem informacijskih i komunikacijskih tehnologija (ICT) postalo je područje velikog interesa, radi benefita koje ta dva svijeta, kada su ukomponirani, mogu donijeti poduzećima [7].

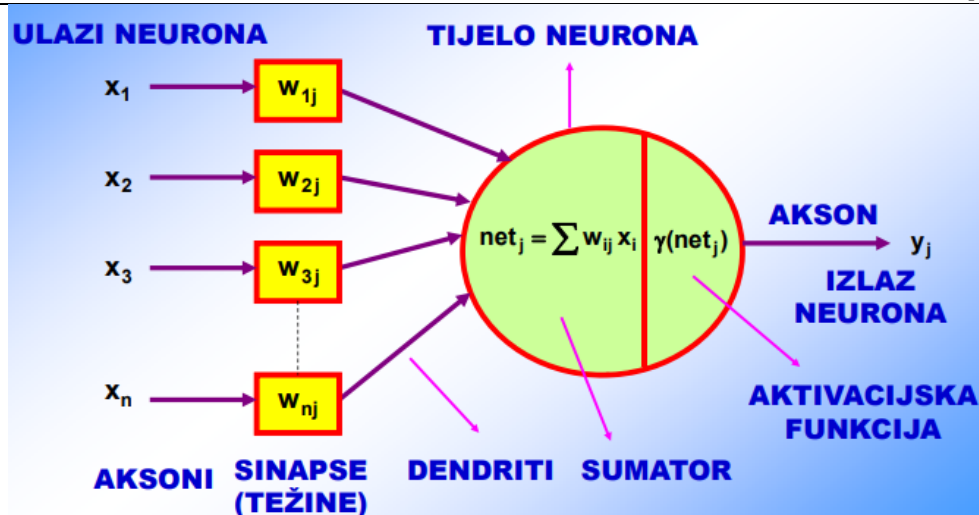
U današnje vrijeme, obilježeno nepredvidivošću i izraženom dinamikom, za poduzeća je od esencijalne važnosti shvaćanje značajki koje Industrija 4.0 predstavlja. Uvođenje modernih tehnologija predstavlja za poduzeće novo područje, koje u početku može biti zahtjevno za shvaćanje, implementiranje te sprovođenje, no to je jedini put ka održavanju razine konkurentnosti na tržištu. Neke od novonastalih tehnologija, za koje se smatra da su reprezentativni primjeri nove industrijske revolucije su umjetna inteligencija, virtualna/proširena stvarnost, internet stvari, neuronske mreže i mnogi drugi, a neke će se opisati u sljedećim potpoglavljima.

2.4.2. Umjetna inteligencija

Inteligencija, kao novonastali pojam, prvenstveno je nastala od čovjeka, tj. od ljudske sposobnosti djelovanja po vlastitom iskustvu, intuiciji ili nagonu. U svrhu olakšavanja svakodnevnih životnih navika čovjeka i njegovog djelovanja u poslovanju, nastala je umjetna inteligencija, a ona označava sposobnost određenog računalnog sustava da obavlja razne zadatke, poučenog po uzoru na čovjeka, na način da oponaša mogućnost razmišljanja, generaliziranja, djelovanja po iskustvu i sl. Uz kontinuiran razvoj računala, od tjeka drugog svjetskog rata, pa sve do danas, umjetna inteligencija ne može zamijeniti čovjekov um, no postoje mnoga područja u kojima su se umjetno inteligentni sustavi specijalizirali te preuzeli djelovanje čovjeka.

Razvoj umjetne inteligencije usko je vezan uz razvoj programskih jezika, pošto je programski kod esencijalan za imitaciju ljudskog djelovanja potpomognutu određenim računalnim sustavom. Neki od prvih primjera datiraju iz 1950-ih godina, kada je Arthur Samuel napisao računalni program za popularnu igru na ploči *Checkers* (hrv. Dama), stvorivši umjetnog protivnika, koji je mogao pobijediti igrača respektabilne razine vještine. U vremenima nakon, razinu kompleksnosti novih zadataka koje su računala mogla rješavati, pratio je razvoj računalnog sučelja, tj. količine podataka koje je računalo u nekom vremenu moglo primiti, analizirati, obraditi te reagirati. Do danas, neke od nastalih tehnika umjetne inteligencije jesu:

- Neuronske mreže - računalni programi koji rade na način inspiriran čovjekovim živčanim sustavom. Cilj takvih mreža je reproducirati kognitivne funkcije ljudskog uma, u svrhu rješavanja problema i učenja, kako bi u buduću mogla djelovati po iskustvu. Neuronska mreža sastoji se od podataka danih na ulazu, slojeva umjetnih neurona unutar mreže, adaptivnih težina između neurona, sumatora te aktivacijske funkcije, nakon čega se dobivaju izlazni podaci. Značajka neuronskih mreža je da je znanje raspodijeljeno u samim mrežama, a nije eksplicitno zapisana u programskom kodu. To znanje modelira se kao veza između elemenata, koji obrađuju podatke dane na ulazu, tj. umjetni neuroni, i adaptivnih težina. Mijenjanjem vrijednosti adaptivnih težina, mreži se može promijeniti način učenja, tj. mijenjaju se podaci koji izlaze iz mreže. Jedan sloj neurona predstavlja određenu matematičku operaciju, dok težine predstavljaju veze između matematičkih operacija, te važnost same veze. Valja razlikovati regularne neuronske mreže, one koje imaju jedan sloj neurona, te omogućuju strojno učenje, od dubokih neuronskih mreža, koje sadrže veći broj slojeva neurona, a omogućuju duboko učenje. Kod strojnog učenja, iako se koriste algoritmi koji omogućavaju autonomno učenje, postoji vjerojatnost potrebe čovjekovog djelovanja u slučaju pojave poteškoća ili pogreški, dok je značajka dubokog učenja potpuna autonomija [16].



Slika 24. Arhitektura neuronske mreže



Slika 25. Razlika strojnog (eng. Machine) i dubokog (eng. Deep) učenja

- *Natural language processing (NLP)* - omogućuje analizu kako računala procesuiraju i rasčlanjuju jezik kao cjelinu, nalik čovjeku. To rade tako da se koriste računalne jezike, metode statistike, strojno i duboko učenje. Jedan od baznih primjera korištenja NLP-a je ChatGPT, nastalim od tvrtke OpenAI, a to je *chatbot* koji može obaviti razne zadatke, od pretraživanja baze podataka i davanja odgovora na pitanja postavljena od strane korisnika, pa sve do rješavanja kompleksnih matematičkih zadataka i pisanja kodova za mnoge programske jezike [17].

- Bodovni sistem u tenisu, gde se poeni računaju kao 15, 30 i 40, ima svoje korene u istoriji i evoluciji ovog sporta. Postoji nekoliko teorija o poretku ovog neobičnog sistema bodovanja, a najčešće spominjane su sledeće:

1. Teorija o satu

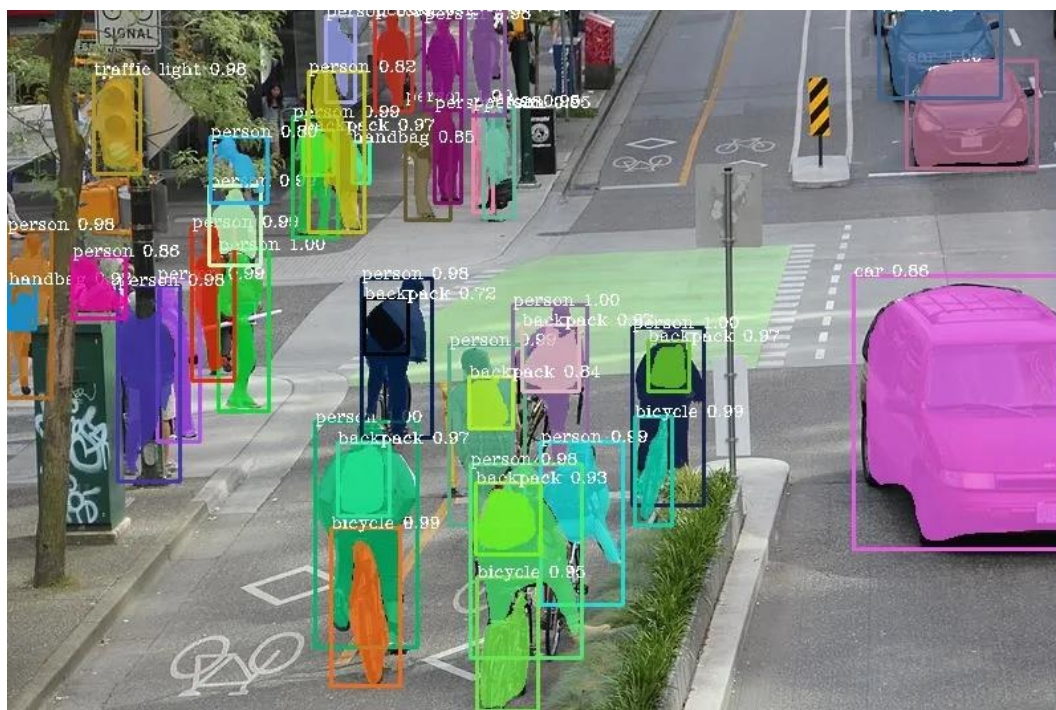
Prema jednoj teoriji, bodovanje u tenisu se zasnivalo na satu. Kada bi igrač osvojio prvi poen, kazalo na satu bi se pomerilo na 15 minuta, za drugi poen na 30 minuta, a za treći na 45 minuta. Kasnije je 45 zamijenjeno sa 40, najverovatnije radi lakšeg izgovora ili iz praktičnih razloga. Kada bi igrač osvojio četvrti poen, sat bi se vratio na "00" (završetak seta).

2. Francuska teorija – "Jeu de paume"

Druga teorija je da sistem potiče iz starofrancuske igre "Jeu de paume", preteče tenisa. U ovoj igri se koristila novčana valuta (ljudi su često kockali ili se kladili u igrama). Veruje se da su se poeni računali po koracima od 15, 30 i 45 zbog kvadrantata francuskih novčića ili zbog toga što su igrači pravili korake po terenu od 15 stopa.

Slika 26. Primjer interakcije čovjeka i chatbota

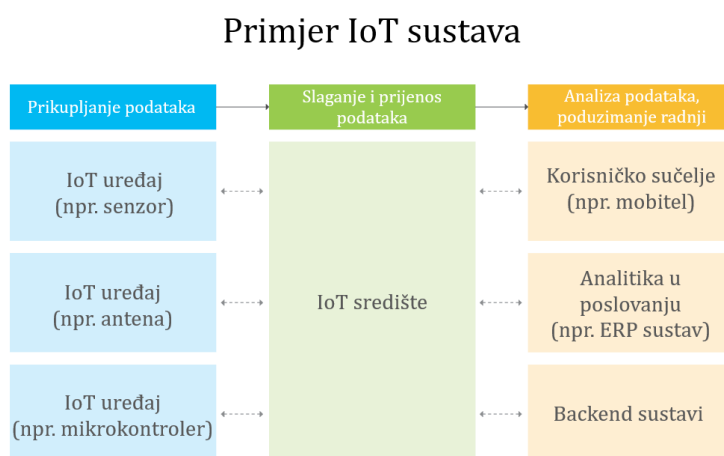
- Strojni vid - korištenje tehničke naprave (npr. kamere) u svrhu dobivanja informacija o prizoru te njihova daljnja obrada potpomognuta umjetnom inteligencijom, koja je omogućila stvaranje modela dubokog učenja za procesuiranje, te u konačnici interpretacija slike. Današnji modeli omogućili su obavljanje mnogih zadataka koje strojni vid može obaviti, kao što su prepoznavanje lica, detekcija objekata i rubova, klasifikacija slika po kategorijama u ovisnosti o onome što ona prikazuje itd.



Slika 27. Segmentacija dobivenog prizora

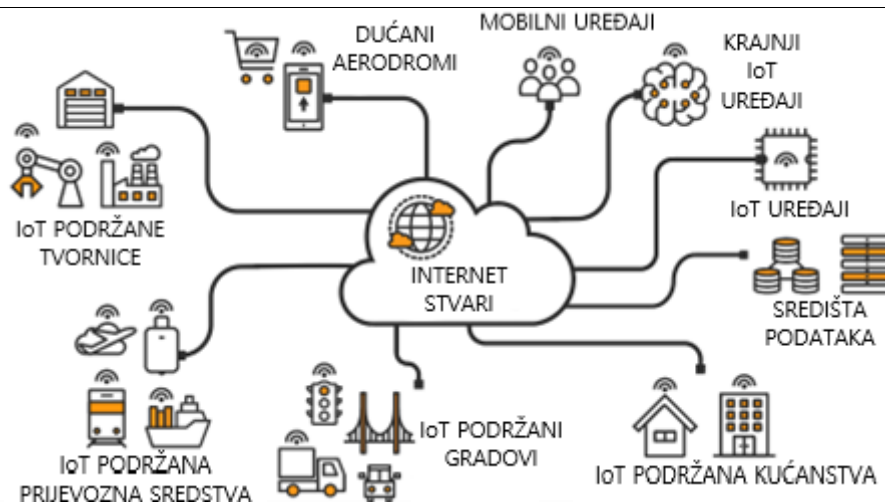
2.4.3. *Internet stvari (eng. Internet of Things (IoT))*

Termin „Internet“ globalno predstavlja više kategorija aplikacija i protokola stvorenih povrh sofisticiranih i međusobno povezanih računalnih mreža, služeći neprekidno milijardama ljudi diljem svijeta, a u tom je smislu napredovao posljednjih tridesetak godina. Naknadno, naglasak je danas na stvaranju integracije fizičkog svijeta i virtualnih okruženja koje su kreirali ljudi, stvarajući tako tzv. Internet stvari, „prostor“ koji omogućuje razmjenu više vrsta informacija u velikom obimu [18].



Slika 28. Postav IoT sustava

Jedan od stubova *IoT-a* je sve što spada u „Things“, a tu se svrstavaju sve „stvari“ koje čine povezanu mrežu razmjena informacija, počevši od malih senzora, koji detektiraju i javljaju promjene u procesu, sve do robusnih servera, koji omogućuju analizu podataka i izlučivanje znanja. Jedan od primjera korištenja IoT svijeta je kako su uređaji za pojedinca međusobno povezani: pri povratku kući, automobil ili mobilni uređaj odašilje lokaciju, koju uređaj garažnih vrata prima, te se garažna vrata automatski otvaraju, a termostat ili klima uređaj namješta unaprijed željenu temperaturu stambenog prostora, po istom lokacijskom principu.



