

Analiza mogućnosti unaprjeđenja proizvodnog procesa temeljena na šest sigma konceptu u pogonu za proizvodnju zaštitne opreme

Baković, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:235:670486>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-29**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Josip Baković

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Dr. sc. Hrvoje Cajner, dipl. ing.

Student:

Josip Baković

Zagreb, 2022.

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

Zahvaljujem mentoru Dr. sc. Hrvoje Cajner, dipl. ing., obitelji i prijateljima.



Josip Baković



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602-14/22-6/1	
Ur. broj: 15-1703-22-	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **JOSIP BAKOVIĆ** Mat. br.: 0035210024

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza mogućnosti unaprjeđenja proizvodnog procesa temeljena na šest sigma konceptu u pogonu za proizvodnju zaštitne opreme**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of the possibility of improving the production process based on the six sigma concept in the production line of protective clothes**

Opis zadatka:

Koncepti poput vitke proizvodnje i "šest sigma" daju izvrstan okvir održavanju postojeće i dodatnom povećanju kvalitete proizvoda i usluga. Implementacijom takvih koncepata rezultat je konkurentnije poslovanje kroz smanjenje troškova proizašlih iz nedovoljno visoke razine kvalitete ili niske razine produktivnosti. Rezultati implementacije mogu se pratiti kroz više ključnih pokazatelja kao što su smanjenje nesukladnosti, povećanje produktivnosti, povećanje učinkovitosti opreme, smanjenje vodećeg vremena i sl. U radu je naglasak na prikupljanje što realnijih podataka iz sustava snimanjem aktivnosti i tokova materijala te analizom istih primjenom adekvatnih statističkih metoda.

U radu je potrebno:

1. Teorijski objasniti koncepte poboljšanja temeljenih na "šest sigma" i "lean" metodologiji.
2. Snimiti postojeće stanje procesa proizvodnje u odabranom poduzeću.
3. Analizirati mogućnost poboljšanja i primjene "šest sigma" koncepta po DMAIC postupku.
4. Interpretirati dobivena rješenja te predložiti aktivnosti za poboljšanje.

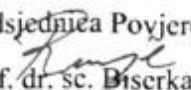
U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
29. rujna 2022.

Rok predaje rada:
1. prosinca 2022.

Predviđeni datum obrane:
12. prosinca do 16. prosinca 2022.

Zadatak zadao:
prof. dr. sc.  Miroslav Cajner

Predsjednica Povjerenstva:
prof. dr. sc.  Biserka Runje

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS KRATICA	IV
SAŽETAK	V
SUMMARY	VI
1. UVOD	1
1.1. Temeljni Lean principi	1
1.1.1. Kanban, Just in Time i 5S	2
1.1.2. Pregled Toyotinog proizvodnog sustava	3
1.1.3. Prednosti implementacije Leana	5
1.1.3.1. Operativna poboljšanja	5
1.1.3.2. Administrativna poboljšanja	5
1.1.3.3. Strateška poboljšanja	6
1.2. Six Sigma	6
1.2.1. Održive prednosti Six Sigme u dvadeset i prvom stoljeću	8
1.2.2. Alati i tehnike Six Sigma metodologije	9
1.2.3. Pravi izbor Six Sigma alata	10
2. PRIMJENA LEAN SIX SIGMA METODOLOGIJE U PROIZVODNIM PROCESIMA	11
2.1. Razvoj Lean Six Sigma metodologije	12
2.2. Glavne značajke Lean Six Sigma metodologije	16
2.2.1. Održivost u Lean Six Sigma metodologiji	17
2.2.2. Lean Six Sigma metodologija u rješavanju problema	18
2.3. Lean Six Sigma metodologija po industrijama	20
2.4. Lean Six Sigma metodologija u korištenju zaštitne opreme	25
2.4.1. Primjena Lean Six Sigma metodologije na proces respiratora za pročišćavanje zraka	25
2.4.2. Korištenje Lean Six Sigma metodologije za smanjenje rasipanja osobne zaštitne opreme pri kongenitalnoj kardiokirurškoj intervenciji	27

3. PROIZVODNI PROCESI PODUZEĆA PRO-PROM ZAGREB	29
3.1. Opis poduzeća	29
3.1.1. Djelatnost i proizvodni program	29
3.1.2. Ustroj poduzeća	30
3.1.3. Objekti, strojevi, alati, informacijski sustavi te ostala oprema	30
3.2. Proizvodni program poduzeća	31
3.3. Postojeće stanje i problemi	32
3.4. Moguća rješenja	34
4. UNAPRJEĐENJE PROIZVODNOG PROCESA DMAIC PRISTUPOM	35
4.1. Define – faza definicije problema	35
4.2. Measure – faza mjerenja	37
4.3. Analyze – faza analize problema	45
4.4. Improve – faza poboljšavanja	47
4.5. Control – faza upravljanja i kontrole	52
5. ZAKLJUČAK	53
LITERATURA	54
PRILOZI	56

POPIS SLIKA

Slika 1.	5S metodologija	3
Slika 2.	DMAIC ciklus [5]	7
Slika 3.	Ciljevi poboljšanja LSS metodologije [7]	11
Slika 4.	Integracija sustava Lean proizvodnje i Lean Six Sigme [7]	13
Slika 5.	Konkurentska prednost Leana, Six Sigme i Lean Six Sigme [9]	15
Slika 6.	Integracija Leana i Six Sigme [9]	16
Slika 7.	Prednosti LSS-a u proizvodnim malim i srednjim poduzećima [12]	19
Slika 8.	Prednosti implementacije LSS-a u financijskom sektoru [13]	21
Slika 9.	Raspodjela LSS metodologije po različitim sektorima [13]	22
Slika 10.	Mapa APR procesa [17]	26
Slika 11.	Ustroj tvrtke PRO-PROM Zagreb	30
Slika 12.	Tlocrt proizvodnog pogona tvrtke PRO-PROM Zagreb	32
Slika 13.	Primjer radnog naloga	33
Slika 14.	Projektna povelja	36
Slika 15.	SIPOC mapa poduzeća PRO-PROM Zagreb	37
Slika 16.	Prikaz starog stanja proizvodnje	38
Slika 17.	Podaci o pojedinim operacijama	39
Slika 18.	Gantogram procesa izrade zaštitnog odijela – prvi dio	40
Slika 19.	Gantogram procesa izrade zaštitnog odijela – drugi dio	41
Slika 20.	Opterećenost operatera u vremenskoj domeni	42
Slika 21.	Postupak krojenja	43
Slika 22.	Mapa toka materijala	44
Slika 23.	Analiza vremena na kritičnom putu	45
Slika 24.	Ishikawa dijagram za problem ispadanja i pucanja konca	46
Slika 25.	Gantogram poboljšanog procesa izrade zaštitnog odijela – prvi dio	48
Slika 26.	Gantogram poboljšanog procesa izrade zaštitnog odijela – drugi dio	49
Slika 27.	Analiza vremena na poboljšanom kritičnom putu	50
Slika 28.	Opterećenost djelatnica prije i poslije preraspodjele zadataka	51

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
JIT	<i>Just-in-Time</i> – strategija smanjenja troškova u proizvodnji
SPC	<i>Statistical Process Control</i> – statistička kontrola procesa
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i> – analiza načina kvara i učinaka
DOE	<i>Design of Experiments</i> – dizajn eksperimenata
TQM	<i>Total Quality Management</i> – potpuno upravljanje kvalitetom
PCA	<i>Principal Component Analysis</i> - analiza glavnih komponenata
QI	<i>Quality Improvement</i> – poboljšanje kvalitete
CI	<i>Continuous Improvement</i> – kontinuirano poboljšanje
LSS	<i>Lean Six Sigma</i> – metodologija za poboljšanje poduzeća
APR	<i>Air Purifying Respirators</i> – respiratori za pročišćavanje zraka
VoC	<i>Voice of the Customer</i> – glas kupca
SAT	<i>Site Acceptance Testing</i> – ispitivanje prihvatljivosti lokacije
QA	<i>Quality Assurance</i> – osiguranje kvalitete
PPE	<i>Personal Protective Equipment</i> – osobna zaštitna oprema

SAŽETAK

Lean Six Sigma metodologija primjenjuje se za stvaranje modernog, visokokvalitetnog poduzeća koje proizvodi gotove proizvode ili usluge tempom zahtjeva kupaca uz minimalne gubitke. Mnoga najuspješnija svjetska poduzeća prepoznala su nebrojene koristi ove metode, pa je ona danas postala ne samo konkurentska prednost, nego i ključ opstanka na iznimno konkurentnom globalnom tržištu. Područja primjene ove metode šire se svakim danom, a njezina univerzalnost omogućava razvitak nekih od najkompliciranijih, ali i najjednostavnijih poslovnih sustava. Lean Six Sigma metodologija primjenjiva je i u proizvodnji zaštitne opreme, pa je tvrtka PRO-PROM Zagreb idealan kandidat za provedbu poboljšanja putem ove metodologije. Korištenje alata i metoda Lean Six Sigma metodologije omogućava unaprjeđenje procesa proizvodnje zaštitnih odijela te je to detaljno prikazano u ovom radu.

Ključne riječi: Lean Six Sigma, Lean menadžment, Six Sigma, osobna zaštitna oprema, poboljšanje procesa, vitka proizvodnja

SUMMARY

The Lean Six Sigma methodology is implemented to create a modern, high-quality enterprise that produces finished products or services at the pace of customer requirements with minimal waste. Many of the world's most successful companies have recognized the countless benefits of this method, so today it has become not only a competitive advantage but also the key to survival in an extremely competitive global market. Application areas of this method are growing every day, and its universality enables the development of some of the most complicated, but also the simplest business systems. The Lean Six Sigma methodology is also applicable in the production of protective equipment, so the company PRO-PROM Zagreb is an ideal candidate for implementing improvements through this methodology. The use of tools and methods of the Lean Six Sigma methodology enables the improvement of the protective suits manufacturing process, and this is presented in detail in this paper.

Key words: Lean Six Sigma, Lean Management, Six Sigma, Personal Protective Equipment, Process Improvement, Lean Manufacturing

1. UVOD

Lean menadžment i Six Sigma metodologija pokazali su se izvrsnim u poboljšanju kvalitete i učinkovitosti raznih organizacija te uklanjanju gubitaka i smanjenju troškova. Na prvi pogled može se činiti da je Lean koncept prikladan samo za velike tvrtke složene strukture, ali Lean principi vrijede čak i u najmanjim poduzećima kao što su postolarske radnje. Pravi smisao Lean principa je njegova univerzalnost koja je dokazana u raznim industrijama širom svijeta. [1]

Kako bi ostale konkurentne, tvrtke stalno traže nove koncepte koji mogu poboljšati njihov rad i smanjiti gubitke. Posljednjih desetljeća primjena načela Lean razmišljanja neprestano raste i širi se na različite industrijske, ali i uslužne sektore. Pokazalo se da Lean principi pozitivno utječu na operativnu izvedbu poduzeća. Trenutačno tehnologije Industrije 4.0 brzo mijenjaju proizvodna okruženja u mnogim industrijama te pružaju dodatne mogućnosti za poboljšanje tvrtki. [2]

1.1. Temeljni Lean principi

Koncept Lean menadžmenta je nastao u tvornicama automobila u Japanu. Nakon Drugog svjetskog rata, u uvjetima uništenog gospodarstva, osjećao se nedostatak resursa te je zadatak minimiziranja gubitaka i troškova došao u prvi plan. Tržište je diktiralo uvjete, a niska kupovna moć stanovništva i potreba za obnovom gospodarstva stvorili su, između ostalog, i potražnju za praktičnim modelima automobila koji se rijetko kvare i jeftino održavaju. U to izazovno vrijeme, kako bi ostale konkurentne, japanske tvrtke morale su se natjecati s uspješnom američkom automobilskom industrijom. Kvaliteta proizvoda igrala je ključnu ulogu. Početkom 50-ih godina prošlog stoljeća, u tvornici Toyota Motor nastao je poseban sustav upravljanja poduzećem i proizvodnjom, koji je danas u svijetu poznat kao Lean. Ovaj sustav temelji se na ideji konstantnog poboljšavanja procesa rada s ciljem eliminacije svih vrsta gubitaka uz okrenutost proizvodnje ka potrebama potrošača. Temeljna komponenta Lean menadžmenta je koncept stvaranja vrijednosti u očima kupca. Ta vrijednost proizlazi iz radnji koje su kupcu važne, poput izravne proizvodnje, obrade i poboljšanja samog proizvoda. Sve radnje koje nisu izravno povezane s proizvodnim procesom i bitne su za proizvođača (npr. otklanjanje nedostataka, skladištenje i transport proizvoda) smatraju se gubicima.