Slika 29. Sudionici interneta stvari

Područje primjene Interneta stvari zahvatilo je mnoga područja života, a neka od njih su:

- poljoprivreda - senzori mogu prikupljati podatke o količini kiše, vlage i temperature, ili stanju popunjenosti silosa;
- građevina - senzori mogu detektirati promjene, nastale djelovanjem vanjskih uvjeta, na statičko opterećenje građevine ili mosta, te se određeni parametri mogu pratiti u realnom vremenu;
- urbanizacija - IoT tehnologije mogu se koristiti za pametno paljenje rasvjete ovisno o frekvenciji prometa na nekom području, za praćenje količine otpada u određenim dijelovima grada ili za nadzor plaćenih parkirnih mjesta;
- zdravstvo i medicina - remote praćenje parametara pacijenata, nadzor zaliha lijekova i potrebnih pomagala u održavanju dnevne bolnice;
- prodaja - praćenje kretanja i navike kupaca, analiza obrasca kupovanja, personalizacija marketinških poruka, a sve to u svrhu poboljšanja iskustva kupaca i optimizacije rada trgovine;
- transport - pružanje pomoći u praćenju performansi vozila u tranzitu, optimiziranju ruta do konačnog odredišta i praćenju isporuka [19].

2.4.4. Virtualna i proširena stvarnost (Virtual Reality i Augmented Reality)

Koncept virtualne stvarnosti datira iz sredine 1960-ih godina, kad je američki informatičar, Ivan Sutherland, pokušao opisati VR kao prozor kroz kojeg korisnik percipira virtualni svijet koji izgleda, zvuči i osjeća se stvarnim, te u kojem se može ponašati kao u stvarnom svijetu. Sukladno razvoju tehnologija, mnogo stručnjaka dalo je svoje definicije virtualne stvarnosti, no svaka je sadržala tri ključna aspekta: predodžba, percepcija postojanja u okruženju i interakcija s tim okruženjem. Danas, VR je okarakteriziran kao trodimenzionalni prikaz alternativnog, virtualnog svijeta, kroz određeni uređaj (pretežito naočale) koji daje vizualne i zvučne impulse tog istog virtualnog svijeta. Uređaji koji se koriste za VR glavni su čimbenici pojedinčevog doživljaja, a dijele se na *input* i *output* uređaje. U *input* uređaje svrstavaju se oni koji omogućuju komunikaciju s virtualnim svijetom, a mogu biti sve od jednostavnih palica, pa do rukavica koje bilježe pokret svakog prsta, dok u *output* uređaje spada sve što daje bilo kakvu vrstu podražaja iz virtualnog svijeta. To mogu biti jednostavne naočale i zvučnici, ali i haptički uređaji koji omogućuju prijenos taktalnog podražaja. Primjena VR tehnologija zamjetna je u mnogim granama, kao što su *gaming* industrija, vojna industrija, građevina i arhitektura, edukacija, medicina itd [20].

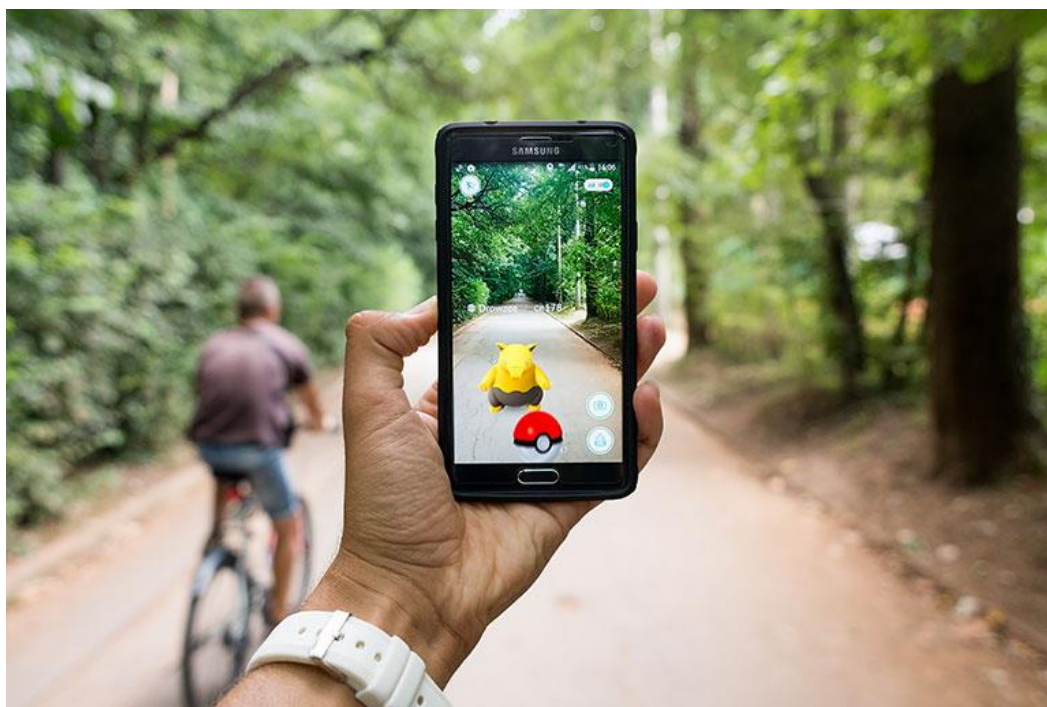


Slika 30. Primjena VR tehnologije u svrhu vježbi zaštite na radu

Kroz vrijeme razvoja VR tehnologije, početkom 1990-ih pojavila se i AR tehnologija (eng. *Augmented Reality*), kada je *Boeing Corporation* stvorila prvi prototip proširene stvarnosti, u svrhu edukacije zaposlenika kako sklapati alat za rukovanje žicama. Tehnološka podloga za stvaranje proširene stvarnosti sastoji se od tri čimbenika: geoprostorni podatak za virtualni

objekt (marker), površina za proiciranje virtualnog elementa te procesna i grafička jedinica s kamerom za prikaz [20].

Korisnik gleda kroz objektiv uređaja za prikaz, npr. naočale ili kamera, te se na stvarnim objektima prikazuju generirani elementi. Svrhe korištenja proširene stvarnosti usko su vezane s područjima u kojima se koristi virtualna stvarnost, iako se dvije tehnologije u suštini razlikuju.



Slika 31. Proširena stvarnost na mobilnom uređaju

VR i AR dvije su usko povezane tehnologije, pošto obje stvaraju nove svijetove prilagođene korisniku, ali u suštini se razlikuju, pošto proširena stvarnost sadrži elemente iz realnog okruženja, dok je virtualna stvarnost nepovezana sa stvarnim svijetom.

3. PRIMJENA LEAN ALATA I TEHNIKA U TEKSTILNOJ INDUSTRIJI

Tekstilna industrija, kao jedna od najstarijih industrija, prošla je kroz mnoge faze razvoja načina ljudskog rada i implementacije novih tehnologija, od starih tkalačkih stanova, sve do modernih šivaćih strojeva za individualan rad, gdje se spoj ljudskog dodira i mogućnosti umjetno stvorenog sustava reprezentira u kvalitetno izrađenom proizvodu izrađenom od raznih vrsta tekstila, čija primjena varira od osobne upotrebe u svrhu odijevanja, raznih svakodnevnih pomagala kao što su platnene vreće za potrepštine iz dućana, pa sve do građivnog elementa kućanstava i vozila.

Opće je poznato da je rad u tekstilnoj industriji među niže plaćenima, usporedivši ga s radom u ostalim industrijama. Za to postoje mnogi razlozi, a neki od njih su:

1. radno-intenzivna priroda industrije
 - poslovi šivača i krojača ne zahtijevaju visoku razinu vještina, znanja i iskustava, pa je radna snaga lako dostupna, ali i lako zamjenjiva;
 - veliki dio operacija u procesu izrade proizvoda moraju se raditi ručno;
2. izdvajanje posla (eng. *outsourcing*)
 - pronalaskom jeftine radne snage u državama južne Azije, kao što su Bangladeš, Indija, Indonezija, Vijetnam i Kambodža, uspostavio se trend postavljanja pogona za preradu tekstila u tim državama, pošto takva radna snaga investitorima omogućuje veće marže pri prodaji proizvoda;
3. niska stopa dodavanja vrijednosti radom
 - u industriji brze proizvodnje odjeće, izrađuju se proizvodi u velikim serijama, slabe kvalitete, a izrada je intenzivno orijentirana ljudskom radu, proizvodi sporo dobivaju na vrijednosti;
4. povijesni razlozi i ostavština kolonijalizma
 - u mnogim državama, prerada tekstila opstala je još iz doba kolonija, kada su kolonijalne sile uspostavile plantaže lana i pamuka te radionice za preradu.

Činjenicom da je tekstilna industrija ponajviše radno-intenzivna, dolazi se do pitanja kako unaprijediti ljudski rad i efektivnost jednostavnim promjenama. Trendovi u svijetu su takvi da se iz postojeće opreme i radne snage pokuša izvući maksimum, zbog stalno rastućih cijena sirovih materijala, energenata, amortizacije i sl., pa se stoga mnogi proizvođači nalaze pred pitanjem kako iz postojećih resursa dobiti više, a ako se uzme u obzir da se strojevi ne mogu preoptereti, jedino polje pomaka može biti u načinu ljudskog rada. Poznavajući stanje tekstilne industrije, tj. da je ona ponajviše orijentirana čim jeftinijoj radnoj snazi, pregledom literature nailazi se na mnoge pokušaje unaprjeđivanja postojećih prerađivačkih pogona u državama gdje je tekstilna industrija jedna od vodećih grana, u područjima kao što su ranije navedene države južne Azije. U nastavku ovog poglavlja, dati će se neki primjeri realne primjene Lean alata i tehnika, sa svrhom smanjenja gubitaka i povećanja efikasnosti procesa.

3.1. Stopa usvajanja korištenih Lean alata i tehnika

Kroz godine Lean načina razmišljanja, razvile su se mnoge tehnike i mnogi alati koji u svojoj osnovi sadrže Lean postulate, od kojih su neki spomenuti i opisani u ovom radu. Pokušavajući unaprijediti svoje procese, većina je poduzeća, preko svojih voditelja, došla na ideju implementiranja Lean filozofije u nekom obliku.

Tablica 1. Primjena Lean alata i tehnika u tekstilnoj industriji [21]

| | Lean alat / tehnika | Stopa primjene u tekstilnoj industriji |
|----|---|---|
| 1 | Uvođenje proizvodnje po ćelijama | 98% |
| 2 | Uvođenje Poka-Yoke | 74% |
| 3 | Analiza VAT/NVAT/WT aktivnosti | 58% |
| 4 | Potpuno proizvodno održavanje (TPM) | 93% |
| 5 | Potpuni menadžment kontrole kvalitete (TQM) | 77% |
| 6 | Implementacija 5S | 56% |
| 7 | Implementacija Jidoke | 56% |
| 8 | Smanjenje vremena ciklusa | 67% |
| 9 | Implementacija Andona | 60% |
| 10 | Standardizacija gotovih proizvoda | 72% |
| 11 | Smanjenje vremena pripremnih radnjih | 95% |
| 12 | Standardizacija radnih navika | 40% |
| 13 | Implementacija treninga radnika | 67% |

U Tablici 1. prikazani su podaci istraživanja u 100 kompanija u Pakistanu, iz 5 različitih industrija, od kojih neki dio kompanija pripada tekstilnoj industriji, u kojoj se mjeri uvode Lean alati i tehnike.

Za tekstilnu industriju je karakteristično da se u velikoj mjeri koristi način proizvodnje po radnim stanicama, pošto svaki zaposlenik koji šiva ili kroji materijal, radi za jednim strojem cijelo svoje radno vrijeme.

Također se čim više pokušava smanjiti vrijeme koje se troši na pripremno-završne radnje, pošto gotov proizvod, iz sirovog materijala, prolazi kroz mnogo različitih operacija, a kroz mnogo je slučajeva identificirano kako najveći gubitci u procesima tekstilne industrije dolaze upravo iz previše utrošenog vremena na međufaznim radnjama.

U pogledu radnji na samom materijalu, povećanje stope uvođenja analize aktivnosti koje dodaju ili ne dodaju vrijednost dodatno bi doprinijelo smanjenjem vodećeg vremena, čime se otvara mogućnost povećanja proizvodnje u istom vremenskom periodu, a s time i povećanja dobiti poduzeća.

Kao što je već ranije spomenuto u ovom poglavlju, rad u tekstilnoj industriji ponajviše je orijentiran čovjeku. Tako je implementacija alata Jidoka, koji označava uvođenje automatizacije u proces, ograničena na eventualnu primjenu u području skladištenja, transporta i kontrole kvalitete, pa je iz tog razloga stopa uvođenja tog alata relativno niska.

Jedan od najvećih problema u tekstilnoj industriji je zastoj šivaćeg stroja, gdje glavno sredstvo rada za dodavanje vrijednosti dođe u stanje zastoja. Dolazi do čekanja u lancu proizvodnje, vrijeme koje je utrošeno je čisti gubitak, a popravak stroja iziskuje troškove. Iz tog se razloga u velikoj mjeri uvodi tehnika cjelovito produktivno održavanje (TPM), kako bi se prediktivnim i preventivnim tehnikama sprječili ili barem umanjili vjerojatnost kvarova na strojevima.