Kako bi se Lean principi koristili u upravljanju poduzećem, potrebno je primijeniti posebne alate Lean proizvodnje. To je skup pravila i metoda za koje je utvrđeno da su učinkoviti u tvrtkama diljem svijeta. Neki od koncepata Lean alata su se razvili u samostalne tehnike upravljanja. Sustav Kaizen od elementa Lean metodologije kroz vrijeme je evoluirao u posebnu filozofiju upravljanja poduzećem koja se temelji na ideji stalnog poboljšanja svih aktivnosti tvrtke. Upravljački koncept Kaizena sastoji se od radnji za poboljšanje kvalitete proizvoda, stalnog osvježavanja proizvodnih tehnologija, povećanja kompetencija osoblja i poboljšanja kulture poduzeća. U modernom menadžmentu Kaizen se koristi unutar Lean proizvodnje, ali i samostalno. [1]

1.1.1. Kanban, Just in Time i 5S

Još jedan smjer u japanskom menadžmentu koji se veže za na alate Lean proizvodnje je kanban metoda. Kanban metoda se koristi u poduzećima za uklanjanje gubitaka povezanih s viškom zaliha. U poduzećima koja koriste kanban materijalna sredstva se kupuju u ograničenim količinama i isporučuju izravno u proizvodne hale. Na ovaj način se zaobilazi skladište. Količine nabave reguliraju se samo brojem narudžbi za proizvodnju proizvoda, što omogućuje da se ne skladišti višak zaliha.

Sličan način rada ima i sustav JIT (*engl. Just-in-Time*) koji izbjegava gubitke povezane s prekomjernom proizvodnjom. Ključ ove metode je u tome da se u određenom vremenskom razdoblju proizvede isključivo ona količina proizvoda predviđena narudžbama u svakoj fazi tehnološkog lanca. Drugi naziv JIT metode je pull production, što govori da u procesu izrade dijelova i gotovih proizvoda potrebne količine se „povlače“ prema potrebama kupca. Pojam kupac može značiti sljedeća proizvodna faza ili krajnji korisnik.

Gubici povezani s neadekvatnom organizacijom radnog prostora mogu se minimizirati metodom 5S. Naziv metode sastoji se od pet riječi koje označavaju principe najracionalnije organizacije radnog mjesta, koje na japanskom počinju slovom "S" – sortiranje, uspostava reda, čišćenje, standardizacija, održavanje. Ova metoda predviđa redovite preventivne preglede alata i opreme kako bi se spriječili zastoji i kvarovi. Preventivno održavanje opreme također pruža mogućnost realizacije načela najučinkovitijeg korištenja raspoloživih resursa, što je jedno od glavnih načela koncepta Lean proizvodnje. [1] Principi 5S metode prikazani su na slici ispod [Slika 1].



Slika 1. 5S metodologija

1.1.2. Pregled Toyotinog proizvodnog sustava

U samom središtu Lean filozofije, a tako i Toyotinog proizvodnog sustava, su aktivnosti koje dodaju vrijednost iz perspektive kupca. Kako bi se aktivnosti bez dodane vrijednosti smanjile ili u potpunosti eliminirale, potrebno je definirati vrste gubitaka. Po uzoru na Toyotin proizvodni sustav, može se definirati osam osnovnih vrsta gubitaka. Taiichi Ohno (proizvodni inženjer u Toyoti) smatra da oni čine do 95% svih troškova u proizvodnim okruženjima bez primijenjenog Leana. [3]

Prema [3], osam osnovnih vrsta gubitaka su:

- Prekomjerna proizvodnja – Proizvodnja veće količine nego što zahtjeva kupac.

Odgovarajuće Lean načelo je proizvodnja na temelju sustava povlačenja ili proizvodnja proizvoda onda kada ih kupci naruče. Sve što je proizvedeno izvan toga (npr. sigurnosne zalihe ili zalihe u procesu rada) iskorištava vrijedne radne i materijalne resurse koji bi se inače mogli koristiti za brzi odgovor na potražnju kupaca.

- Čekanje – Ovaj gubitak uključuje čekanje na materijal, informacije, alate, opremu i sl.

Lean zahtijeva da se svi resursi osiguraju pravodobno (JIT) – ni prerano, ni prekasno.

- Transport – Materijal treba dostaviti na mjesto gdje će se iskoristiti.

Umjesto da se sirovine dostavljaju od dobavljača do mjesta primanja, obrađuju, premještaju u skladište i zatim transportiraju do proizvodne trake, Lean zahtijeva da se materijal šalje direktno od dobavljača do lokacije na proizvodnoj traci gdje će se koristiti.

- Prekomjerna obrada – Neki od najčešćih primjera ovoga gubitka su prerada (proizvod ili usluga trebali bi biti izvedeni ispravno prvi put), skidanje srha (dijelovi bi trebali biti proizvedeni bez srha, s pravilno dizajniranim i održanim alatom) i inspekcija (dijelovi bi trebali biti proizvedeni koristeći tehnike kontrole procesa kako bi se eliminirala ili smanjila količina potrebne inspekcije).

Tehnika nazvana Mapiranje toka vrijednosti (*engl. Value Stream Mapping*) često se koristi za pomoć u identificiranju koraka koji ne stvaraju dodanu vrijednost u procesu (i za proizvođače i za uslužne organizacije).

- Zalihe – Zalihe koje su veće od onih potrebnih za zadovoljenje zahtjeva kupaca negativno utječu na novčani tok i zauzimaju dragocjeni prostor.

Povezano s prekomjernom proizvodnjom, jedna od najvažnijih prednosti primjene načela Lean proizvodnje u poduzećima je eliminacija skladišnog prostora ili odgoda planova za proširenje skladišnog prostora.

- Škart – Proizvodni nedostaci i pogreške u usluzi troše resurse na četiri načina.

Najprije, troše se materijali. Također, rad utrošen za proizvodnju dijela (ili davanje usluge) prvi put ne može se nadoknaditi. Nadalje, radna snaga je potrebna za preradu proizvoda (ili za ponovnu uslugu). Posljednje, potrebna je radna snaga za rješavanje svih nadolazećih pritužbi kupaca.

- Nepotrebni pokreti – Nepotrebni pokreti uzrokovani su lošim tijekom rada, lošim rasporedom, održavanjem i nedosljednim ili nedokumentiranim metodama rada.

Mapiranje toka vrijednosti se također koristi za identifikaciju ove vrste gubitka.

- Neiskorišten ljudski potencijal – Ovaj gubitak uključuje nedovoljnu iskorištenost mentalnih, fizičkih i kreativnih vještina i sposobnosti zaposlenika.

Neki od najčešćih uzroka ovog gubitka uključuju loš tijek rada, organizacijsku kulturu, neadekvatne prakse zapošljavanja, lošu ili nepostojeću obuku i veliku fluktuaciju zaposlenika.

1.1.3. Prednosti implementacije Leana

Prednosti implementacije Leana mogu se podijeliti u tri važne kategorije. Tu spadaju operativna, administrativna i strateška poboljšanja. Čak i u današnje vrijeme, većina organizacija koje implementiraju Lean čine to prvenstveno radi operativnih poboljšanja, odnosno zbog percepcije da se Lean primjenjuje samo na operativnu kategoriju poslovanja. Međutim, Leanove administrativne i strateške koristi također su impresivne. [3]

1.1.3.1. Operativna poboljšanja

Prema [3], NIST Manufacturing Extension Partnership je anketirao četrdeset svojih klijenata koji su implementirali Lean. Uobičajena poboljšanja su zabilježena kako slijedi:

- Vrijeme isporuke (vrijeme ciklusa) je smanjeno za 90%
- Produktivnost je povećana za 50%
- Inventar rada u tijeku je smanjen za 80%
- Kvaliteta je poboljšana za 80%
- Iskorištenost prostora je smanjena je za 75%

Ovo ocrtava sliku Leana kao savršenog za implementaciju s ciljem poboljšanja operativnog dijela poslovanja. Ali, ovdje prednosti Leana tek počinju.

1.1.3.2. Administrativna poboljšanja

Prema [3], samo mali uzorak specifičnih poboljšanja u administrativnim funkcijama je:

- Smanjenje grešaka u obradi naloga
- Pojednostavljenje funkcija korisničke službe tako da klijenti više nisu na čekanju
- Smanjenje papirologije u uredima
- Smanjenje zahtjeva za osobljem, dopuštajući istom broju uredskog osoblja da obrađuje veći broj narudžbi
- Dokumentacija i pojednostavljenje koraka obrade omogućuju korištenje vanjskih usluga nekritičnih funkcija, omogućujući tvrtki da usmjeri svoje napore na potrebe kupaca
- Smanjenje prometa i posljedičnih troškova odlaska

- Provedba standarda poslova i profiliranja prije zapošljavanja osigurava zapošljavanje samo iznadprosječnih izvršitelja

Postoji i mnogo drugih poboljšanja u administrativnim funkcijama koje su moguće upotrebom Lean alata.