3.2. Barijere implementiranja Lean filozofije u tekstilnoj industriji

Uvođenje promjena u svakom uhodanom procesu, bio on više ili manje efikasan, predstavlja redefiniranje uspostavljenih normi, navika i pravila, neovisno je li riječ o materijalnim ili humanim vrijednostima u poduzeću. Prvenstveno u navikama radnika kao ljudskog bića, u naravi postoji otpor prema promjenama, pošto u većini slučajeva to predstavlja odmak iz zone komfora. Iz tog je razloga uvođenje Lean filozofije, u pogledu mijenjanja uspostavljenih radnih navika, koje su se formirale u dužem vremenskom razdoblju, u tekstilnoj industriji, gdje je rad

ponajviše orijentiran čovjeku, iznimno zahtjevan pothvat i zahtijeva motivaciju i želju za promjenom na bolje. U takvim situacijama, do izražaja dolaze zaposlenici u području menadžmenta, koji radnicima trebaju pružiti podršku, stvoriti ideju kako će uvedene promjene dati bolje radne uvjete, a isto tako poboljšati postojeći proces. Barijere na koje poduzeća tekstilne industrije nailaze prilikom implementacije Lean filozofije opisale su autorice članka *Barriers for Lean implementation in the textile industry*, gdje su u jednoj tvrtki u Latviji, u razdoblju od 6 godina, promatrale ciklus prije uvedenih promjena, prilikom njihovog uvođenja, te stanje nakon što su promjene uvedene, a neke od njih jesu:

- otpor zaposlenika - menadžment je počeo s implementacijom nekoliko alata i tehnika, ali organizacijska kultura se nije mijenjala te se suprotstavila danoj inicijativi. Razlog suprotstavljanju bio je taj što su se promjene uvele prebrzo, a radnici nisu bili pripremljeni za takav pothvat;
- manjak znanja i razumijevanja - šivači i operateri smatraju da njihove osnovne želje i potrebe nisu ispunjene zbog neodgovarajuće plaće. Većinom su to ljudi niske razine obrazovanja i traže instantne benefite te nisu zainteresirani za dugoročna unaprjeđenja. Na višim pozicijama u poduzeću, zaposlene su osobe koje su dugoročni zaposlenici poduzeća, a njihov ugled izgrađen je s dna organizacijske piramide, jer su i oni nekoć bili šivači i operateri, te stoga postoji manjak vještina u menadžiranju i upravljanju ljudskim resursima;
- izostanak radnika - visoka razina izostanaka s radnog mjesta uočena je među šivačima i operaterima. Dolazi do premještanja radne snage s jedne linije na drugu, na liniju na kojoj ta osoba inače ne radi, što traži određeno vrijeme prilagodbe, a to rezultira smanjenoj efikasnosti procesa, rizik u pogledu isporuke dobara kupcu na vrijeme, ali i nemogućnost stvaranja dugoročnog proizvodnog plana. Moguće rješenje je educiranje nekoliko radnika koji bi znali raditi na svim linijama, a radili bi po potrebi kad bi na nekoj liniji manjkalo radne snage, no nailazi se na problem u treningu i educiranju, pošto i to iziskuje vrijeme, resurse i novčani trošak;
- nezainteresiranost za ulazak u industriju - zbog niskih plaća i težih uvjeta rada, naspram nekih drugih industrija, profesija šivača i operatera u tekstilnoj industriji nije aktualna među ljudima, što rezultira manjkom nove radne snage i maksimalnom kapitaliziranju postojeće;
- krivulja učenja - čak iiskusni šivači i operateri trebaju vrijeme prilagodbe na nove zahtjeve kupaca, pošto je tipično za tekstilnu industriju da postoje mnoge različite

operacije s različitom opremom na srodnoj vrsti proizvoda, a manjak je radne snage čija su znanja i iskustva dovoljno opsežna kako bi se minimiziralo gubljenje vremena u procesu na prilagodbu [22].

3.3. Primjeri primjene Lean alata u tekstilnoj industriji

3.3.1. Primjena VSM alata u industriji odjeće

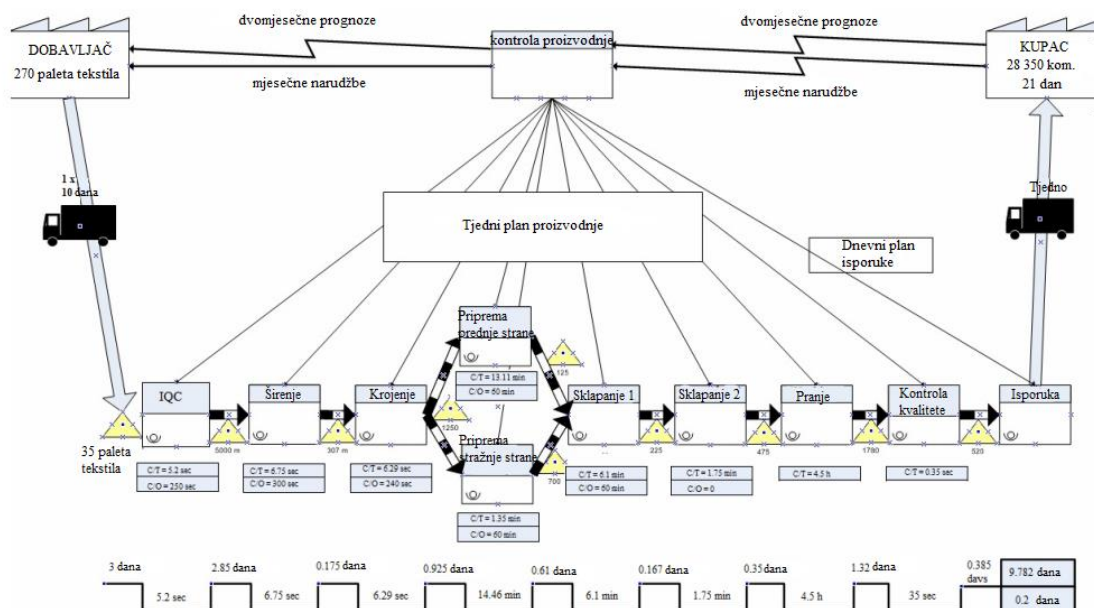
Primjer primjene VSM alata biti će opisan na primjeru jedne tvornice za proizvodnju odjeće, koji je opisan u radu [23]. Autorice su u radu željele, pomoću VSM alata, povećati efikasnost procesa. Taj postupak sastoji se od 4 koraka:

1. biranje obitelji proizvoda;
2. VSM trenutnog stanja;
3. VSM budućeg stanja;
4. planiranje i implementacija predloženih promjena.

Obitelj proizvoda označava dio proizvodnog plana koji prolazi kroz slične operacije i strojeve u procesu, pa je u ovom primjeru odabrana proizvodnja traperica. Uslijedila je izrada mape trenutnog stanja, za koju je potrebno pratiti materijal u prolazu kroz kompletan proces, od dolaska sirovine u ulazno skladište, sve do isporuke gotovog proizvoda. Neki od zabilježenih podataka jesu:

- dnevno raspoloživo vrijeme za rad je 450 minuta;
- u vremenskom roku od 3 tjedna, kupac zahtijeva isporuku u količini od 28 350 komada;
- materijal od dobavljača pristiže svakih 10 dana
- u ulaznom skladištu trenutno se nalazi 5 250 metara tkanine, a za jedan komad potrebno je 1,3 metra materijala;
- prema zahtjevima kupca, zalihe sirovog materijala dostatne su za 3 dana rada;
- vrijeme ciklusa ulazne kontrole kvalitete je 5,2 s/kom., a vrijeme prelaska na sljedeću operaciju je 250 s;
- zalihe koje čekaju širenje, prvu operaciju nakon ulazne kontrole, odgovaraju zalihama za 2,85 dana;
- širenje se odvija brzinom 6,75 s/kom.;

- zalihe koje čekaju krojenje, operaciju nakon širenje, odgovaraju zalihama za 0,175 dan;
- krojenje se odvija brzinom 6,29 s/kom.;
- operacija pripreme prednje strane traperica traje 13,11 min/kom., a pripreme stražnje strane 1,35 min/kom.; zbog velike razlike u vremenima, stvaraju se prekomjerne zalihe stražnjih strana traperica prije prve operacije sklapanja, koja je šivanje;
- na pripremi prednje strane postoje zalihe za 0,09 dan, a na pripremi stražnje strane za 0,52 dan;
- nakon pripreme obje strane, zajedno se spajaju prednja i stražnja strana šivanjem;
- zalihe koje čekaju drugu operaciju sklapanja odgovaraju zalihama za 0,167 dan;
- nakon druge operacije sklapanja, pranje se odvija u kooperaciji i traje 4,5 sata;
- prije operacije pranja, postoje zalihe za 0,35 dan, a nakon pranja za 1,32 dana;
- kontrola kvalitete za jedan komad traje 35 sekundi, a zalihe nakon kontrole kvalitete odgovaraju zalihama za 0,385 dan, one koje čekaju isporuku;
- isporuka se odvija jednom tjedno;
- nakon analize vremena operacija i vremena međufaznih radnji, vodeće vrijeme radnih operacija iznosi 0,2 dan, a vodeće vrijeme ukupne proizvodnje je 9,782 dan, što označava da se 97,95% vremena troši na pripremu i čekanje.



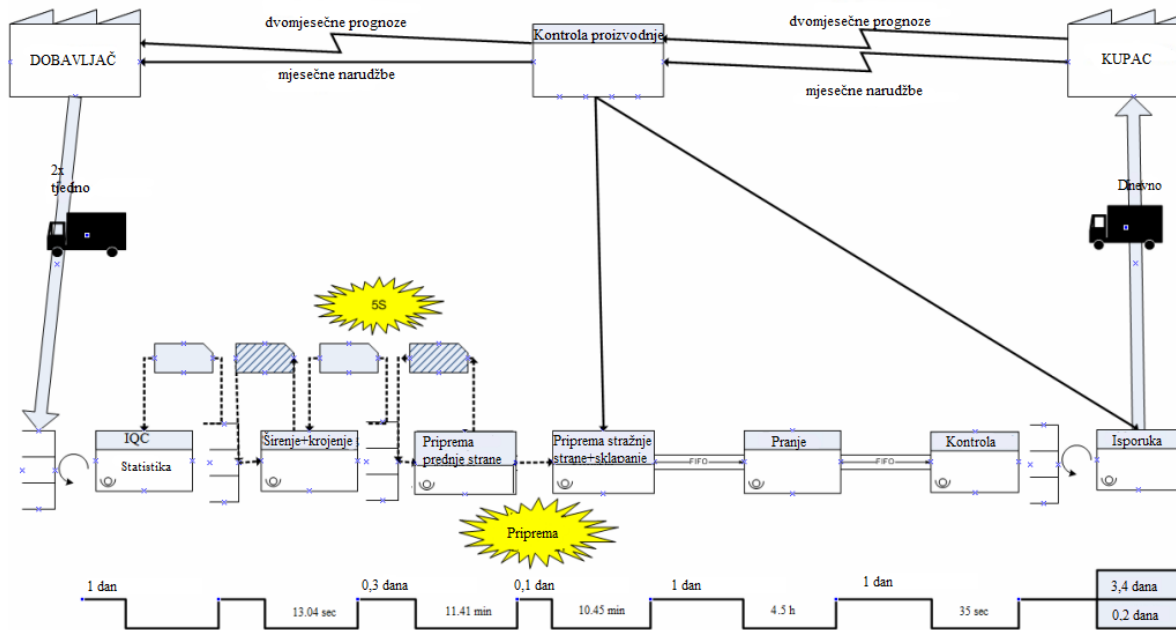
Slika 32. VSM trenutnog stanja

Nakon analize izračunatih i dobivenih podataka, izrađuje se mapa budućeg stanja, koja će predočiti kako bi sustav trebao izgledati i funkcionirati nakon smanjenja ili eliminacije poteškoća. U ovoj se fazi razmišlja koji se alati i tehnike mogu primijeniti kako bi se došlo do pozitivnog pomaka po pitanju ukupne efikasnosti procesa.

U ovom se slučaju jasno može primijetiti kako je vodeće vrijeme ponajviše uvjetovano zalihama između operacija, pa se upravo u tome očituje najveći izvor gubitaka.

Neke od ideja i predloženih promjena, nakon izrade mape budućeg stanja, jesu:

- češće isporuke sirovine od strane dobavljača, u manjim serijama, kako bi se spriječilo stvaranje zaliha na ulazu u proces;
- prijedlog da ulaznu kontrolu kvalitete obavlja dobavljač;
- primjenom Kaizen tehnike između odjela širenja i krojenja, eliminiralo bi se čekanje i komadi bi se s operacije širenja direktno poslali na operaciju krojenja;
- uvođenje „pacemaker-a“, operacije koja diktira tempo proizvodnje, tj. da se sve operacije vremenski prilagođavaju taktu najsporiye operacije, one koja stvara usko grlo u procesu, a to je operacije pripreme stražnje strane traperica;
- uvodi se sustav povlačenja, tako da operacije prvog sklapanja i pripreme stražnje strane traperica povlače proizvode s operacije pripreme prednje strane traperica;
- smanjenje vremena pripremno završnih radnji šivanja i sklapanja;
- isporuka gotovih proizvoda odvijat će se na dnevnoj bazi kako bi se smanjile zalihe pri operacijama kontrole kvalitete;
- uvođenjem TPM-a, oprema i materijali biti će kontinuirano nadzirani te će se spriječiti ili minimizirati utjecaj kvarova strojeva, kako bi se umanjila vremena zastoja;
- uvođenjem 5S, radna mjesta održavat će čistoću i urednost.



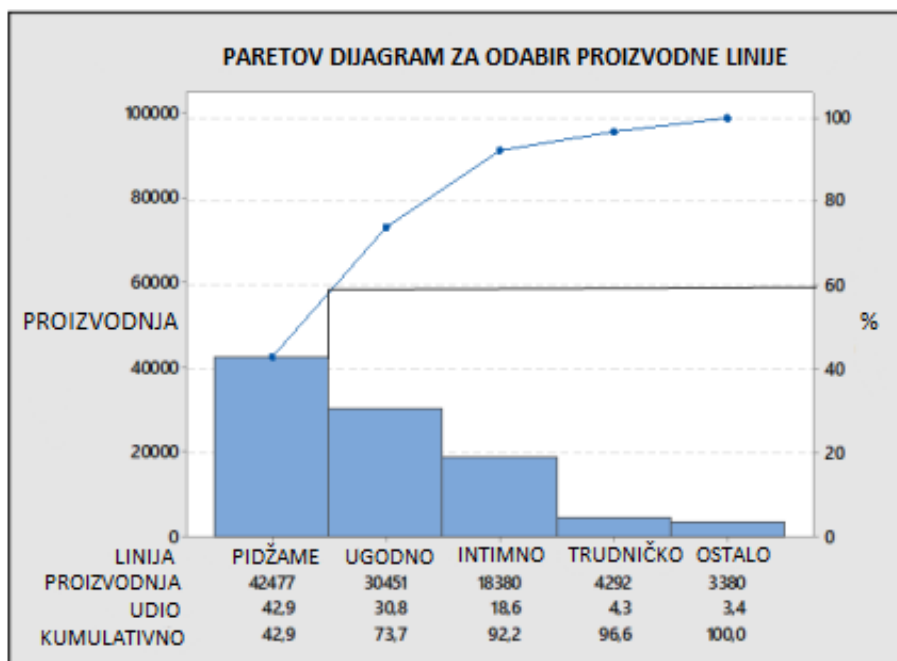
Slika 33. VSM budućeg stanja

Uvođenjem i testiranjem novo danih ideja, vodeće vrijeme ukupne proizvodnje smanjilo se s 9,782 dan po komadu na 3,4 dan, što označava smanjenje od 65,17 %.

3.3.2. Primjer 2: Povećanje produktivnosti u proizvodnji odjeće

Poduzeće se, u ovom primjeru, našlo u poteškoćama, kada nije moglo pratiti mjesečne zahtjeve isporuke od strane kupca. Konkretno, mjesečna proizvodnja bila je premala za 31 %. Cilj autora bio je implementirati Lean tehnike u proces, kako bi se reducirali gubici i vremena aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu [24].

U trenutnom stanju, proizvodi se pet skupina odjevnih predmeta: spavaćice, ležerna odjeća, donje rublje, odjeća za trudnice i ostale vrste koje su grupirane u posljednju skupinu.