1.1.3.3. *Strateška poboljšanja*

Mnoge tvrtke koje provode Lean ne uspijevaju iskoristiti prednosti poboljšanja na odgovarajući način. Vrlo uspješne tvrtke naučile su kako iskoristiti ove nove prednosti i pretvoriti ih u novac. Jedan konkretan primjer je proizvođač uobičajenog zdravstvenog proizvoda sa srednjeg zapada. Od četrdesetak američkih konkurenata, treća najveća tvrtka u industriji odlučila je implementirati principe Lean proizvodnje. Prosječno vrijeme isporuke proizvoda bilo je petnaest dana, a ova tvrtka nije puno odskakala. Na kraju projekta, prosječno vrijeme isporuke tvrtke koja je uvela Lean bilo je četiri dana, a nijedan proizvod nije bio isporučen za više od sedam dana. Kako bi iskoristila ta poboljšanja, tvrtka je započela marketinšku kampanju, oglašavajući da će kupci dobiti proizvod u roku od deset dana ili da će narudžba biti besplatna. Prodaja je gotovo odmah porasla za 20%. Nakon što je napravila odgovarajuća poboljšanja kako bi odgovorila na novu potražnju, tvrtka je pokrenula još jednu marketinšku kampanju. Za samo 10% cijene proizvoda, poslali bi ga u roku od sedam dana. Opet se povećao obujam prodaje, ali samo za 5% jer su novi kupci željeli proizvod u roku od sedam dana. Više od 30% postojećih kupaca također je platilo veću cijenu, iako su proizvod već dobivali za manje od sedam dana. Krajnji rezultat bio je taj da je tvrtka povećala svoje prihode za gotovo 40% bez povećanja troškova rada ili režija. Još jedna ključna prednost bila je ta da je tvrtka mogla naplatiti kupcima jedanaest dana ranije nego prije, a to je znatno poboljšalo protok novca. [3]

1.2. **Six Sigma**

U globaliziranom svijetu i rastućem tržišnom okruženju, kvaliteta, znanje i vještine daju konkurentsku prednost svakoj organizaciji. Globalno tržište je izuzetno konkurentno, pa organizacije moraju pružati proizvode i usluge visoke kvalitete kako bi postigle zadovoljstvo kupaca te omogućile rast vrhunskog poslovanja. U pokušaju odgovora na ovu promjenu,

vodeći ljudi industrije prihvatili su poslovnu strategiju Six Sigma kao okvir i rješenje za postizanje stalnog poboljšanja procesa, zadovoljstva kupaca i profita organizacije. Ovaj pristup smanjenju gubitaka imao je velik utjecaj na mnoge organizacije, što je omogućilo poboljšanje izvedbe, poslovne dobiti, kvalitete proizvoda i lojalnosti kupaca. Six Sigma je dobro uspostavljen pristup koji nastoji identificirati i ukloniti gubitke, pogreške ili neuspjehe u poslovnim procesima ili sustavima. Fokusira se na operacije od ključne važnosti za kupce. Još od svojih početaka u Motoroli sredinom 1980-ih, Six Sigma metodologija naglo je rasla diljem svijeta. U vrijeme osmišljavanja metodologije, Six Sigma je zamišljena kao program poboljšanja kvalitete koji je nastojao isporučiti gotovo savršenu (samo 3,4 nesukladnosti od milijun jedinica) kvalitetu za Motorolu korištenjem DMAIC (definiraj-izmjeri-analiziraj-poboljšaj-kontroliraj) strategije poboljšanja. [4] DMAIC ciklus prikazan je na slici ispod [Slika 2].



Slika 2. DMAIC ciklus [5]

Uz više desetljeća uspješne primjene Six Sigma metodologije u velikim korporacijama, uspjeh i koristi koje je moguće ostvariti sa Six Sigmom dobro su dokumentirani. Iako su Six

Sigma inicijative postale popularnije zbog velike raširenosti izvješća o uspjehu, ova metodologija još uvijek ima svoja ograničenja. Mnogi kritičari Six Sigme prozvali su je hirom menadžmenta – modom koja s velikim uzbuđenjem preplavi svijet na kratko vrijeme, ali za obično manje od godinu dana potpuno nestane. Neki kritičari ovu metodologiju smatraju starim vinom u novoj boci. U posljednjih nekoliko desetljeća postojalo je mnogo inicijativa i programa koji su navodno bili odgovor na probleme upravljanja procesima u industriji. Iako su neke od tih inicijativa imale određeni uspjeh, dugoročno gledano, menadžment i osoblje različitih korporacija većinu su ih smatrali prolaznom modom. Six Sigma već je mnogo puta svojim rezultatima potvrdila da nije običan hir, nego metoda utemeljena na znanstvenom pristupu koja uistinu pokazuje rezultate. [4]

1.2.1. Održive prednosti Six Sigme u dvadeset i prvom stoljeću

Prošlo je više od 35 godina od rođenja Six Sigme u Motoroli. Sada treba postaviti važno pitanje o njezinoj održivosti u dvadeset prvom stoljeću. Treba razmisliti koliko dugo će Six Sigma moći ostati pri vrhu metodologija za postizanje iznimne kvalitete u proizvodnji. Six Sigma se, gledajući njezinu povijest, pokazala prilično održivom i dugotrajnom. Razlozi su ti da ona pruža osnovna poboljšanja procesa i upravljanje usmjereno na kupce. Također, povezuje kupca sa stalnim poboljšanjem proizvoda i usluga što je ključni odgovor tvrtki svjetske klase. U mnogim je organizacijama inicijativa za poboljšanje kvalitete inspirirana slušanjem glasa kupaca ili najnovijim menadžerskim intervencijama. Projekti odabrani za ulaganje moraju biti usklađeni s potrebama korisnika i trebaju imati potencijal za značajno poboljšanje krajnjeg rezultata. Organizacije koje primjenjuju Six Sigma metodologiju mogu postići bolju kvalitetu i učinkovitost u protoku informacija i interakciji među zaposlenicima, a posebice interakciji s kupcima. Jedna od najvećih prednosti Six Sigma metodologije je način na koji povezuje zaposlenike i klijente u većoj mjeri te daje energiju i ujedinjuje tvrtku. Problemi se analiziraju, a rješenja se implementiraju ne samo u poduzeću i među njegovim zaposlenicima, nego i između poduzeća i njegovih kupaca. Zajednički jezik se razvija imajući u vidu ciljeve kupaca i metriku poslovanja. [4]

Ovo dvadeset i prvo stoljeće obilježilo je informacijsko društvo temeljeno na znanju, pa je upravljanje znanjem vrlo važno za preživljavanje svakog poduzeća u ovom stoljeću. U upravljanju znanjem preporučuje se DMAIC ciklus.

- Definiraj – utvrđivanje činjenica

- Izmjeri – prikupljanje podataka
- Analiziraj – stvaranje i bilježenje informacija
- Poboljšaj – dijeljenje i korištenje znanja
- Kontroliraj – održavanje i vrednovanje znanja

Six Sigma metodologija dobro se slaže s upravljanjem znanjem i to je jedan od razloga zašto bi mogla dugo trajati u ovom stoljeću. Six Sigma će se u budućnosti razvijati u više različitih dimenzija, ali sigurno je da se Six Sigma i upravljanje znanjem mogu kombinirati. Jedna od dimenzija razvitka Six Sigme u ovome stoljeću može biti integracija s cjeloživotnim učenjem za „odrasle učenike” unutar njihovih organizacija i osobnih života. Treba se više usredotočiti na povezivanje Six Sigma metodologije s ciljem poboljšanja ciklusa učenja zaposlenika. DMAIC ciklus je jedno od mogućih rješenja. [4]

Six Sigma je nevjerojatna metodologija, ali DMAIC ciklus nije za svaki projekt. Međutim, kada se pravilno primijeni, DMAIC će proizvesti dosljedno bolje rezultate od većine drugih metoda. Stoga ne čudi da Six Sigma postaje nova kultura u mnogim današnjim organizacijama. [5]

1.2.2. Alati i tehnike Six Sigma metodologije

Najprije je potrebno razjasniti razliku između alata i tehnika. Alati imaju specifičnu ulogu i često su uskog fokusa, a tehnike imaju širu primjenu te zahtijevaju specifične vještine, kreativnost i obuku. Jedan alat može se opisati kao uređaj koji ima jasnu, specifičnu ulogu. Neki najpoznatiji primjeri alata su uzročno-posljedični dijagrami, kontrolni dijagrami, Pareto analize, histogrami i dijagrami toka. Tehnika se može promatrati kao skup alata koji su potrebni za širu primjenu. Neki primjeri tehnika bi bili statistička kontrola procesa (SPC), analiza načina kvara i učinaka (FMEA) i dizajn eksperimenata (DOE). Najčešće korišteni Six Sigma alati su uzročno-posljedična analiza, Pareto analiza, kontrolni grafikoni i dijagrami tijeka, a najčešće korišteni kvalitativni alati TQM-a navedeni su kao kontrolne liste, dijagrami toka i brainstorming, a najčešće korišteni kvantitativni alati TQM-a navedeni su kao metoda uzorkovanja i kontrolni dijagrami.

Za uslužne djelatnosti u Velikoj Britaniji najčešće korišteni Six Sigma alati su mozganje (*engl. brainstorming*), mapiranje procesa, dijagrami afiniteta, analiza temeljnih uzroka,

kontrolni dijagrami, usporedba s osnovnim pokazateljem (*engl. benchmarking*) i Pareto analiza. Za mala i srednja poduzeća u Ujedinjenom Kraljevstvu spominje se da najpopularniji alati i tehnike uključuju mapiranje procesa, histogram, analizu uzroka i posljedica, dijagram toka, kontrolni dijagram, FMEA, PCA i Poka-Yoke. [6]

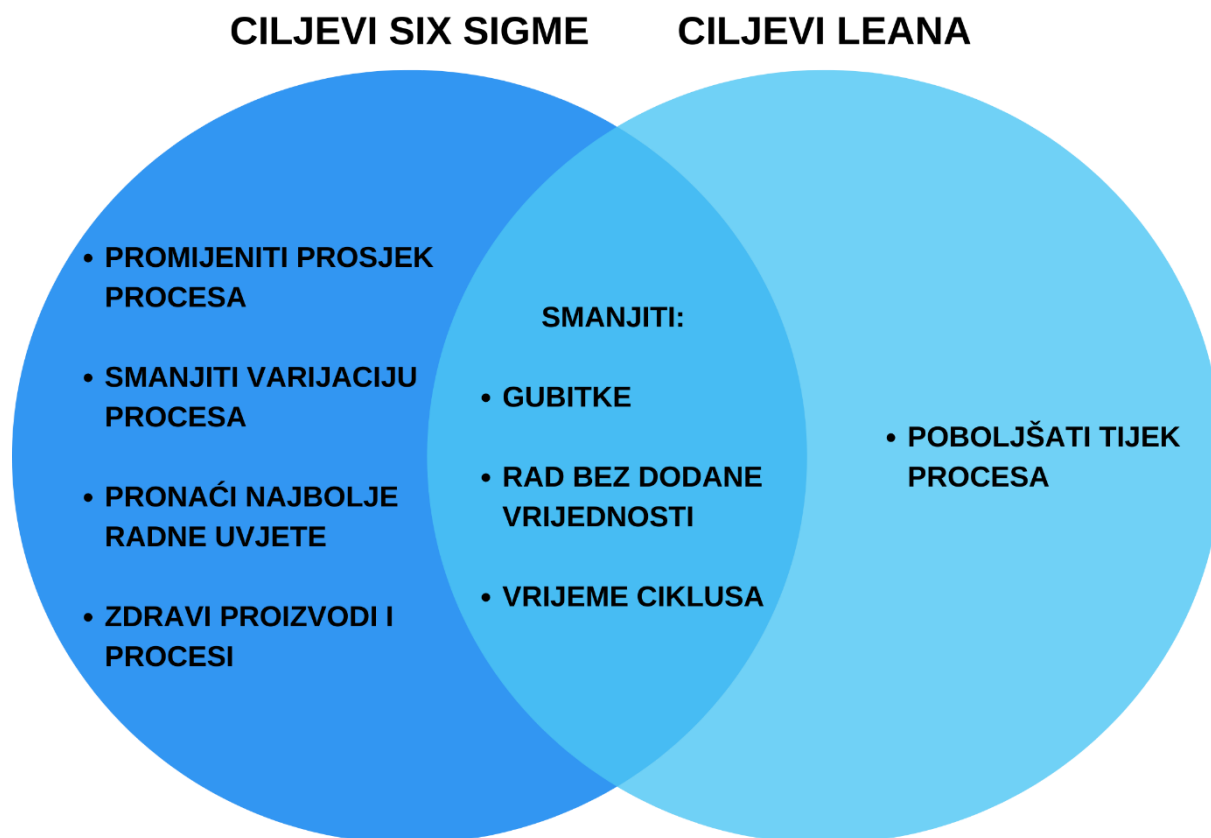
1.2.3. Pravi izbor Six Sigma alata

Six Sigma alati podržavaju racionalnu analizu u rješavanju problema iz prakse. Iz menadžerske perspektive, kada timovi rješavaju svoje probleme koristeći DMAIC metodologiju, često se bore s pokušajem identificiranja najprikladnijih alata za korištenje i odlukom kada ih točno iskoristiti. Metodologija Six Sigma tijekom primjene alata, pa će strategija za odabir najprikladnijih alata potaknuti praktičare da slijede optimalan tijek kroz projekte. Dok neiskusniji članovi tima stječu osobna iskustva sa Six Sigma alatima, gradit će vlastitu strategiju filtriranja za odabir potrebnih Six Sigma alata. Ali, ova vrsta iskustva ne može se lako steći u kraćem vremenskom razdoblju. Stoga su potrebni mentori orijentirani na praksu koji dijele osobne ideje i iskustva o testiranim alatima, ali i one od prethodnih mentora. Nameće se pitanje i o ocjeni učinkovitosti svakog alata. Sasvim je očito da je ova vrsta informacija i iskustava iznimno vrijedna za praktičare koji su novi u Six Sigma metodologiji. Statistika je ono što je zapravo potrebno u vezi s korištenjem alata i tehnika u Six Sigma pristupu. Očigledno je da uz pomoć strukturiranog obrazovanja i obuke potencijalni praktičari mogu vrlo učinkovito naučiti Six Sigma alate. Međutim, kada dođe vrijeme za primjenu ovih alata, nekoliko savjeta bilo bi iznimno dragocjeno umjesto borbe s dugotrajnim ciklusom pokušaja i pogrešaka. Ono po čemu se Six Sigma razlikuje od drugih praksi upravljanja kvalitetom je davanje jasno definiranog okvira za korištenje posebno definiranog podskupa alata (umjesto velikih skupova alata) unutar DMAIC metodologije. Stoga je pravilno definiran okvir za korištenje alata jedno od glavnih potraživanja praktičara od Six Sigma metodologije. Slijedom toga, metodologija Six Sigma može se poboljšati obraćanjem više pozornosti na paket alata Six Sigma i istraživanjem mogućnosti primjene alata Six Sigme putem empirijskih studija. [6]

2. PRIMJENA LEAN SIX SIGMA METODOLOGIJE U PROIZVODNIM PROCESIMA

Poduzeća su uvijek u potrazi za načinima na koje mogu povećati svoju dobit. Ovo nikada nije bilo kritičnije nego u ovim vremenima sveprisutne konkurencije. Pristupi poboljšanju poslovnih rezultata dolaze i prolaze, a metodologija poboljšanja poslovanja razvijala se još u prošlom stoljeću. Dok je poboljšanje oduvijek bilo sama srž poslovanja, ono poboljšanje o kakvom danas razmišljamo, započelo je temeljnim radom Taylora 1911. g. o znanstvenom menadžmentu. Lean Six Sigma je najnovija generacija pristupa poboljšanju u poduzećima, a pristupi poboljšanju nisu hirovi, nego neizbježni koraci na putu u evoluciji poslovanja. [7]

Na slici ispod prikazani su ciljevi poboljšanja LSS metodologije [Slika 3].



Slika 3. Ciljevi poboljšanja LSS metodologije [7]

2.1. Razvoj Lean Six Sigma metodologije

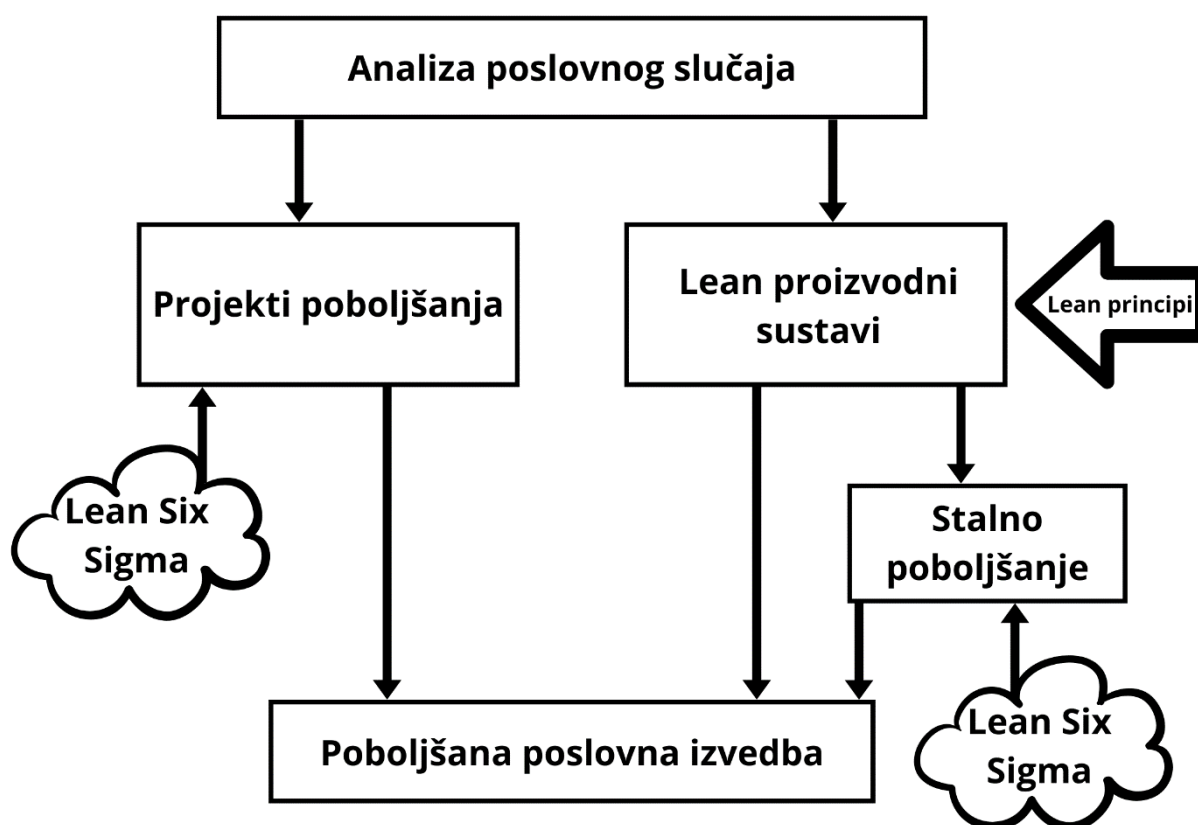
Mnoštvo zemalja diljem svijeta ušlo je u proces globalizacije nakon Drugog svjetskog rata i nastavile su se otvarati u 21. stoljeću. Zbog velike konkurencije i ekstremno brzog razvoja tehnologije, organizacije se suočavaju s izazovima kao što su inovativni proizvodi s povećanom vrijednošću, povećana očekivanja kupaca, kraći ciklusi razvoja proizvoda, itd. Kvaliteta postaje jedna od ključnih kategorija ne samo u proizvodima i uslugama, nego i u procesima. Organizacije su evoluirale i tijekom prošlog stoljeća razvile brojne alate i tehnike kao dio procesa poboljšanja, a to je rezultiralo različitim metodologijama i strategijama. Neke od filozofija koje su se primile u različitim dijelovima svijeta su ciklus Plan-Do-Check-Act (Deming, 1986.), kontrola kvalitete u cijeloj tvrtki (Ishikawa, 1984.), Toyotin proizvodni sustav (Ohno, 1988.), Six Sigma (Harry, 1998.), Lean proizvodnja (Womack et al., 1990.), potpuno produktivno održavanje (Nakajima, 1989.), potpuno upravljanje kvalitetom (Feigenbaum, 1991.), itd. Oni se također nazivaju poboljšanje kvalitete (QI) ili strategije kontinuiranog poboljšanja (CI).

U današnjem konkurentnom svijetu, kontinuirano poboljšanje kvalitete proizvoda i procesa jedan je od glavnih ciljeva, ali i zahtjeva svake organizacije. S fokusom na zadovoljstvo kupaca, profitabilnost i reducirane troškove, kvaliteta je isplivala kao jezgra organizacije. Kao pristup kontinuiranog poboljšanja, i Lean principi proizašli su iz Toyotinog proizvodnog sustava, fokusirajući se na postizanje više dobivenog s manje uloženog. S druge strane, pristup Six Sigma je pokrenut s ciljem smanjenja varijacija u procesima u Motoroli, a rezultirao je dramatičnim poboljšanjima. Od početka Leana i Six Sigme, mnoge su organizacije pojedinačno usvajale Lean i Six Sigma tijekom posljednjih dvadeset godina 20. stoljeća i uspješno postizale poboljšanja u organizacijama te ostvarivale pozitivne rezultate u izvedbi poduzeća. Neke od organizacija koje su imale koristi od usvajanja ovih metodologija su General Electric, Bank of America, American Express, JP Morgan Chase, Du Pont, Samsung, Ford, Kodak, Sony, General Motors, Chrysler i mnogi drugi.

Uslužne organizacije u SAD-u su poboljšale kvalitetu svojih usluga kroz implementaciju Six Sigma metodologije. Lean i Six Sigma pojavili su se u drugoj polovici 20. stoljeća i bili su novo polje istraživanja za istraživače i praktičare. Ova dva pristupa su široko prihvaćena u brojnim organizacijama što je rezultiralo poboljšanjem učinkovitosti tih organizacija. Međutim, početkom 21. stoljeća rađa se Lean Six Sigma metodologija za kontinuirano

poboljšanje, a privlači pažnju akademika, istraživača i praktičara te je široko prihvaćena u mnogim poduzećima. Lean Six Sigma se navodi kao fini spoj Leana i Six Sigme. Prema nekim istraživačima, Lean Six Sigma pomaže u smanjenju aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, gubitaka, nedostataka i neusklađenosti na koje nailazi u različitim procesima. [8]

Također, ima visok stupanj komplementarnosti i integracije što je prikazano i na slici ispod [Slika 4].



Slika 4. Integracija sustava Lean proizvodnje i Lean Six Sigme [7]

Izraz Lean Six Sigma koristi se za opisivanje integracije Lean filozofije i Six Sigma metodologije. U prošlosti, u slučaju spajanja Leana i Six Sigme, ta dva pristupa su se često provodila izolirano stvarajući subkulture Leana i Six Sigme koje se pojavljuju unutar organizacije. Ovo može uzrokovati sukob interesa i iscrpljivanje resursa, a ne donosi pravi spoj Lean Six Sigme sa svim njegovim prednostima. Six Sigma nadopunjuje Lean filozofiju u onoj mjeri u kojoj pruža alate i znanje za rješavanje specifičnih problema koji su identificirani tijekom primjene Lean principa. Six Sigma se usredotočuje na identificiranu varijaciju od

postavljenog standarda, a koji sam po sebi nije u cijelosti usredotočen na zahtjeve kupaca. Umjesto toga, često je to vježba smanjenja troškova koja može izgubiti iz vida kupca ako nije implementirana uz Lean. Ovdje se opet mogu povući sličnosti između Leana i Six Sigme te potrebe za kulturom kontinuiranog poboljšanja koja djeluje na svim razinama kroz cijelu organizaciju. Prednost integracije ovih filozofija je pružanje Leana uz više znanstveni pristup kvaliteti, tako da se korištenjem kontrolnih dijagrama procesi mogu kretati ka cilju, učinkovito smanjujući gubitke koji nastaju u procesu.