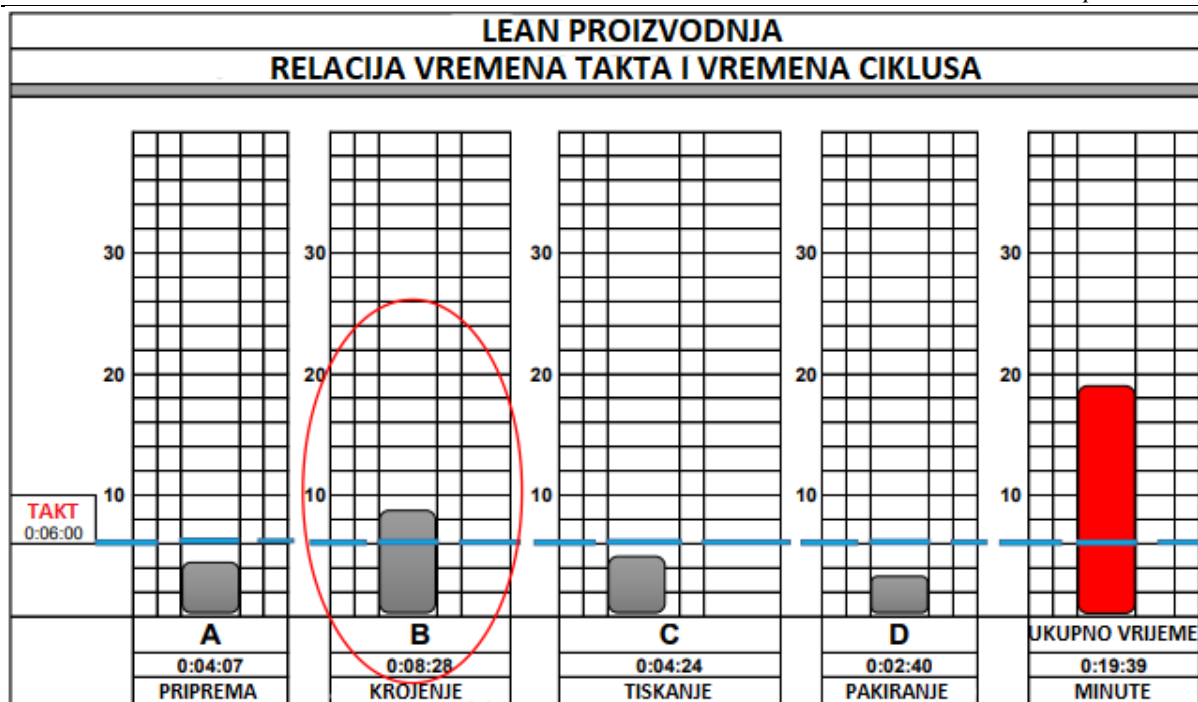
Slika 34. Pareto dijagram proizvodnog asortimana

Izradom Pareto dijagrama, uočeno je da se u najvećem opsegu proizvode spavaćice, koje zauzimaju 40 % proizvodnje, a generiraju 60 % prodaje. Stoga, upravo je linija za proizvodnju spavaćica odabrana kao područje koje će se pokušati unaprijediti.

Proizvodnja spavaćica odvija se u 4 koraka, a oni jesu:

1. krojenje, čije je vrijeme ciklusa 4,12 min;
2. šivanje, čije je vrijeme ciklusa 8,47 min;
3. sitotiskanje, čije je vrijeme ciklusa 4,4 min;
4. pakiranje, čije je vrijeme ciklusa 2,67 min.

Mjesečni zahtjevi kupca jesu da se omogući isporuka 1589 spavaćica, a uzevši u obzir dostupno vrijeme rada u rasponu od mjesec dana, dobiva se vrijeme takta od 5,85 min/kom., što će se radi pojednostavljenja zaokružiti na 6 min/kom.



Slika 35. Omjer vremena takta s vremenima ciklusa operacija

Za svaku se operaciju i međufazne radnje napravila analiza vremena, te su identificirana moguća područja unapređenja:

- u odjelu krojenja, vrijeme koje se troši na pripremu i prelazak na sljedeću fazu je 64,13 min, a tu ulaze aktivnosti koje su nepotrebne: traženje izgubljenih narudžbi (3,5 min), traženje alata koji nije na predviđenom mjestu (2,67 min), čekanja (2 min), nepotrebni pokreti (8,17 min);
- u odjelu šivanja, vrijeme ciklusa premašuje vrijeme takta za 2,47 min;
- u odjelu sitotiskanja, radnici transportiraju zašivene komade na četvrti kat zgrade, a kasnije se oni vraćaju na drugi kat u odjel pakiranja, pa stoga prelaze udaljenost od 47 m, a vrijeme se također gubi na traženje negativna te potrebnih alata;
- u odjelu pakiranja, prelazi se nepotrebna udaljenost transporta od 40 m

Tablica 2. Brainstorming matrica problema premale proizvodnje

| <i>Brainstorming</i> | | | |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Problem | Uzroci | Moguća rješenja | Operacija |
| 31 % premala proizvodnja | Vrijeme ciklusa > vrijeme takta | Proizvodnja po ćelijama | Šivanje |
| | Nepotrebni pokreti | 5S | Krojenje, sitotiskanje, pakiranje |
| | Zastoji | Autonomno održavanje | Krojenje, pakiranje |
| | Neujednačene radnje | 5S | Pakiranje |
| | Aktivnosti koje su čisti gubitak | Analiza vremena aktivnosti | Krojenje, sitotiskanje, pakiranje |

Nakon prioritizacije uvođenja pojedinih tehnika, gdje su faktori uvođenja bili cijena, vrijeme, izvedivost i održivost, odlučeno je da se u odjelima tiskanja, krojenja i pakiranja provede analiza vremena pojedinih aktivnosti te njihova podjela na aktivnosti koje dodaju vrijednost, aktivnosti koje ne dodaju vrijednost te aktivnosti koje su čisti gubitak, te da se uvede 5S alat, dok se u odjelu šivanja predlaže uvođenje proizvodnje po ćelijama.

Tablica 3. Usporedba parametara prije i nakon uvođenja promjena

| Usporedba rezultata prije i nakon uvođenja 5S i proizvodnje po ćelijama | | | | | ↑ | Povećanje |
|---|----------|-----------|---|----------|--------------|-----------|
| | | | | | ↓ | Smanjenje |
| Parametar | Trenutno | Rezultati | | | Jedinica | |
| | | Buduće | | Promjena | | |
| Vrijeme ciklusa | 8,47 | 4,92 | ↓ | 3,55 | min | |
| Kapacitet proizvodnje | 1080 | 1964 | ↑ | 884 | kom/mjesečno | |
| Efikasnost | 60 % | 72 % | ↑ | 12 % | % | |
| Vodeće vrijeme | 619 | 615 | ↓ | 4 | min | |
| Efikasnost radne snage | 1,4 | 2,1 | ↑ | 0,7 | kom/h/radnik | |
| Troškovi proizvodnje | 5843,10 | 6794,64 | ↑ | 951,94 | \$/mjesečno | |
| Trošak izrade po jedinici | 5,41 | 4,28 | ↓ | 1,13 | \$/kom | |

U Tablici 3. prikazani su rezultati dobiveni nakon uvođenja predloženih Lean alata i tehnika. Iako su se ukupni troškovi proizvodnje povećali, poduzeće je uspješno riješilo svoje poteškoće vezane uz nemogućnost isporuke potrebnog broja spavaćica na zahtjev kupca, a ponajviše je vidljiv napredak u povećanju efikasnosti od 12 %.

Nakon pregleda primjera primjene Lean alata i tehnika u poduzećima u realnim radnim okruženjima, prepoznato je kako u tekstilnoj industriji postoje mnoga područja koja su podložna promjenama, sa svrhom stvaranja poboljšanog proizvodnog procesa, ali i olakšavanja rada zaposlenicima te stvaranje ugodnijeg radnog okruženja, ponajviše iz razloga što je odabrana industrija orijentirana radu čovjeka. Samo malim utjecajem na dio proizvodnog procesa, te sitnim promjenama u radnim navikama zaposlenika, može se u velikoj mjeri unaprijediti dio postojećeg procesa, a time i proces u cijelosti, pošto je u velikoj mjeri ljudsko razmišljanje takvo da se ustaljeni procesi i navike odviše ne mijenjaju. Stoga je motivacija bila primjeniti neke od principa Lean filozofije u jednom hrvatskom tekstilnom poduzeću.

4. UNAPREĐENJE PROIZVODNOG PROCESA ODABRANOG PODUZEĆA

4.1. O odabranom poduzeću [25]

Kao što je u naslovu rada navedeno, pokušat će se, primjenom Lean alata i tehnika, unaprijediti proizvodni proces u tekstilnoj industriji, u odabranom poduzeću, a ono je Kostelar d.o.o. Tvrtka se nalazi u Pregradi, na sjeverozapadu Hrvatske, u Krapinsko-zagorskoj županiji, a bavi se proizvodnjom sjedećih sustava, tj. presvlaka naslona za ruke i glavu, za automobilske *brandove* poput BMW-a, Forda, Volva, Toyote itd. Poduzeće je osnovano 2001. godine, pod imenom Kostel Promet, a trenutno ime dobilo je prilikom *rebrandinga* 2023. godine. Danas tvrtka zapošljava više od 500 zaposlenika, od kojih je većina zaposlena u proizvodnom pogonu, ponajviše šivačica i šivača.



Slika 36. Proizvodni pogon poduzeća Kostelar

Prvi posao poduzeća bio je šivanje sjedišta i naslona za glavu za Renault Clio, u suradnji s poslovnim partnerom Johnson Controls NTU, dok danas rade kao dobavljač za već navedene proizvođače automobila. Do danas su proizveli 52 milijuna jedinica, te time opremili 16 milijuna automobila. Neki od bitnijih događaja u povijesti poduzeća jesu:

- 2003. godina, početak rada u vlastitom proizvodnom pogonu;
- 2005. godina, proširenje i dogradnja novog pogona te dobivanje ISO 9001 certifikata;
- 2006. godina, dobivena nagrada Gazela kao najbrže rastuće poduzeće u Hrvatskoj;

- 2012. godina, Kostel Promet postaje *Full Service Supplier* tadašnjem Johnson Controlsu, danas Adientu;
- 2015. godina, početak rada u izdvojenom pogonu u Poznanovcu;
- 2017. godina, otvaranje proizvodnog pogona u Srbiji i tvrtke Kostel Automotiv;
- 2023. godina, projekt povećanja energetske učinkovitosti proizvodnog pogona u Pregradi te *rebranding*;

4.2. Proizvodni proces

Početak proizvodnog procesa označava dobivanje narudžbe od strane kupca, nakon čega se provodi analiza iste takve prijašnje narudžbe, te se na temelju njih sistemski kreiraju planovi krojenja i šivanja, za određeni proizvod. Na temelju narudžbi, poduzeće kontaktira dobavljača materijala i daje svoju narudžbu. Sirovi materijali, koji se kroje i šivaju, su tekstil i vinil. Oni su u obliku dugog pravokutnika, ali se radi lakšeg transporta isporučuju kao namot u obliku spirale.



Slika 37. Materijal u odjelu krojnice

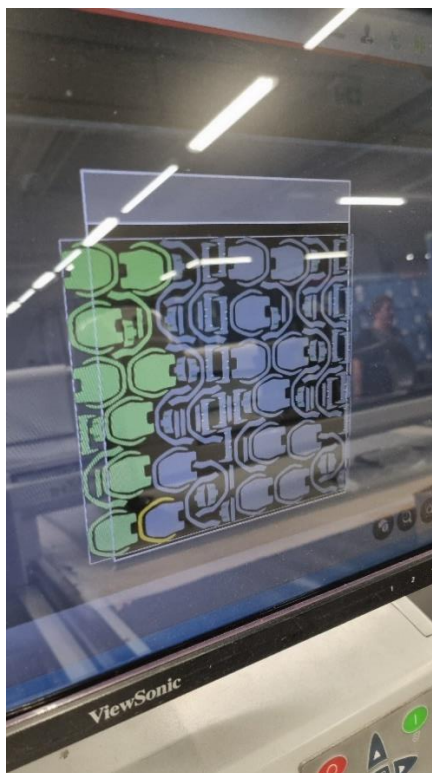
Nakon dobivanja svih materijala, koji se grupiraju u ulaznom skladištu, oni odlaze u odjel ulazne kontrole, gdje se provjerava je li sve u redu s materijalom, na način da se uzima 10 %-tni uzorak od svake vrste pristiglog materijala te se provjerava zadovoljava li sve kriterije, kako bi bio raspoloživ za preradu i/ili korištenje. Na materijalu koji se kroji i šiva, provjerava se njegova debljina, rastezljivost, je li on odgovarajuće boje te ima li kakva oštećenja.

Ukoliko materijal prolazi sva potrebna ispitivanja i zadovoljava potrebne parametre, deklarira se kao zadovoljavajuć, vraća se u ulazno skladište i čeka uporabu ovisno o planu proizvodnje. Kada dođe red za korištenje materijala, transferira se u odjel krojenja, i prije nego počinje operacija krojenja, potrebno je temperirati ga barem četiri sata. Temperiranje ne označava poseban postupak, već privikavanje materijala na sobnu temperaturu, pošto temperatura u ulaznom skladištu varira ovisno o dijelu godine i vremenskim uvjetima.

Temperirani se materijal kroji na strojevima Lectra, gdje se režu komadi potrebni za šivanje određenog proizvoda, prema prethodno izrađenoj krojnoj slici. Tvrtka je kroz godine optimirala ovaj proces do te mjere, da se 90-95 % dopremljenog materijala iskoristi u proizvodnji, te se tako minimizira otpad koji čini neiskorišteni materijal.



Slika 38. Stroj za krojenje u radu



Slika 39. Krojna slika jednog namota materijala

Jedan se proizvod izrađuje od dva dijela, prednjeg i stražnjeg. Shodno tome, nakon krojenja se materijal odvaja ovisno o tome za izradu kojeg je dijela namijenjen. Kada se, po planu proizvodnje, odluči za šivanje novog proizvoda, potreban se skrojeni materijal sortira zajedno sa svim dodatnim komponentama, koje su potrebne za gotov proizvod, u *blue box*-eve. *Blue box* je plava plastična kutija koja se koristi kao standardizirana ambalaža u proizvodnji. Dalje će se tekstu rada, radi pojednostavljenja, za ambalažu u proizvodnji koristiti engleski naziv.



Slika 40. Sortirani materijal potreban za šivanje prednje strane

Sortirani se materijal zatim šalje u šivaonu, a ta radnja se interno naziva lansiranje. Lansiranje označava radnju dopremanja svih potrebnih dijelova, koji se šiju, u šivaći odjel, te njihovo kretanje od operacije do operacije unutar šivaone, uključujući komponente koje poduzeće ne izrađuje, nego ih dobavlja izvana, kao što su konci i kožne komponente.



Slika 41. Odjel šivaone

Pojedinačni proizvod se, nakon što se odrade sve faze šivanja, pokretnom trakom transportira u odjel završne kontrole. Tamo prolazi sva potrebna ispitivanja i procedure kontrole kvalitete, nakon čega se kategorizira kao OK ili NOK. OK označava proizvod koji zadovoljava sve kontrolne protokole, a zatim se skenira njegova etiketa, kako bi se proknjižio kao gotov proizvod, smješta se u *box*, te se zajedno sa svim ostalim OK proizvodima iste vrste transportira u izlazno skladište. Naprotiv, NOK označava proizvod koji iziskuje popravak ili doradu, ili se označava kao škart i odbacuje se.



Slika 42. OK proizvodi

4.3. Primjena *Value Stream Map* alata za uvid u trenutno stanje procesa

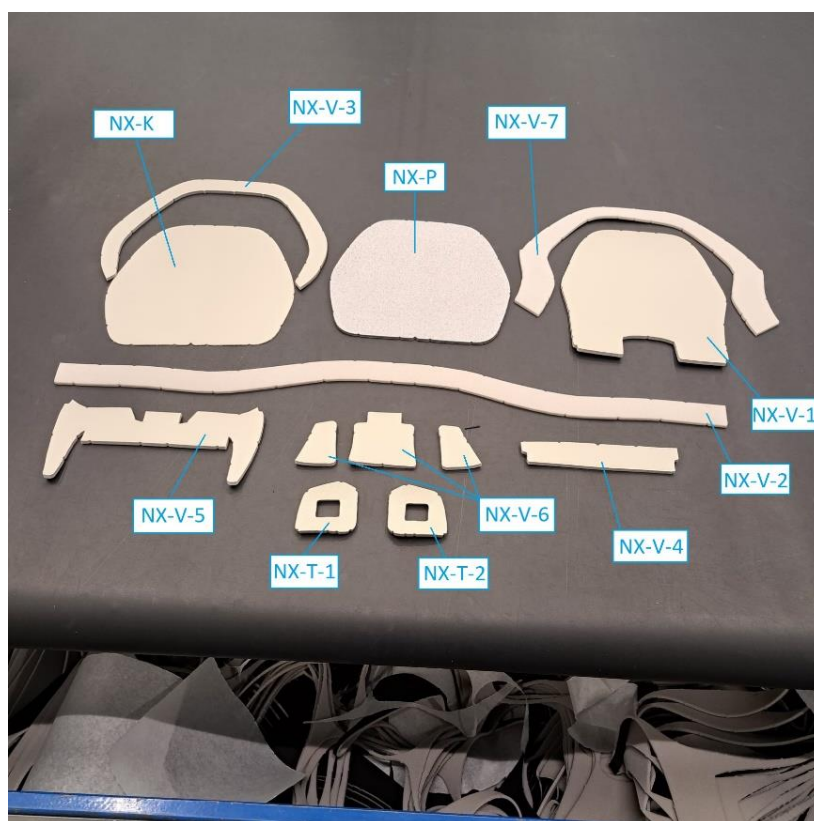
Kako bi se dobio uvid u trenutno stanje procesa, te se dobila ukupna produktivnost procesa, primijenit će se VSM alat, čija je svrha i način izrade opisan u potpotpoglavlju 2.3.6.

Prvi korak u prikazu procesa pomoću VSM-a je biranje obitelji proizvoda, koji će se promatrati kroz proces. U ovom slučaju, u procesu odabranog poduzeća, promatrat će se proizvodnja jedne presvlake naslona, koji će se radi zaštite podataka tvrtke te u svrhu izrade ovog rada nazivati Naslon X, a pridružiti će mu se kratica NX.

NX proizvod izrađuje se od 7 komponenti. Od tih 7 komponenti, tri komponente se kroje, po jedna od vinila, tekstila i pjene, te one čine krojne komplete, a ostale 4 komponente poduzeće dobavlja izvana. Svih 7 komponenti se spajaju u gotov proizvod u odjelu šivaone. Komplet krojnih dijelova od vinila sastoji se od 7 dijelova, od tekstila od dva dijela, dok je pjena jednodjelna.

Tablica 4. Prikaz i nomenklatura liste dijelova proizvoda NX

| ARTIKL | KROJNI KOMPLET | OZNAKA DIJELA |
|---------|------------------|---------------|
| NX | Komplet VINYL | NX-V-1 |
| | | NX-V-2 |
| | | NX-V-3 |
| | | NX-V-4 |
| | | NX-V-5 |
| | | NX-V-6 |
| | | NX-V-7 |
| | Komplet PJENA | NX-P |
| | Komplet TEKSTIL | NX-T-1 |
| | | NX-T-2 |
| | Kožna komponenta | NX-K |
| | Konac 1 | NX-KO-1 |
| | Konac 2 | NX-KO-2 |
| Etiketa | NX-E | |



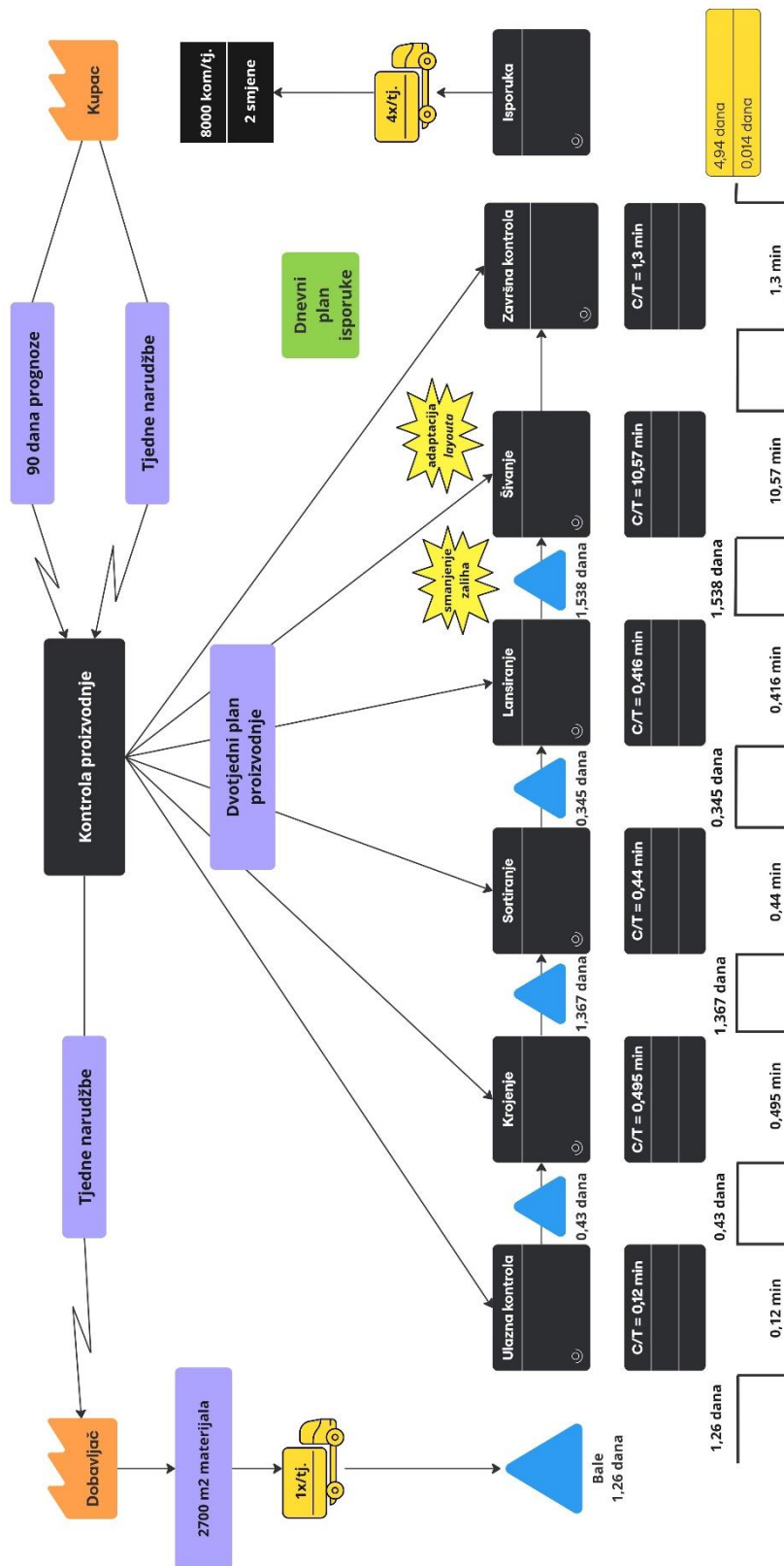
Slika 43. Dijelovi proizvoda NX

Kako bi se izradila mapa trenutnog stanja u poduzeću, prikupljeni su sljedeći podaci:

- poduzeće tjedno kupcu isporučuje 8 000 NX proizvoda;
- radi se u dvije smjene po 8 sati, 5 dana u tjednu, što daje vrijeme rada od 4800 minuta;
- dijeljenjem vremena raspoloživog za rad u jednom tjednu s količinom tjedne isporuke, dobiva se vrijeme takta od 0,6 min/kom.;
- narudžbe između kupca i poduzeća te poduzeća i dobavljača materijala definirana su na tjednoj bazi;
- materijal, koji se prerađuje u poduzeću, pristiže jednom tjedno. Da bi se ostvarila tjedna isporuka, potrebno je 30 bala vinila, 10 bala pjene i jedna bala tekstila. Jedna bala vinyla sadrži 65 m² materijala, isto kao i bala pjene, dok jedna bala tekstila predstavlja 102 m² materijala;
- pri dolasku materijala u poduzeće, ono prolazi ulaznu kontrolu, gdje se prosječno utroši 0,12 min po jednom izrađenom proizvodu;
- nakon ulazne kontrole, materijal se transferira u ulazno skladište, a u trenutku snimanja stanja, u ulaznom skladištu nalazi se materijal za 0,43 dana;
- krojenje se odvija prema planu proizvodnje; za izradu jednog proizvoda, koristi se 0,223 m² vinyla, 0,0121 m² tekstila i 0,0662 m² pjene, što sumarno daje broj od 0,3013 m² materijala za jedan proizvod; zbrajanjem svih vremena krojenja pojedinih materijala i dijeljenjem s potrebnom količinom materijala za jedan proizvod, dobiva se vrijeme od 0,495 minuta koje je potrebno da se iskroji materijal za jedan proizvod;
- u skladištu skrojenih dijelova nalaze se zalihe za izradu 2188 proizvoda;
- kada se po planu šivanja odluči za šivanje proizvoda, potrebno je napraviti sortiranje svih potrebnih dijelova za izradu proizvoda. Oni se u kompletima, ovisno jesu li namijenjeni za šivanje prednje ili stražnje strane, smještaju u *box*-eve, te ostaju u sortirnici sve do lansiranja; sortiranje za jedan artikl traje 0,44 min, a na stanju se nalazi 552 kompleta za jednak broj gotovih proizvoda;
- lansiranje se odvija tako da se *box*-evi premještaju u odjel šivaone, te se prosječno za jedan proizvod troši vrijeme od 0,35 minuta. U trenutku snimanja stanja, u odjelu lansiranja i šivanja zajedno nalazi se materijal za izradu 2460 proizvoda, a to se odnosi na sve iskrojene komponente, koje još nisu ušle u operacije šivanja, te poluproizvode koji se nalaze između operacija šivanja, tj. na kojima nisu izvršene sve operacije;

- vrijeme ciklusa šivanja jednog proizvoda je 10,57 minuta;
- između šivanja i završne kontrole ne postoje zalihe, pošto se zašiveni proizvod pokretnom trakom dostavlja u odjel završne kontrole gdje se odmah okreće, prolazi sve potrebne testove, skenira se i smješta u *box* gotovih proizvoda, te se premješta u izlazno skladište. Na operacije okretanja, završne kontrole, skeniranja i smještanja u *box* zajedno se troši vrijeme od 1,3 min po proizvodu.

Prema danoj slici stanja, izrađena je mapa trenutnog stanja procesa, prikazana na sljedećoj stranici.



Slika 44. Mapa trenutnog stanja procesa

4.4. Odabrano područje unapređenja i opis problematike

Proizvodni proces tvrtke Kostelar sastoji se od više odjela, kao što je predstavljeno kroz mapu toka vrijednosti, prikazanoj na slici 44. Svaki od tih odjela može se shvatiti kao područje unapređenja samo za sebe, no u svrhu izrade ovog rada, pozornost će biti u odjelu šivaone.

Tvrtka je u bližoj prošlosti radila na mnogo projekata, za mnogo proizvođača. Shodno tome, varijabilnost proizvoda, koji su se izrađivali, bila je velika, pa je tako implementiran *layout* šivaone koji je karakterističan kao proizvodnja po ćelijama: nekoliko strojeva koncentrirano na jednom mjestu u odjelu, na maloj površini, gdje se vršio sav rad na materijalu i dobivao bi se gotov proizvod. Ukoliko je neki proizvod zahtijevao više operacija nego što je to bilo moguće ostvariti u jednoj ćeliji, tada bi se rad podijelio u dvije susjedne ćelije.

Danas, tvrtka radi na manje projekata, ali zahtjevi isporuke identičnih proizvoda su uvišestručeni. Tako dolazi do situacije gdje se isti proizvodi izrađuju u više ćelija, što rezultira nepotrebnim kretanjima materijala unutar proizvodnog procesa, zbog neefikasnog rasporeda strojeva i pripadajućih operacija. To je područje prepoznato kao područje unapređenja, kao što je prikazano na mapi trenutnog stanja procesa.

U nastavku ovog rada prikazat će se trenutni raspored strojeva i ostalih komponenti u odjelu šivaone, operacije koje se vrše za izradu presvlake naslona NX na pripadajućim strojevima, analizirati će se kretanja materijala tijekom svih faza šivanja, te će se dati prijedlog novog rasporeda strojeva unutar šivaone, sa svrhom smanjenja duljine transportnog puta materijala.