Integracija Leana i Six Sigme ima za cilj iskoristiti sve vrste prilika za poboljšanje unutar poduzeća. Dok Six Sigma provodi samo nekoliko određenih zaposlenika unutar tvrtke, Lean podiže razinu osnaživanja i obrazovanja svih u poduzeću kako bi uočili i eliminirali aktivnosti koje ne dodaju vrijednost. Ako se ove dvije metodologije provode odvojeno, ishod može biti taj da niti jedna nije učinkovita. Također, to bi moglo stvoriti dvije supkulture unutar poduzeća koje se natječu za iste resurse. Kada se provode kao samostalne filozofije, postoje ograničenja opsega i veličine poboljšanja koja se mogu postići primjenom načela Leana. To se događa jer strategija koja se koristi za poboljšanje ovisi o problemu koji se želi riješiti te mora biti usklađena s njim kako bi se postigli željeni rezultati. Metodologija Six Sigma trebala bi se koristiti kao pomoć u Lean inicijativi poboljšanja, jer može biti teško uhvatiti zamah kada se pokušava proširiti filozofija u cijeloj organizaciji ili opskrbnom lancu. Te napore treba usmjeriti odvažnim pristupom koji je sposoban održati pravac i fokus unutar poslovanja.

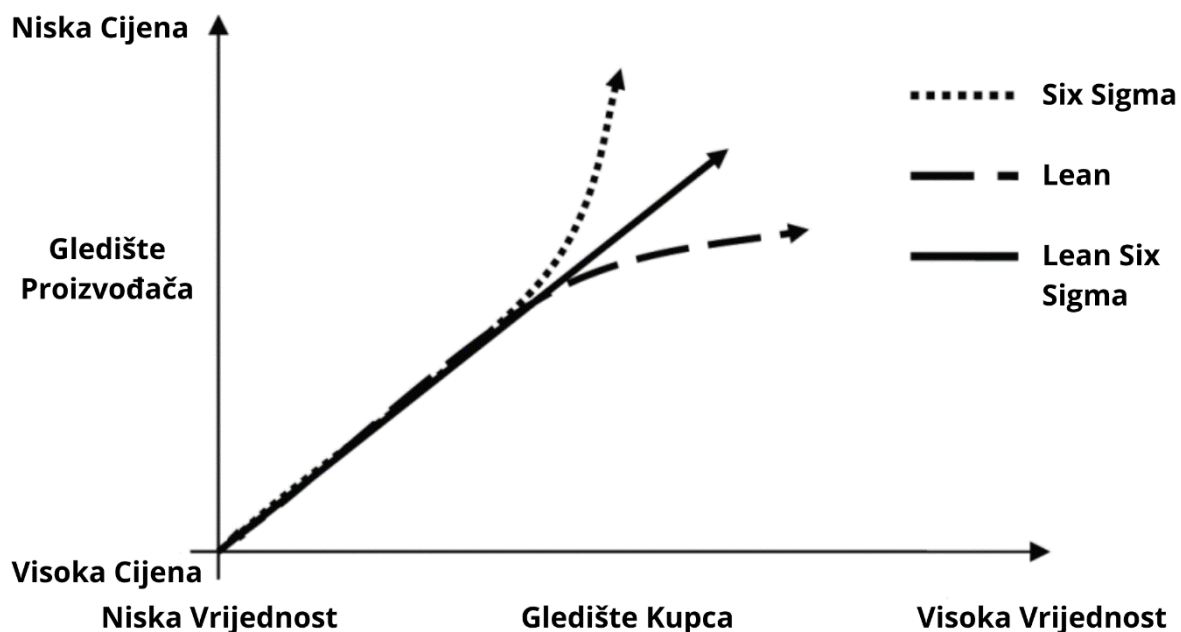
Može se vidjeti da su filozofija poslovnog poboljšanja Lean razmišljanja i više znanstvena paradigma poboljšanja Six Sigma doživjeli uspjeh u širokom spektru industrija diljem svijeta. Dvije su paradigme utjecajni donositelji pravodobnih promjena kao samostalne metode, ali ako se upotrijebe zajedno, potencijalno mogu predstavljati iznimno moćan alat koji gradi poduzeće budućnosti. Usklađivanje kulturoloških aspekata Leana s istraživanjima Six Sigme vođenih podacima ima izniman potencijal održivog pristupa promjenama poduzeća i poboljšanju procesa.

Velik dio nepovjerenja koje okružuje Lean kao filozofiju posljedica je ograničenog i kratkovidnog načina na koji je primijenjena. Na primjer, smanjenje broja zaliha ne može se provesti u nestabilnom okruženju, što obično dovodi do još veće izloženosti riziku. Potrebno je usvojiti sustavni pristup koji će optimizirati cjelokupni sustav i fokusirati na ključna mjesta pravim strategijama. Lean Six Sigma treba promatrati kao platformu za pokretanje kulturnih i operativnih promjena s ciljem transformacije opskrbnih lanaca. Kada se koristi u kombinaciji

s drugim komplementarnim tehnikama stalnog poboljšanja kao što je Six Sigma, Lean pruža mogućnost za sveobuhvatna poboljšanja u cijeloj organizaciji.

Lean Six Sigma valja također promatrati kao preteču stvaranja lanaca opskrbe koji fleksibilnije reagiraju kroz učinkovitu komunikaciju koja vodi do strateških poboljšanja i otpornosti. Organizacije će morati biti što fleksibilnije, a to pruža priliku za implementaciju tehnika Lean Six Sigme. Međutim, to ne znači da se treba pridržavati svakog elementa Lean filozofije i Six Sigma pristupa, jer nije svaki alat ili tehnika prikladna za svaku situaciju ili poduzeće. Ako se Lean implementira bez Six Sigme, tada nedostaju alati za postizanje punog potencijala poboljšanja u organizaciji. Suprotno tome, ako se Six Sigma usvoji bez Lean filozofije, tada bi tim za poboljšanje imao gomilu alata za korištenje, ali bi izostala strategija i struktura koja bi unaprijedila njihovu primjenu u samom sustavu. Lean i Six Sigma su se do određene mjere razvili neovisno, ali, kako bi se unaprijedila jedinstvena metodologija, mora se postići još bliža integracija ovih dvaju pristupa, uz veliku znanstvenu potporu kako bi se osigurao čvrst teorijski temelj. [9]

Na slici ispod grafički je prikazana konkurentska prednost Leana, Six Sigme i Lean Six Sigme [Slika 5]. Vidljivo je da, od troje, implementacija LSS-a postiže najveću vrijednost u očima kupca za najniže troškove po proizvođača.

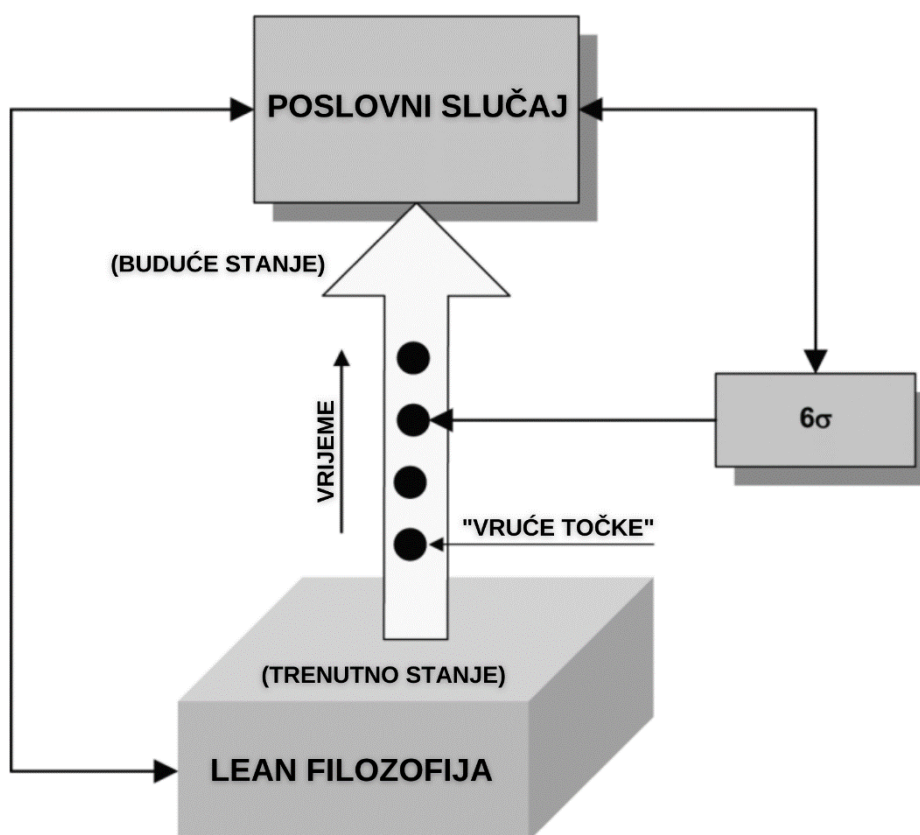


Slika 5. Konkurentska prednost Leana, Six Sigme i Lean Six Sigme [9]

2.2. Glavne značajke Lean Six Sigma metodologije

Lean Six Sigma je metodologija koja povećava učinke procesa što rezultira povećanim zadovoljstvom kupaca i poboljšanim krajnjim rezultatima. Lean Six Sigma je, također, učinkovit alat za razvoj vodstva. Možda najveća korist od Lean Six Sigma metodologije je njezina sposobnost razvoja kadra sjajnih vođa. Vođe omogućuju organizaciji prijelaz s jednog načina rada na drugi. U tim prijelazima se mijenjaju radni procesi različitih vrsta. Lean Six Sigma pruža metode, alate i koncepte za promjenu procesa, pa je stoga učinkovit alat za razvoj vođa jer ih priprema za njihovu ulogu vođenja promjena. [7]

Slika ispod ilustrira kako se Lean i Six Sigma mogu integrirati zajedno kako bi se formirao cjelovit upravljački alat za poboljšanje procesa poduzeća [Slika 6]. Lean filozofija pruža strateško usmjerenje i temelj za poboljšanje informiranjem o trenutnom stanju poslovanja. Iz toga Lean identificira ključna područja za poboljšanje, odnosno "vruće točke". Nakon što su te vruće točke identificirane, Six Sigma omogućuje poboljšanja koja se temelje na ciljanju tih vrućih točaka i usmjeravaju sustav prema željenom stanju. [9]



Slika 6. Integracija Leana i Six Sigme [9]

2.2.1. Održivost u Lean Six Sigma metodologiji

I dalje postoje napori da se koncept održivosti integrira u mnoge aspekte poslovnog svijeta i operacija. To se događa zbog sve većeg javnog interesa, regulatornih pritisaka ili same društvene odgovornosti organizacija. Održivost se često definira kao balans između ekonomskih, društvenih i ekoloških potreba sadašnjih i budućih generacija. Ekološki aspekt održivosti je dio o kojem se daleko najviše govori od uvođenja održivosti kao pojma na globalnoj razini. Isto je i u proizvodnji. Pojam zelena proizvodnja se često koristi kao sinonim za koncept održivosti. Svrha ovog pojma je označavanje proizvodnih metoda i strategija koje brinu o utjecajima proizvodnje i poslovanja na okoliš. Smanjivanje korištenja resursa, gubitaka i zagađenja su ključni ciljevi u postizanju zelene proizvodnje. Nadalje, zelena proizvodnja obuhvaća ekonomski dio jer učinkovita potrošnja resursa omogućava bolji ekonomski učinak. Metode Lean i Six Sigma sve se više uključuju u potragu za zelenom proizvodnjom. Lean stvara vrijednost poboljšanjem toka samog procesa i vremena izvedbe identificiranjem i smanjenjem gubitaka (otpada, suvišnih resursa i sl.) iz procesa. Six Sigma stvara vrijednost tako da identificira i smanjuje varijaciju. Lean Six Sigma (LSS) je alat za poboljšanje kvalitete nove generacije koji spaja dva pristupa u jedan. Manje gubitaka i prerade, manje zaliha, brža proizvodnja, manji prostori, kraće vrijeme transporta, manje čekanja i veća motivacija zaposlenika su među glavnim prednostima implementacije LSS metodologije. Na prvi pogled je jasno da postoje značajna preklapanja između LSS metodologije i održivosti u smislu planiranih ciljeva.