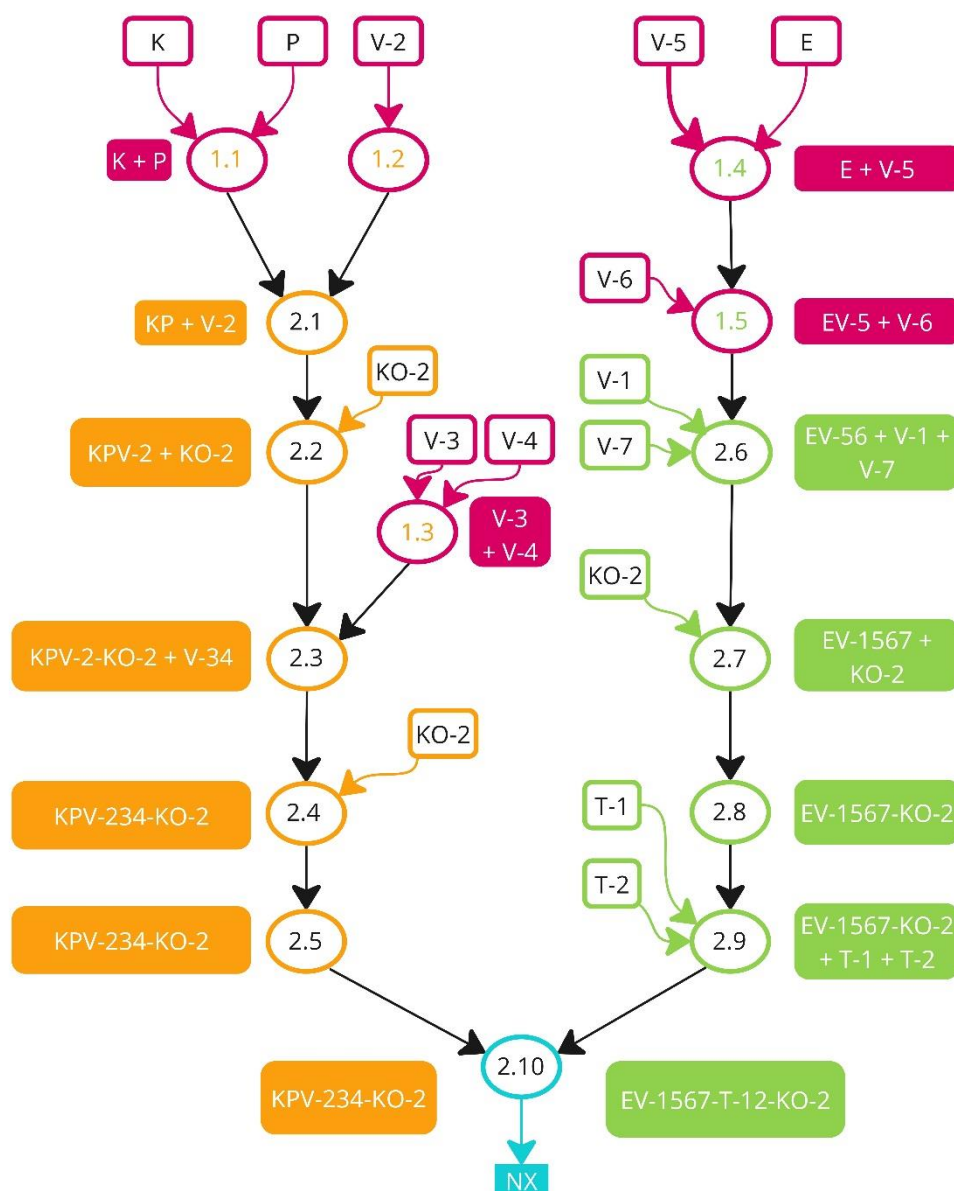
4.4.1. Šivanje proizvoda NX

Šivanje proizvoda NX vrši se u 15 operacija, koje su podijeljene u 3 kategorije: pripremu šivanja, šivanje prednje strane presvlake i šivanje stražnje strane presvlake. Kako bi se olakšalo shvaćanje procesa šivanja, u nastavku će se izraditi tablica sa svim operacijama te pripadajućim komponentama, na kojima se vrši rad ili koje se spajaju u poluproizvod. Svakoj operaciji pridružit će se brojeva kombinacija od dva broja, u obliku x.x, gdje će, za pripreme faze šivanja, prvi broj biti 1.x, a za završne faze šivanja 2.x.

Tablica 5. Operacije šivanja proizvoda NX

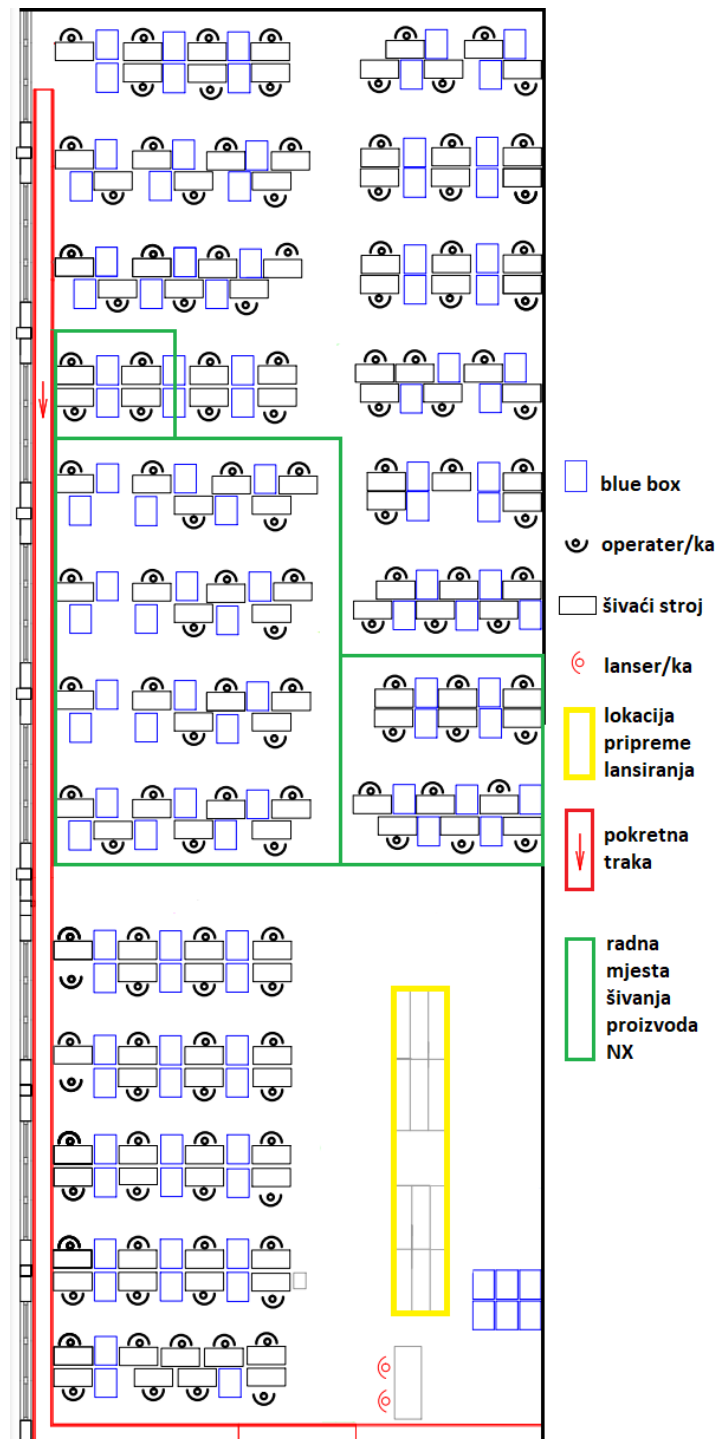
| BR. | OPERACIJA | OPIS | KOMPONENTE RADA | (POLU)PROIZVOD |
|------|--|--|--|----------------------|
| 1.1 | Prišivanje pjene | Spajanje kožne komponente sa pjenom | NX-K + NX-P | NX-KP |
| 1.2 | Sastav V-2 | Spajanje dva slobodna kraja | NX-V-2 | NX-V-2 |
| 1.3 | Sastav V-3 i V-4 | Spajanje komponenti V-3 i V-4 | NX-V-3 + NX-V-4 | NX-V-34 |
| 1.4 | Našivanje etikete | Šivanje QR etikete E na komponentu V-5 | NX-V-5 + NX-E | NX-EV-5 |
| 1.5 | Izrada ušitaka i našivanje | Šivanje slobodnih krajeva V-6 i spajanje s EV-5 | NX-EV-5 + NX-V-6 | NX-EV-56 |
| 2.1 | Prednji - sastav prvi | Spajanje komponenti KP i V-2 | NX-KP + NX-V-2 | NX-KPV-2 |
| 2.2 | Prednji - jednoigleni šav 1 | Šivanje ukrasnog vanjskog šava | NX-KPV-2 + NX-KO-2 | NX-KPV-2-KO-2 |
| 2.3 | Prednji - sastav drugi | Spajanje komponenti KPVKO-2 i V-34 | NX-KPV-2-KO-2 + NX-V-34 | NX-KPV-234-KO-2 |
| 2.4 | Prednji - jednoigleni šav 2 | Šivanje ukrasnog vanjskog šava | NX-KPVKO-234 | NX-KPV-234-KO-2 |
| 2.5 | Prednji - vezanje i lijepljenje konaca | Vezanje tankih konaca, rezanje viškova i lijepljenje ostatka | NX-KPVKO-234 | NX-KPV-234-KO-2 |
| 2.6 | Stražnji - sastav V-1 i V-7 + sastav sa EV-5 | Spajanje komponenti V-1 i V-7 te spajanje V-17 sa EV-56 | NX-V-1 + NX-V-7 + NX-EV-56 | NX-EV-1567 |
| 2.7 | Stražnji - jednoigleni šav | Šivanje ukrasnog vanjskog šava | NX-EV-1567 + NX-KO-2 | NX-EV-1567-KO-2 |
| 2.8 | Stražnji - lijepljenje konaca | Rezanje viškova tankih konaca i lijepljenje ostatka | NX-EV-1567-KO-2 | NX-EV-1567-KO-2 |
| 2.9 | Stražnji - izrada ušitaka + našivanje uha | Šivanje ušitaka na EV-1567 i našivanje tekstilnih komponenti | NX-EV-1567-KO-2 + NX-T-1 + NX-T-2 | NX-EV-1567-T-12-KO-2 |
| 2.10 | Zatvaranje i učvršćivanje | Spajanje prednje i stražnje strane, dodatan šav na spoju | NX-KPV-234-KO-2 + NX-EV-1567-T-12-KO-2 | NX |

U Tablici 5. prikazane su operacije šivanja proizvoda NX. Valja zamijetiti kako prema popisu komponenti iz Tablice 4. nije navedena komponenta konca NX-KO-1. To je konac koji je tanji od komponente NX-KO-2, a koristi se pri svakoj operaciji šivanja, osim pri onima pri kojima se radi vanjski ukrasni šav, pa zbog nepotrebnog ponavljanja iste komponente nije naveden pri svakoj operaciji.



Slika 45. Tok materijala kroz proces šivanja

Na slici 45. grafički je prikazan proces šivanja proizvoda NX, kako bi se pojasnilo u kojim fazama šivanja ulazi koja komponenta proizvoda. Nadalje, ovaj će prikaz omogućiti lakše shvaćanje kretanja materijala između odjela lansiranja i šivanja te unutar samog procesa šivanja.

4.4.2. *Trenutni layout odjela šivanja*Slika 46. *Layout šivaone*

Na slici 46. prikazan je *layout* šivaćeg odjela tvrtke. Sa desne strane vidljiva je legenda objekata koji se nalaze na *layoutu*. Za daljnje potrebe prikaza rasporeda strojeva i ostalih objekata, izradit

će se nova slika, koja će obuhvaćati isključivo radna mjesta koja se koriste za šivanje proizvoda NX, pošto se ostala radna mjesta koriste za šivanje ostalih proizvoda.

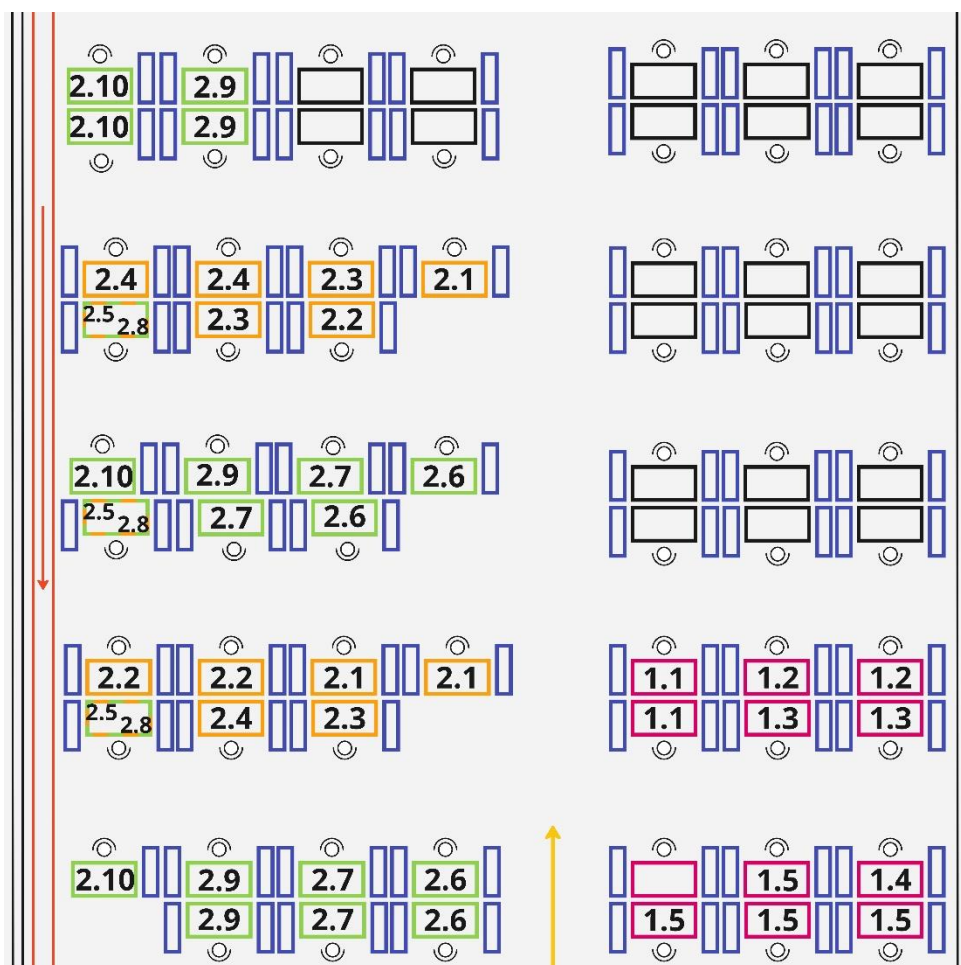
Vidljivo je kako je zelenim pravokutnikom obuhvaćeno više od 15 radnih mjesta, što je ekvivalent broju operacija, no neke operacije vrše se na više radnih mjesta, kako bi se kompenziralo njihovo duže trajanje od ostalih operacija. Prema postojećem vremenu takta, sve operacije moraju se svesti na trajanje manje od tog vremena, a ako je normirano vrijeme trajanja neke operacije duže od vremena takta, to se kompenzira na način da se poveća broj radnika i/ili strojeva, u toj mjeri da vrijeme trajanja operacije podijeljeno s brojem radnih mjesta daje manju vrijednost od vremena takta.

Tablica 6. Broj operatera po operacijama

| OPERACIJA | NORMIRANO VRIJEME [min] | BROJ OPERATERA |
|-----------|-------------------------|----------------|
| 1.1 | 0,6 | 2 |
| 1.2 | 0,35 | 2 |
| 1.3 | 0,5 | 2 |
| 1.4 | 0,3 | 1 |
| 1.5 | 1,3 | 4 |
| 2.1 | 1,05 | 3 |
| 2.2 | 1,2 | 3 |
| 2.3 | 1 | 3 |
| 2.4 | 1,15 | 3 |
| 2.5 | 1 | 2 |
| 2.6 | 1,5 | 4 |
| 2.7 | 1,5 | 4 |
| 2.8 | 0,5 | 1 |
| 2.9 | 1,8 | 5 |
| 2.10 | 1,8 | 4 |

Kao što je vidljivo u Tablici 6., broj operatera na pojedinim operacijama određen je prema njenom vremenu trajanja. Pošto su najdulje operacije 2.8 i 2.10, one su, uz vrijeme takta, označene kao mjerilo određivanja broja operatera po ostalim operacijama. Na nekim operacijama radi jedan operater više nego što je to teoretski potrebno za zadovoljavanje uvjeta

vremena takta, no time se osigurava ispunjavanje potreba proizvodnje unatoč eventualnim kvarovima, zastojsima i sl. Stoga, na 15 operacija radi kumulativno 43 operatera.



Slika 47. Faze procesa šivanja na *layout*-u šivaone

Na slici 47. prikazane su faze procesa šivanja proizvoda NX. Radna mjesta šivanja podijeljena su prema bojama, na način da crvena boja predstavlja prvu fazu šivanja, koja se interno naziva pripremna faza, narančasta boja predstavlja šivanje prednje strane presvlake, dok zelena boja predstavlja šivanje stražnje strane presvlake. Žuta strelica predstavlja smjer dopremanja materijala iz odjela lansiranja, a crvena strelica smjer pokretne trake.

Na svakom radnom mjestu radi jedan operater, te sa svake strane šivaćeg stroja stoji po jedan *blue box*. U jednom *blue box*-u stoje pripremljeni materijali, koji se iz njega dohvaćaju i šivaju, te se nakon šivanja smještaju u drugi *box*. Operacije 2.5 i 2.8 obavljaju se na istom radnom mjestu, pošto te operacije obuhvaćaju vezanje, rezanje i lijepljenje konaca, radnje koje se obavljaju i na prednjoj i na stražnjoj strani presvlake te su iz tog razloga prikazane i zelenom i

narančastom bojom. Također, valja napomenuti da se te operacije obavljaju ručno, bez korištenja šivaćeg stroja.

U pripremnim fazama šivanja, svaka radnica dobiva komplete za šivanje 70 poluproizvoda, koji se, pri završetku operacija, transportiraju po radnim mjestima u šivaoni, prema slijedu šivanja, prikazanom na slici 45. Proces šivanja je kontinuiran i ne prekida se, stoga je od izrazite važnosti dostava materijala, tj. poluproizvoda na vrijeme, kako bi se eliminirala pojava čekanja. Kako bi se prikazala metrika transporta materijala/poluproizvoda unutar odjela šivaone, potrebno je zabilježiti ciklus svih gibanja, od početka do kraja procesa šivanja. Jedan takav ciklus sadrži slijedeće aktivnosti:

- lanser doprema u šivaonu jedan *blue box* materijala, koji sadrži komponente za šivanje prednje strane: komponente K i P dostavlja na radna mjesta 1.1, komponentu V-2 dostavlja na radna mjesta 1.2, komponente V-3 i V-4 dostavlja na radna mjesta 1.3, te KO-2 dostavlja na radna mjesta 2.2 i 2.4;
- lanser se vraća do lokacije pripreme lansiranja, odakle doprema jedan *blue box* materijala koji sadrži komponente za šivanje prednje strane: komponente V-5 i E dostavlja na radno mjesto 1.4, komponentu V-6 dostavlja na radna mjesta 1.5, komponente V-1 i V-7 dostavlja na radna mjesta 2.6, komponente T-1 i T-2 dostavlja na radna mjesta 2.9 te komponentu KO-2 dostavlja na radna mjesta 2.7;
- u tijeku šivanja na svim radnim mjestima, lanser premješta materijale/poluproizvode prema slijedu operacija na slici 44.

Tablica 7. Vrijeme transporta materijala u trenutnom layout-u

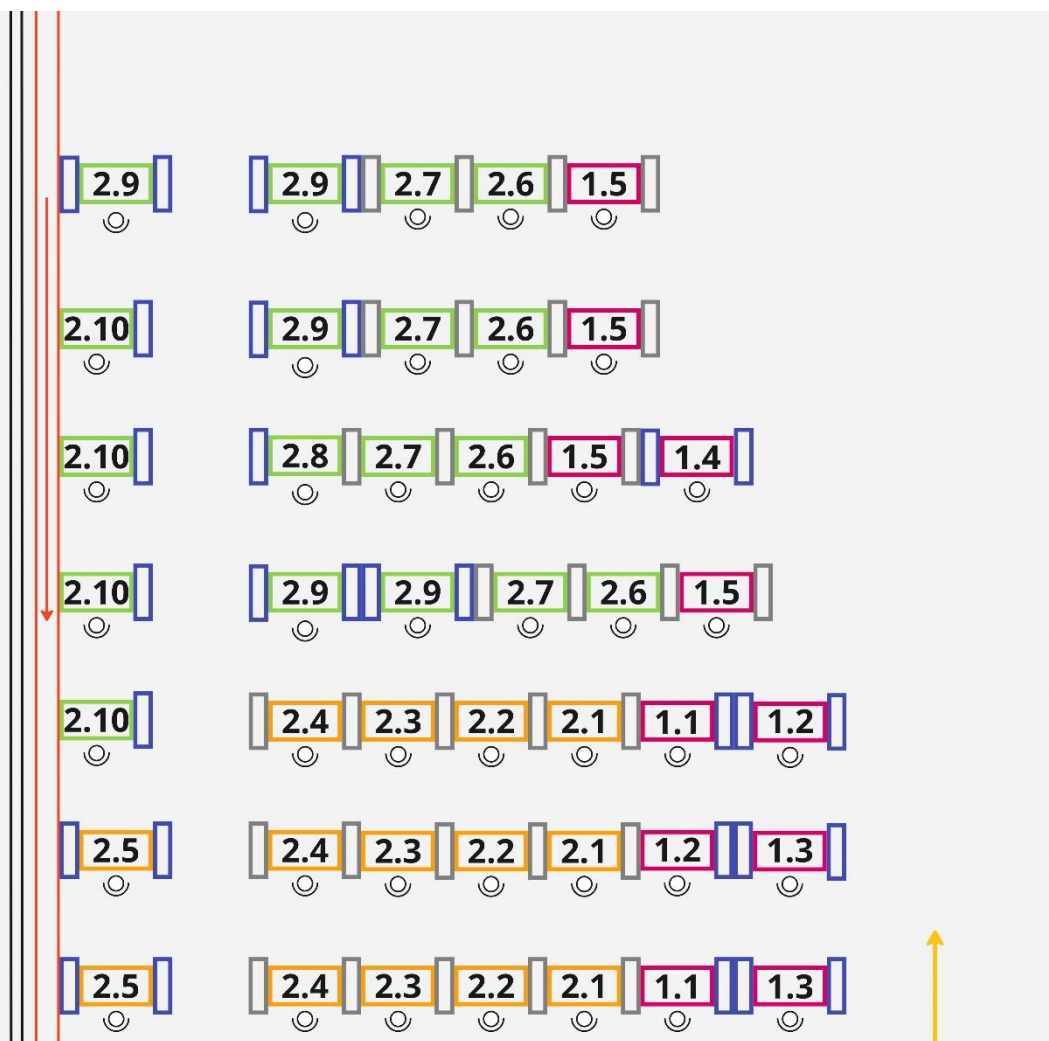
| CIKLUS TRANSPORTA | | | | | | |
|-------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------|------------------|
| Br. | Početna lokacija | Konačna lokacija | Udaljenost [m] | Materijal za broj proizvoda | Vrijeme [s] | Vrijeme/kom. [s] |
| 1 | Lansirnica | Šivaona | 12 | 70 | 8,88 | 0,126 |
| 2 | Šivaona | 1.1 | 14 | 70 | 18,37 | 0,262 |
| 3 | Šivaona | 1.2 | 16 | 70 | 15,85 | 0,226 |
| 4 | Šivaona | 1.3 | 10 | 70 | 15,4 | 0,226 |
| 5 | Šivaona | 2.2 i 2.4 | 62 | 200 | 51,93 | 0,26 |
| 6 | Šivaona | Lansirnica | 12 | 70 | 8,88 | 0,126 |
| 7 | Lansirnica | Šivaona | 12 | 70 | 8,88 | 0,126 |
| 8 | Šivaona | 1.4 | 10 | 70 | 11,4 | 0,163 |
| 9 | Šivaona | 1.5 | 23 | 70 | 27,04 | 0,386 |
| 10 | Šivaona | 2.6 | 26 | 70 | 35,26 | 0,503 |
| 11 | Šivaona | 2.7 | 27 | 200 | 20 | 0,12 |
| 12 | Šivaona | 2.9 | 80 | 70 | 79,25 | 1,13 |
| 13 | 1.1 | 2.1 | 32 | 70 | 35,7 | 0,51 |
| 14 | 1.2 | 2.1 | 32 | 70 | 35,7 | 0,51 |
| 15 | 2.1 | 2.2 | 28 | 30 | 32,74 | 1,091 |
| 16 | 2.2 | 2.3 | 68 | 30 | 62,37 | 2,079 |
| 17 | 2.3 | 2.4 | 50 | 30 | 49,04 | 1,635 |
| 18 | 2.4 | 2.5 | 56 | 30 | 53,48 | 1,782 |
| 19 | 2.5 | 2.10 | 77 | 30 | 73,04 | 2,435 |
| 20 | 1.4 | 1.5 | 26 | 70 | 31,26 | 0,446 |
| 21 | 1.5 | 2.6 | 82 | 70 | 76,84 | 1,096 |
| 22 | 2.6 | 2.7 | 48 | 30 | 51,56 | 1,719 |
| 23 | 2.7 | 2.8 | 65 | 30 | 64,15 | 2,138 |
| 24 | 2.8 | 2.9 | 88 | 30 | 85,19 | 2,839 |
| 25 | 2.9 | 2.10 | 98 | 30 | 92,59 | 3,086 |
| | | | | | SUM | 25,01 |

Prema snimljenim gibanjima lansera unutar odjela šivaone, zabilježena je udaljenost od 1047 m, koju materijal/poluproizvod prođe u jednom ciklusu šivanja. Ta udaljenost podijeljena je s prosječnom brzinom ljudskog hoda, koja je 5 km/h, tj. 1,35 m/s, te se tim vrijednostima dobiva 25,01 s za transport materijala po jednom izrađenom proizvodu. U svakom izračunatom vremenu transporta, na vrijeme hoda dodano je vrijeme uzimanja materijala iz *blue box*-a te vrijeme odlaganja materijala u *blue box* na sljedećoj operaciji, gdje se u prosjeku te radnje obavljaju u trajanju od 4 sekunde. To označava 10 sekundi dodanog vremena na vrijeme hoda, ukoliko se npr. obavlja transport s dvije radne jedinice prethodne operacije na tri radne jedinice sljedeće operacije.

Važno je napomenuti kako se u jednom *blue box*-u u šivaonu, na pripremne faze šivanja, doprema materijal za izradu 70 proizvoda, a u međufaznom se transportu, prosječno, prenaša materijal za 30 proizvoda. Iste brojke predstavljaju i prosječnu zalihu na svakoj operaciji šivanja. Dakako, u realnim je uvjetima svaki međufazni transport različit, kako bi šivanje teklo neometano i bez zastoja, pa količina prenesenog materijala u jednom transportu može varirati. Na operacije 2.2, 2.4 i 2.7 doprema se konac komponente KO-2, koji se dostavlja kao namot, a jedan namot konca na svakoj od tih operacija može odraditi šivanje 200 poluproizvoda.

U mjerenje je uključeno ograničenje po kojem se ne dopušta prijenos materijala s više radnih mjesta na jedno sljedeće radno mjesto, što znači da lanser u jednom prijenosu smije prenijeti količinu poluproizvoda, koji odgovaraju jednom punom *blue box*-u, što je jednako broju od 70 poluproizvoda.

4.4.3. Predloženi budući layout odjela šivanja



Slika 48. Predloženi layout odjela šivaone

Na slici 48. prikazan je predloženi budući raspored radnih jedinica u odjelu šivaone za šivanje proizvoda NX, koji se izradio s ciljem smanjenja transportnog puta materijala te smanjenja međufaznih zaliha, a neki od kriterija koji su služili kao okvir izrade jesu:

- prema Rotheru [26], potrebno je uvesti kontinuirani tok tamo gdje je moguće, kako bi se proces odvijao bez stajanja i eliminiralo se više vrsta gubitaka između faza. To se primijenilo u operacijama šivanja, u kojima slijed rada na materijalu odgovara slijedu operacija, pa se uspostavila linijska proizvodnja u nekim dijelovima šivanja. Ona je prikazana sa sivim pravokutnicima između operacija, koji predstavljaju međufazne spremnike. Rad se odvija na sljedeći način: kad operater dovrši rad na poluproizvodu, odlaže ga u spremnik (sivi pravokutnik), odakle ga sljedeći operater može dohvatiti i izvršiti sljedeću operaciju. Time se eliminira potreba prenošenja materijala s operacije

na operaciju te više nije potreban međufazni transport. Jednako tako se smanjuju zalihe između operacija, pošto operater može nastaviti rad na poluproizvodu, odmah nakon što je operater na prethodnoj fazi odradio svoju operaciju. Kako bi se osiguralo od pojave čekanja, predlaže se zaliha od 5 poluproizvoda u svakom međufaznom spremniku;

- nastavno na prethodnu točku, tamo gdje nije moguća uspostava linijske proizvodnje, susjedne operacije po slijedu, prema slici 45., lokacijski su približene, kako bi se smanjila udaljenost prijenosa materijala, koji u ovom slučaju nije moguće u potpunosti eliminirati. Uz te su operacije prikazani plavi pravokutnici, koji predstavljaju *blue box*, gdje se transport materijala obavlja na jednak način kao u trenutnom stanju. Time se dobiva smanjenje vremena transporta u određenim fazama ciklusa, a time i ukupno vrijeme lansiranja;
- operacije 2.5 i 2.8, koje su se do sad obavljale na istom radnom mjestu, odvojene su, sukladno normiranom vremenu trajanja i brojem pridruženih operatera prema Tablici 6., a prostorno su smještene sukladno prethodnim i sljedećim operacijama šivanja;
- razmještaj radnih jedinica projektiran je uzevši u obzir dostupnu površinu postojećeg odjela šivanja, ergonomije operatera, te ostavljanja slobodnog prolaza kroz odjel u smjeru gore-dolje.