Implementacija održivosti u svim kategorijama poslovanja i industrije više nije samo opcija, već nužnost i strateški imperativ za konkurentnost tvrtke. Potreban je novi pristup kako bi se ubrzala implementacija održivosti na svim razinama. To se može postići brže ugradnjom ciljeva održivosti u projekte poboljšanja kao što su poboljšanje produktivnosti, kvalitete ili logistike te racionalizacija poslovnih operacija i smanjenje troškova. Transformacija dolazi u obliku malih promjena koje su usmjerene na općenito poboljšanje, ali imaju održivost kao jedan od glavnih sastojaka. Uključivanje ciljeva održivosti u svaki projekt poboljšanja može povećati usvajanje metrike i načela održivosti. S obzirom na strukturu LSS projekata, gotovo svi proizvode poboljšanja održivosti kao nusprodukte. Logičan idući korak je sustavno ugraditi ciljeve održivosti u LSS metodologiju. Takav pristup može se temeljiti na prihvaćanju Lean Six Sigme u industriji kako bi se osigurala šira primjena.

Postoji opći konsenzus da održivost treba više integrirati u poslovanje poduzeća. Međutim, treba poraditi na načinu na koji će se to postići kako bi integracije bila široko primjenjiva. LSS metodologija ovime je pokazala ne samo otvorenost poboljšanjima proizvodnih procesa, nego i otvorenost održivom načinu proizvodnje na kojem se temelji budućnost poslovanja, ali i cijeloga svijeta. [10]

2.2.2. Lean Six Sigma metodologija u rješavanju problema

Lean Six Sigma metodologija pokazala se uspješnom i u rješavanju mnogih problema. DMAIC ciklus je primjenjiv na empirijske probleme u intervalu od dobro strukturiranih do polustrukturiranih, ali ne i na loše strukturirane probleme ili subjektivne probleme. DMAIC ciklus je, također, prikladan za opsežne zadatke rješavanja problema koji zahtijevaju sve komponente definiranja problema. No, manje je primjenjiv za manje opsežne problemske zadatke. Lean Six Sigma je svestrana metoda, ali nedostatak joj je taj što metode specifične za područje zadatka često budu snažnije, dok se na svestranosti zna izgubiti specifičnost. Neki kritičari LSS metodologije zamjeraju vjerovanje da je Lean Six Sigma univerzalno primjenjiva jer time majstorstvo DMAIC-a izbjegava stručnost potrebnu za specifičan zadatak. Lean Six Sigma se uvelike bazira na statističkim metodama te nudi moćne tehnike za utvrđivanje činjenica i empirijsko testiranje ideja prije nego što budu prihvaćene. Kritike se javljaju i u naglašenosti metoda za pojedine slučajeve koje ne pokrivaju cijelo područje djelovanja zato što bi neke druge metode, u određenim slučajevima, bile prikladnije. Na primjer, SPC tehnike naglašene su za upravljanje procesima, ali proporcionalno-integralno-derivativni regulatori, koji potječu iz područja regulacijskog inženjerstva, praktički su odsutni u ponudi metoda. Također, naglašene su statističke tehnike za izgradnju empirijskih modela, kao što je teorija dizajna i analiza eksperimenata, ali metode kao što je metoda konačnih elemenata ili tehnike iz operacijskog istraživanja ne nude se kao alternative. Jedna od većih prednosti Lean Six Sigme je njezina strukturiranost. Razmišljajući iz pozicije rješavanja problema, primjećujemo da DMAIC model funkcionira kao stroj za strukturiranje problema. Rastavlja zadatak rješavanja problema u slijed jednostavnijih podzadataka, predstavljenih i definiranih fazama Definiraj-Izmjeri-Analiziraj-Poboljšaj-Kontroliraj. Detaljniji proračuni raščlanjuju te podzadatke na konkretnije rezultate. Isporučeni rezultati i podzadaci su zatim povezani s tehnikama rješavanja problema, kao što su analiza sposobnosti procesa te dizajn i analiza eksperimenata. Ovako DMAIC ciklus pomaže pronaći strategiju za analizu i rješavanje problema te tako strukturirati problem koji se rješava. Korisnici metodologije Lean

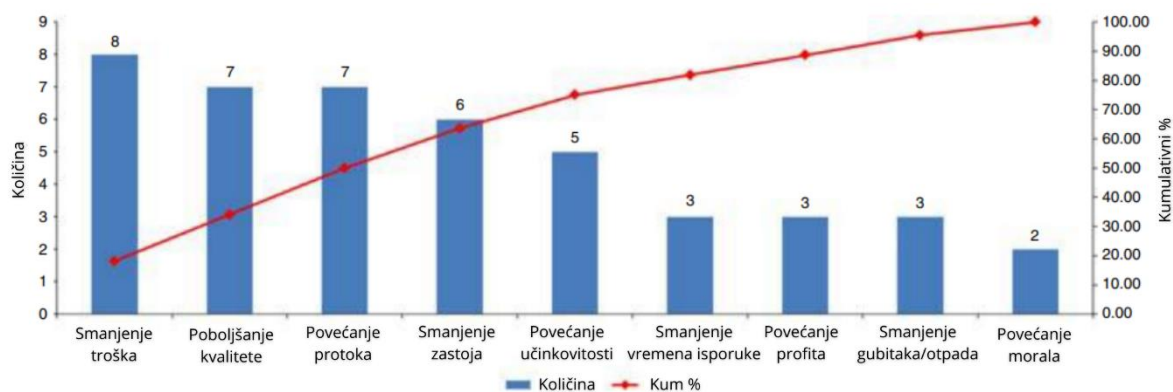
Six Sigma i DMAIC pristupa u rješavanju problema trebali biti svjesni njihovih mogućnosti i potencijalnih ograničenja. [11]

Postoje brojne koristi od implementacije LSS-a u malim i srednjim poduzećima. Te su dobrobiti prikazane na slici ispod. Prvih pet identificiranih koristi predstavlja skoro 80 posto ukupnih koristi. Te koristi su:

- smanjenje troška
- poboljšanje kvalitete
- povećanje protoka
- smanjenje zastoja
- povećanje učinkovitosti

Ostale prednosti su smanjenje vremena isporuke, povećanje profita, smanjenje gubitaka/otpada i povećanje morala. [12]

Te prednosti LSS metodologije u proizvodnim malim i srednjim poduzećima prikazane su na slici ispod u Paretovom dijagramu [Slika 7].



Slika 7. Prednosti LSS-a u proizvodnim malim i srednjim poduzećima [12]

Mnoge organizacije su pod velikim pritiskom da maksimiziraju profit i povećaju vrijednost za dioničare. Inicijative kontinuiranog poboljšanja kao što je LSS korištene su za postizanje ovog cilja i ostvarile su dobre rezultate. Mala i srednja poduzeća su ključna za dobru ekonomsku sliku države i zaslužuju detaljnije proučavanje kako bi se dobio bolji uvid u njihovu interakciju s LSS-om. Također, potrebno je razumjeti koje specifične probleme mogu

imati mala i srednja poduzeća u dodiru s LSS metodologijom. Mala i srednja poduzeća donose velik udio ukupnog zapošljavanja i stoga će razumijevanje njihove interakcije s LSS-om donijeti mnoge prednosti. To bi omogućilo izvlačenje veće vrijednosti iz same metodologije i korist malim i srednjim poduzećima te gospodarstvu u cjelini. Pokazalo se da su unutar malih i srednjih poduzeća glavni motivacijski čimbenici povećanje kvalitete, smanjenje troškova i povećanje dobiti. To spojeno s nedostatkom resursa od kojeg mala i srednja poduzeća često pate može dovesti do specifičnog okruženja u kojem mala i srednja poduzeća djeluju u usporedbi s većim poduzećima. Potrebno je razviti poseban skup alata za mala i srednja poduzeća koji će uzeti u obzir okruženje u kojem se ona nalaze i posluju. Također, potrebno je razmotriti infrastrukturu malih i srednjih poduzeća koja najbolje olakšava implementaciju LSS metodologije uzimajući u obzir mogući nedostatak resursa. Plan za implementaciju LSS-a unutar malih i srednjih poduzeća zahtijeva daljnja istraživanja u svrhu optimiziranja ovih područja unutar malih i srednjih poduzeća. [12]

2.3. Lean Six Sigma metodologija po industrijama

O brzom rastu LSS-a svjedoče vodeće svjetske korporacije koje navode LSS kao temeljnu filozofiju svog poslovanja. U primjeni LSS-a u proizvodnom sektoru uočene su određene prednosti, ali i ograničenja.