Za prikaz metrike ciklusa transporta materijala/poluproizvoda na predloženom *layout*-u, koristit će se ista pravila kao i kod mjerenja transporta na trenutnom *layout*-u.

Tablica 8. Vrijeme transporta materijala u predloženom layout-u

| CIKLUS TRANSPORTA | | | | | | |
|-------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------|------------------|
| Br. | Početna lokacija | Konačna lokacija | Udaljenost [m] | Materijal za broj proizvoda | Vrijeme [s] | Vrijeme/kom. [s] |
| 1 | Lansirnica | Šivaona | 12 | 70 | 8,88 | 0,126 |
| 2 | Šivaona | 1.1 | 18 | 70 | 21,33 | 0,305 |
| 3 | Šivaona | 1.2 | 12 | 70 | 12,88 | 0,184 |
| 4 | Šivaona | 1.3 | 11 | 70 | 16,15 | 0,231 |
| 5 | Šivaona | 2.2 i 2.4 | 44 | 200 | 38,59 | 0,193 |
| 6 | Šivaona | Lansirnica | 12 | 70 | 8,88 | 0,126 |
| 7 | Lansirnica | Šivaona | 12 | 70 | 8,88 | 0,126 |
| 8 | Šivaona | 1.4 | 21 | 70 | 19,56 | 0,279 |
| 9 | Šivaona | 1.5 | 37 | 70 | 37,41 | 0,534 |
| 10 | Šivaona | 2.6 | 48 | 70 | 51,56 | 0,737 |
| 11 | Šivaona | 2.7 | 50 | 200 | 41,04 | 0,205 |
| 12 | Šivaona | 2.9 | 52 | 70 | 58,52 | 0,836 |
| 13 | 1.1 | 2.1 | 10 | 70 | 19,41 | 0,277 |
| 14 | 1.2 | 2.1 | 10 | 70 | 19,41 | 0,277 |
| 15 | 2.1 | 2.2 | 0 | 30 | 0 | 0 |
| 16 | 2.2 | 2.3 | 0 | 30 | 0 | 0 |
| 17 | 2.3 | 2.4 | 0 | 30 | 0 | 0 |
| 18 | 2.4 | 2.5 | 34 | 30 | 37,19 | 1,24 |
| 19 | 2.5 | 2.10 | 48 | 30 | 47,56 | 1,585 |
| 20 | 1.4 | 1.5 | 38 | 70 | 42,15 | 0,602 |
| 21 | 1.5 | 2.6 | 0 | 70 | 0 | 0 |
| 22 | 2.6 | 2.7 | 0 | 30 | 0 | 0 |
| 23 | 2.7 | 2.8 | 50 | 30 | 53,04 | 1,768 |
| 24 | 2.8 | 2.9 | 45 | 30 | 53,33 | 1,778 |
| 25 | 2.9 | 2.10 | 58 | 30 | 62,96 | 2,098 |
| | | | | | SUM | 13,642 |

Mjerenje udaljenosti provedeno je na predloženom *layout*-u odjela šivaone s obzirom na poznate mjere radnih jedinica i gabarita proizvodnog pogona. Predloženi *layout* trenutno nije ostvaren u proizvodnom procesu zbog ostalih radnih obaveza poduzeća, te će se primijeniti bližoj budućnosti, kada će se poduzeće odlučiti za reorganizaciju radnog prostora odjela šivaone.

U Tablici 8. može se zamijetiti da u predloženom *layout*-u lanser, u jednom ciklusu transporta, prevaljuje 622 m, dok mu za takav jedan ciklus treba 13,642 s po jednom izrađenom proizvodu.

4.4.4. Usporedba rezultata mjerenja

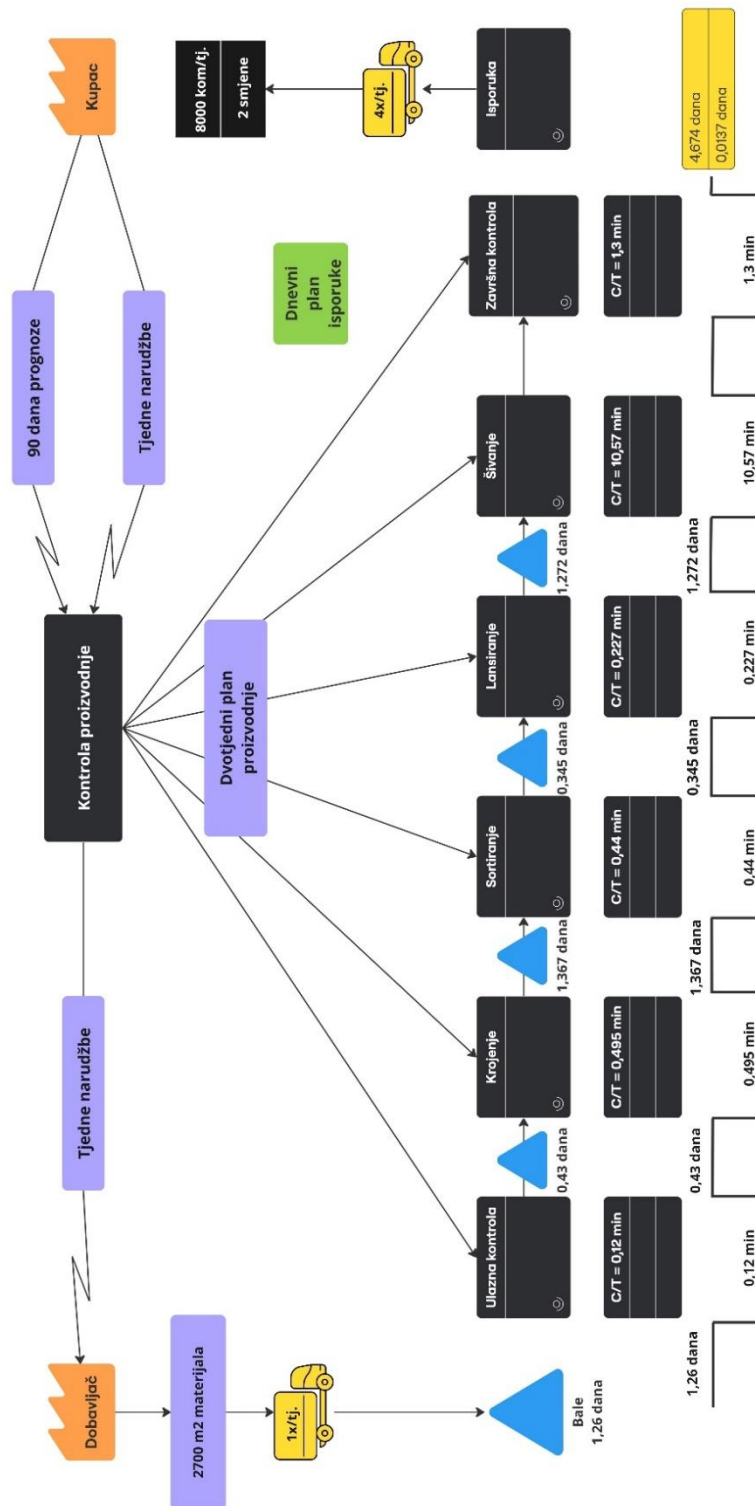
Tablica 9. Usporedba rezultata mjerenja u trenutnom i u predloženom *layout*-u

| | Trenutni <i>layout</i> | Predloženi <i>layout</i> | Promjena | Promjena [%] |
|------------------|---------------------------|-----------------------------|----------|-----------------|
| Udaljenost [m] | 1047 | 622 | -425 | -40,59 |
| Vrijeme/kom. [s] | 25,01 | 13,642 | -11,368 | -45,45 |

U Tablici 9. prikazani su rezultati usporedbe nakon mjerenja. Vidljivo je poboljšanje od 40,59 % u broju prevaljenih metara prilikom transporta te poboljšanje od 45,45 % u prosječnom vremenu transporta po jednom izrađenom proizvodu.

4.4.5. Value Stream Map budućeg stanja

Parametri izračunati u podnaslovu 4.4.4. manifestirat će se i na mapi toka vrijednosti, gdje se smanjilo vrijeme ciklusa lansiranja te se smanjila razina zaliha između operacija lansiranja i šivanja. U operacijama koje funkcioniraju na principu linijske proizvodnje, smanjila se razina zaliha, sa prethodnih 30 na predloženih 5 komada, a to su 2.2, 2.3, 2.4, 2.6 i 2.7., koje se obavljaju na ukupno 17 radnih jedinica. Na operacijama 1.5 i 2.1 prosječna zaliha je i dalje 30 komada, pošto su one prve operacije u liniji.



Slika 49. Mapa budućeg stanja procesa

Na slici 49. prikazana je mapa toka vrijednosti budućeg stanja. Izrada novog *layout*-a šivaone doprinijelo je smanjenju zaliha između operacija lansiranja i šivanja za količinu rada od 0,266 dana, a smanjeno je i vrijeme ciklusa lansiranja za 0,189 min, za koje se smanjilo i ukupno vodeće vrijeme.

5. ZAKLJUČAK

Tekstilna industrija jedna je od najvećih i najdinamičnijih sektora u svijetu te igra ključnu ulogu u ekonomiji mnogih zemalja. To je industrija koja spaja dizajn, proizvodnju i distribuciju raznih proizvoda različite namjene a karakterizira je prisutnost i tradicionalnog ljudskog rada i moderne proizvodne tehnologije. Pošto je rad ponajviše orijentiran čovjeku, sve više se primjenjuju principi Lean proizvodnje, gdje se koriste mnogi alati i tehnike spomenute filozofije, sa svrhom smanjenja gubitaka, povećanjem produktivnosti i optimiziranjem iskoristivosti dostupnih resursa. Upravo je takva strategija važna za poduzeća kako bi ostala kompetitivna, ili ostvarila prednost nad konkurentnim tvrtkama, pošto živimo u okruženju gdje produktivnost i laka prilagodba na promjene popločuju put ka uspjehu.

U ovom radu je analiziran proizvodni proces jedne tvrtke tekstilne industrije, u svrhu unapređenja produktivnosti. Za takvo nešto, bilo je potrebno shvatiti koncept vitke proizvodnje te istražiti alate te filozofije koji se koriste u kontekstu odabrane industrije. Ključni alat koji se koristio bio je *Value Stream Map*, koji je omogućio davanje uvida u trenutno stanje procesa, na način da se stvorio prikaz toka materijala kroz proces, izračunale su se razine zaliha između pojedinih operacija, te su se identificirala područja pogonda za unapređenje. U okviru izrade ovog rada, kao područje unapređenja prepoznat je odjel šivaone, gdje se uočio nepotrebni transport materijala između operacija šivanja. Modeliranjem novog, poboljšanog rasporeda radnih jedinica, smanjio se transportni put koji materijal prolazi prilikom šivanja svih faza. Uspostavom linijskog načina proizvodnje, gdje proces to dopušta, smanjila se razina zaliha, rezultirajući ujednačenijim ritmom proizvodnje i smanjenjem ukupnog vodećeg vremena. Prikazana buduća unaprijeđenja mogu poduzeću doprinijeti u formiranju novih prodajnih cijena proizvoda, sa svrhom ostvarivanja većeg profita, ali i boljem iskorištenju postojećih resursa te smanjenjem fizičkog opterećenja radne snage.

Generalno, usklađivanjem proizvodnje s načelima Lean filozofije, poduzeća mogu lakše odgovoriti na izazove kompetitivnijeg radnog tržišta, isporučujući proizvode visoke kvalitete sa skraćanjem ukupnog vremena ciklusa njihovih procesa. Upravo je na taj način u ovom radu primijenjena Lean filozofija u procesu jednog poduzeća.

LITERATURA

- [1] <https://www.lean.org/explore-lean/a-brief-history-of-lean/>
- [2] <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>
- [3] Berengueres J.: Toyota Production System re-contextualized, 2007.
- [4] Štefanić N., Gjeldim N., Mikac T.: Lean concept application in production business, Tehnički vjesnik, 2010.
- [5] Hegedić M.: „Kontinuirana poboljšanja primjenom Lean sustava“ (predavanje, Upravljanje proizvodnjom, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2023.)
- [6] <https://businessmap.io/lean-management/implementing-lean-principles>
- [7] Pažek K.: Lean Manufacturing, IntechOpen, 2021., London
- [8] Demirbas D., Blackburn R., Bennett D.: Kaizen Philosophy in a Modern Day Business, 2020., Istanbul University Press
- [9] <https://en.wikipedia.org/wiki/PDCA>
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Six_Sigma
- [11] <https://asq.org/quality-resources/dmaic>
- [12] <https://kanban.com.hr/>
- [13] Andersson E., Nugin J.: Configuration of an electronic Kanban board for planning analysis activities at an industrial laboratory, 2020., Stockholm
- [14] Gajdzik B.: Introduction Of Total Productive Maintenance In Steelworks Plants, Metalurgija, 48 (2), 2009.
- [15] <https://businessmap.io/continuous-flow/jidoka>
- [16] <https://www.britannica.com/technology/neural-network>
- [17] <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence/Methods-and-goals-in-AI>
- [18] Buyya R., Dastjerdi A.V.: Internet of Things: Principles and Paradigms, 2016., Cambridge
- [19] <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoTa>
- [20] Cipresso P., Chicchi Giglioli I.A., Alcaniz Raya M., Riva G.: The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature, Frontiers in Psychology, 9, 2018.
- [21] Bhutta M. K., Egilmez G., Chatha K. A., Huq F.: Survey of Lean management practices in Pakistani industrial sectors, International Journal of Services and Operations Management, 28 (3), 2017.

-
- [22] Robertsons G., Mezinska I., Lapina I.: Barriers for Lean implementation in the textile industry, *International Journal of Lean Six Sigma*, 13 (3), 2021.
- [23] Yildiz E. Z., Güner M.: Applying Value Stream Mapping technique in apparel industry, *TEKSTIL ve KONFEKSIYON*, 23 (4), 2013.
- [24] Lorente Leyva L. L., Curillo Perugachi E. P., Saraguro Piarpuezan R. V., Machado Orges C. A., Ortega Montenegro E. P.: *Lean Manufacturing Application in Textile Industry*, 2018., Paris
- [25] <https://kostelar.com/hr/>
- [26] Rother M., Shook J.: *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*, 1999., Brookline, Massachusetts