Po [13], glavne prednosti su:

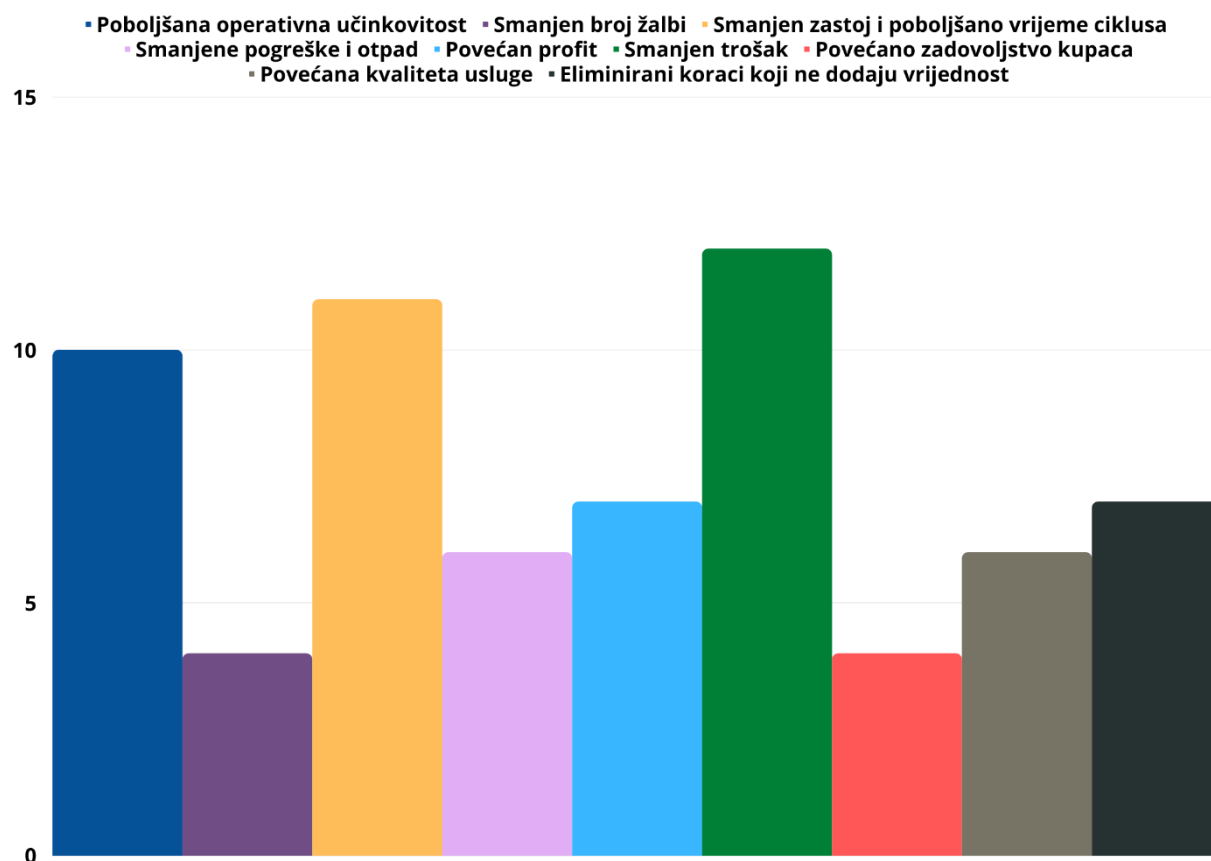
- smanjenje zaliha
- smanjenje troškova loše kvalitete
- poboljšanje najvećeg zadovoljstva kupaca
- smanjenje vremena ciklusa i vremena isporuke
- procesi bez grešaka
- poboljšanje produktivnosti

Po [13], glavna ograničenja su

- nedostatak plana koji treba slijediti
- nema globalno prihvaćenih standarda za certifikaciju
- nepostojanje odgovarajućeg okvira

- nedostatak standardiziranih i robusnih Lean Six Sigma kurikuluma
- nedostatak stručnosti

Glavne prednosti i njihova učestalost implementacije LSS-a u financijskom sektoru prikazane su na slici ispod [Slika 8].

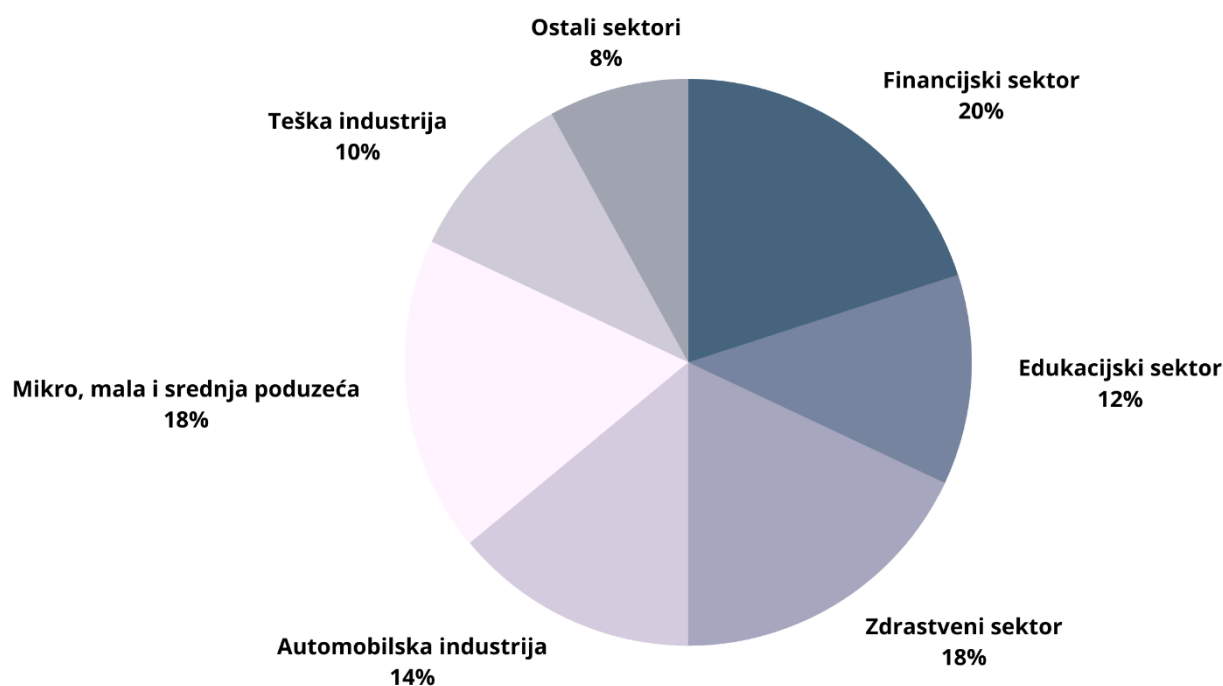


Slika 8. Prednosti implementacije LSS-a u financijskom sektoru [13]

Lean Six Sigma strategiju prihvaćaju razne proizvodne organizacije u cijelom svijetu. Protekla dva desetljeća evidentan je povećani pritisak kupaca i konkurenata prema većoj vrijednosti svojih kupnji, boljoj kvaliteti, isporuci na vrijeme te niskim troškovima u proizvodnom i uslužnom sektoru. To je potaknulo mnoge industrije da usvoje LSS metodologiju koja koristi posebne alate za postizanje izvrsnosti. LSS je implementiran za stvaranje modernog, kvalitetnog sustava koji izbacuje gotove proizvode tempom koji zahtjeva kupac s malo ili bez gubitaka, kako bi se smanjilo vrijeme isporuke, zalihe, zastoj opreme, otpad, prerada i sl.

Kada se Lean Six Sigma implementira u bilo kojoj velikoj ili maloj organizaciji, praktičari i stručnjaci LSS metodologije suočavaju se s brojnim izazovima. Neki od istraživača smatraju da provedba LSS projekata zahtijeva neke specifične akcije kao što su povezivanje s klijentom, objava vizije i plana, udruživanje i suradnja s administracijom, itd. Sve to nije lako dostupno u industriji, pa je ovo veliki izazov u implementaciji LSS-a. LSS je dugotrajnog pogleda jer je za provedbu LSS strategije potrebno mnogo postojećih statističkih podataka. Ali, često je slučaj da mnogi članovi tima nisu upoznati s potrebnom statistikom za rješavanje problema u industriji. Implementacija LSS-a u svakom poduzeću mora prevladati ključne izazove kako bi se postigla izvrsnost. [13]

Na slici ispod prikazana je raspodjela LSS metodologije po različitim sektorima [Slika 9].



Slika 9. Raspodjela LSS metodologije po različitim sektorima [13]

Lean Six Sigma se može implementirati u različitim uslužnim sektorima kao što su financijski, zdravstveni i obrazovni sektor. Što se tiče uslužnog sektora, LSS je uglavnom implementiran u financijskom sektoru, čak oko 40%. Ostali sektori poput zdravstva i obrazovanja zaostaju s oko 36% odnosno 24%.

Financijski sektor suočava se sa sve većom konkurencijom na tržištu i mora smanjiti svoju operativnu neučinkovitost ne samo da bi stekao konkurentsku prednost, nego kako bi ostao u poslovanju. Korištenje poboljšanja i inovacija su neke strategije za smanjenje konkurentskih nedostataka zajedno s uklanjanjem operativnih neučinkovitosti što dovodi do povećanja broja kupaca i rasta njihovog zadovoljstva. Kada u bankarskim uslugama klijenti nisu zadovoljni pruženim uslugama, onda pokušavaju prijeći na bolje opcije. Zbog veće konkurencije i očekivanja usluga visoke kvalitete od strane kupaca, postoji velika potreba za provedbom kvalitetnih inicijativa. Neke su bankarske organizacije usvojile razne inicijative za kvalitetu, kao što su TQM, briga o klijentima, krugovi kvalitete, reinženjering procesa i izgradnja tima. Osim gore navedenih inicijativa za kvalitetu, još neke inicijative za poboljšanje kao što je Six Sigma i LSS su među najčešće prihvaćenim i korištenim. Lean Six Sigma je poslovna strategija kojom se operativna učinkovitost planski može poboljšati u bilo kojoj financijskoj instituciji. U uslužnim organizacijama Lean alati se koriste kako bi se smanjio gubitak vremena i kako bi proces bio učinkovitiji. Lean zahtijeva istraživanje procesa iz perspektive kupca kako bi se eliminirali gubici i smanjila neučinkovitost. Six Sigma se, međutim, fokusira na usavršavanje samih procesa, smanjujući nedostatke kontinuiranim smanjenjem varijacija procesa korištenjem raznih statističkih alata. Six Sigma sve više primjenjuje u gotovo svim uslužnim djelatnostima, a osobito u pružanju financijskih usluga. Osim značajnog poboljšanja krajnjih rezultata, implementacija LSS-a donosi mnogo drugih prednosti kao što su povećano zadovoljstvo korisnika, veći moral zaposlenika, bolji timski rad, veća razina usluge i svijest o tehnikama rješavanja problema.

Lean Six Sigma je tehnologija koja se koristi za poboljšanje izvedbe, učinkovitosti i zadovoljstva kupaca kako bi se poduzeće održalo u konkurentnim proizvodnim, ali i neproizvodnim okruženjima. Većina uspješnih primjena LSS-a zabilježena je u uslužnom sektoru, pa se tako čimbenici uspjeha određeni u ovom sektoru mogu učinkovito koristiti kao putokaz u proizvodnom sektoru. Implementacija LSS-a je započela u svim sektorima (proizvodnim, uslužnim i procesnim) za postizanje izvrsnosti, ali postoje brojni izazovi u primjeni LSS-a, pa je potrebno pažljivo proučiti okolinu i tip poduzeća na koje se ovi principi primjenjuju. [13]

Prehrambena industrija je primijenila veliki broj različitih alata za primjenu LSS-a, uglavnom za smanjenje varijacija procesa i troškova te za povećanje produktivnosti i konkurentnosti na tržištu. Ove se inicijative suočavaju s nekim preprekama u provedbi, a to uključuje ljudske čimbenike i karakteristike same prehrambene industrije.

Upravljački čimbenik najviše je povezan s manjkom znanja i nedostatkom kvalificiranih radnika. To objašnjava veliku potrebu za vanjskim članovima (konzultantima i istraživačima) koji vode proces primjene LSS-a u prehrambenoj industriji. Odabir članova tima također može utjecati na uspjeh implementacije LSS metodologije. Rezultati su pokazali da karakteristike prehrambene industrije mogu imati utjecaj na usvajanje nekih alata i metoda, što njihov izbor čini ključnim za provedbu LSS-a. No, samo je nekoliko dokumenata o implementaciji pokazalo zabrinutost u odabiru optimalnih alata i metoda u odnosu na posebne karakteristike njihovih poduzeća. Unatoč tim izazovima, postoji velika prilika za ovaj sektor da poboljša svoju izvedbu provedbom LSS metodologije. Prehrambena industrija ostvarila je mnogo koristi implementacijom LSS-a, a to pokazuje da ove inicijative mogu pomoći tom sektoru i da bi se trebale širiti što više. Prehrambenoj industriji se tako može dati podrška da se suoči s novim preprekama i ostane konkurentna. [14]

LSS pruža iznimnu vrijednost proizvodnom i uslužnom sektoru. LSS tako rješava problem iskorištenosti osoblja u bolnicama što dovodi do bolje skrbi i zadovoljstva pacijenata. [15]

Metodologije kao što je Lean Six Sigma imaju potencijal da poboljšaju razumijevanje procesa. LSS daje metode i skup alata za pomoć u učinkovitoj implementaciji. Neke od praktičnih prednosti implementacije LSS-a su eliminiranje zastoja, poboljšanje toka proizvoda, smanjenje zaostataka, uklanjanje rasipanja proizvoda, povećanje produktivnosti i naposljetku poboljšanje korisničkog iskustva smanjenjem zaostataka. Također, LSS se može upotrijebiti za utvrđivanje temeljnih uzroka gubitaka i provedbu korektivnih radnji. To može rezultirati uklanjanjem problema koji utječu na troškove proizvodnje, vrijeme proizvodnje ili kvalitetu proizvoda. Po [16], baš to dogodilo se s jednom farmaceutskom tvrtkom koja je primijenila načela LSS metodologije. Na globalnoj razini projekt je podijeljen sa svim farmaceutskim stranicama i nadređenima u organizaciji. Učenja i korektivne radnje raspoređuju se na zadana mjesta kao odgovor na nesukladnosti u procesima. Koristeći Lean Six Sigma tehnike, stranica se postupno kreće prema poboljšanju protoka proizvoda kroz tok vrijednosti s ciljem povlačenja proizvoda prema stopi potražnje kupaca. [16]

2.4. Lean Six Sigma metodologija u korištenju zaštitne opreme

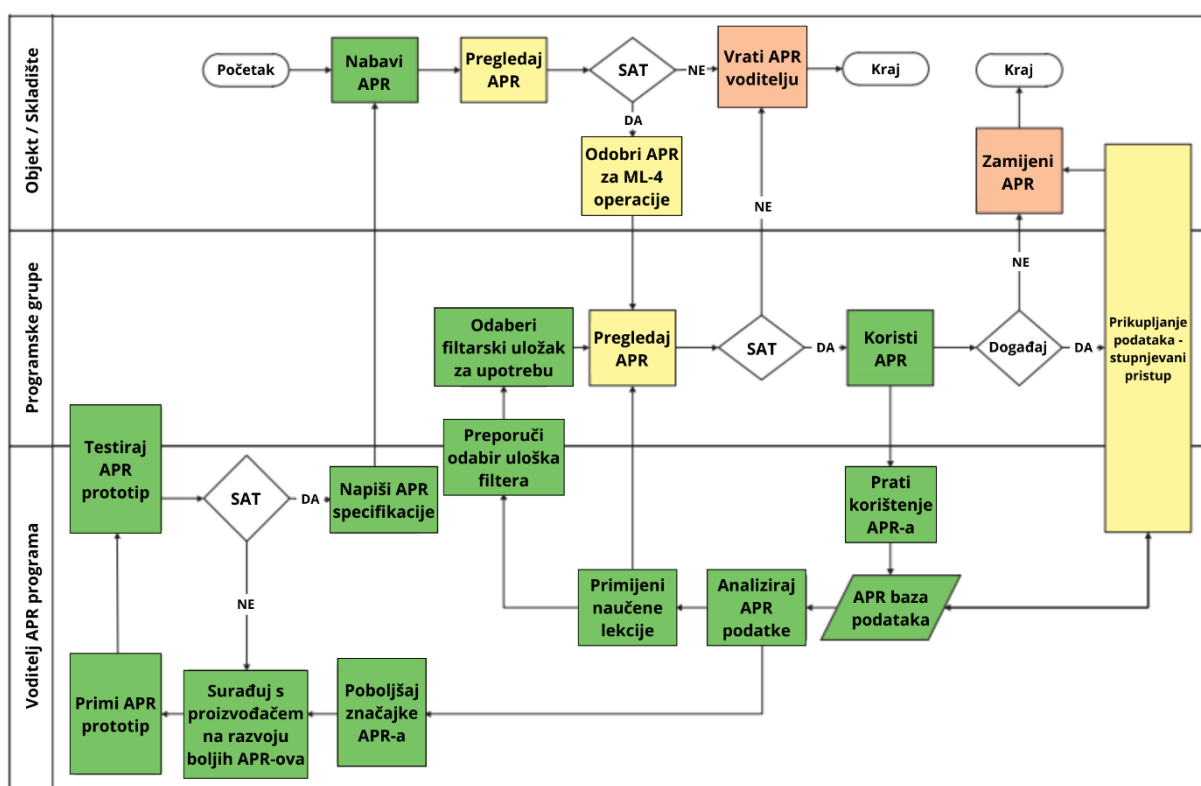
Lean Six Sigma metodologija pokazala se uspješnom u mnogim poljima, a tako i u korištenju i proizvodnji zaštitne opreme. Zaštitna oprema jedan je od stupova sigurnosti svakog posla, a njezina važnost u kriznim vremenima najviše dolazi do izražaja. Zaštitnu opremu potrebno je proizvoditi tako da bude ispravna i iskoristiva, a sve to uz što manje troškova, nesukladnosti i gubitaka. Baš zato je LSS metodologija savršena za primjenu u proizvodnji zaštitne opreme.

2.4.1. Primjena Lean Six Sigma metodologije na proces respiratora za pročišćavanje zraka

Kemijske i metalurške operacije koje uključuju opasne materijale (plutonij, berilij, korozivne tekućine i sl.) zauzimaju većinu aktivnosti koje se obavljaju u objektima za nuklearna istraživanja. Kada tehničke kontrole nisu moguće, dolazak ovih tvari u zonu disanja operatera sprječava se upotrebom osobne zaštitne opreme. To uključuje respiratore za pročišćavanje zraka (APR). Lean Six Sigma poslovne prakse učinkovito unapređuju proces izrade APR-ova. Dizajniranje APR sustava upravljanja procesima povećava učinkovitost uz usvajanje pojednostavljenih i troškovno učinkovitih aktivnosti koje zadovoljavaju potrebe radnika u nuklearnom istraživanju. Sprječavanje radioloških unosa i izlaganja kemikalijama glavni su problemi djelatnika u nuklearnim istraživanjima. LSS pristup spoj je dviju snažnih metoda poboljšanja – Lean (usmjeren na smanjenje gubitaka) i Six Sigma (usmjeren na smanjenje nedostataka) te je primjenjiv na većinu procesa. Opseg procesa APR-ova ide od nabave APR-ova sve do njihovog povlačenja iz postrojenja za nuklearna istraživanja. Prema [17], istraženo je kako se neke poslovne prakse LSS-a mogu koristiti za učinkovito poboljšanje procesa APR-ova. Korišteni su neki od LSS alata kao što je Mapiranje procesa, Glas kupca (VoC), FMEA analiza, Ishikawa diagram, XY matrica i Pareto dijagram.

Mapa APR procesa daje uvid u to kako se različiti elementi cijelog procesa međusobno uklapaju. To je pokazano na slici ispod [Slika 10]. Svaki red predstavlja glavne organizacije uključene u APR-ove. Kvadratići obojeni zelenom bojom su koraci s dodanom vrijednošću, oni označeni crvenom bojom su koraci bez dodane vrijednosti, a žuti kvadratići su potrebni koraci bez dodane vrijednosti. SAT označava zadovoljavajuće stanje. Objekt/skladište odgovoran je za primanje, osiguranje kvalitete i zbrinjavanje APR-ova. Programske grupe koriste APR-ove i sudjeluju u poboljšanju procesa. Voditelj APR programa nadzire prikupljanje podataka iz APR događaja, prati korištenje APR-ova i daje preporuke za poboljšanje procesa APR-ova. Ove preporuke uključuju kombinacije odabira filtarskih

uložaka. Voditelj APR programa također radi s proizvođačima kako bi poboljšao značajke APR-ova. Sprječavanje radioloških unosa i izlaganja kemikalijama primarni su problemi djelatnika u nuklearnim istraživanjima. Osim toga, djelatnici nuklearnog istraživanja zahtijevaju da APR-ovi budu u sanitarnom i pouzdanom stanju. Federalne nadzorne agencije zahtijevaju da se Kvalifikacijska kartica APR radnika provjeri prije svake uporabe. Mapa APR procesa održava dosljednost primjene, pokazuje prilike za poboljšanje i optimizaciju, ali i identificira ključne ulazne varijable procesa. Također, lako se identificira vlasništvo nad procesom APR-ova.



Slika 10. Mapa APR procesa [17]

Dva glavna rizika od operacija APR-ova dolaze od radiološkog unosa i korozivnih ili otrovnih kemikalija. Događaji s neprikladnim APR-ovima koji se mogu prijaviti su vrlo rijetki. Glavni cilj upravljanja nuklearnim istraživanjem je održavanje sigurnog i zdravog radnog mjesta za zaposlenike te zaštita okoliša i javnosti. Sustav upravljanja procesima APR-ova doprinosi zadanom cilju pružanjem informacija, tako da radnici mogu raditi sigurnije i učinkovitije u APR-ovima. Izvršna izvedba APR-ova u procesu očita je kada se izloženost zračenju i unos kemikalija održavaju dosta ispod regulatornih granica. Menadžment, ipak, očekuje da se

dolazak kontaminiranih tvari u zonu disanja operatera približavaju nuli. LSS metode uvelike pomažu u postizanju ovih ciljeva. Mapa APR procesa identificira prilike za poboljšanje eliminirajući neželjene događaje, smanjuje troškove te smanjuje vrijeme ciklusa. VoC povećava zadovoljstvo kupaca zadavanjem opsega APR procesa. Uzročno-posljedični dijagrami i FMEA koriste se za identificiranje kritičnih ulaznih (X) i izlaznih (Y) metrika te njihovo postavljanje u XY matricu. Nakon toga se razvijaju ulazne i izlazne metrike. Uprava onda koristi te kritične metrike da bi rezultate učinila predvidljivijima. Mjerni podaci identificiraju značajne varijacije (trendove) koje se mogu koristiti u donošenju odluka za poboljšanje samih procesa. Pareto dijagram pomaže upravi da bolje usmjeri svoje resurse. Podaci dobiveni iz LSS poslovne prakse analiziraju, optimiziraju i upravljaju izvedbom programa, a to znatno povećava tehničko znanje i povećava radnu sigurnost. Iz ovoga je vidljiva univerzalnost i široka primjenjivost LSS alata na razne procese. [17]

2.4.2. Korištenje Lean Six Sigma metodologije za smanjenje rasipanja osobne zaštitne opreme pri kongenitalnoj kardiokirurškoj intervenciji

Pandemija COVID-19 pogoršala je mnoge postojeće izazove u pružanju zdravstvene skrbi, uključujući već duge liste čekanja i visoke troškove. Pojavili su se novi izazovi poput velike potražnje za opskrbom osobnom zaštitnom opremom (PPE) te socijalnog distanciranja osoblja, pacijenata i njihovih obitelji. Unatoč pandemiji, i dalje postoji iznimna potreba za hitnom, ali i sigurnom, kongenitalnom kardiokirurgijom. Lean Six Sigma može svojim metodama poboljšati lanac opskrbe osobnom zaštitnom opremom i smanjiti izloženost osoblja djeci s nepoznatim statusom SARS CoV-2 koja se podvrgavaju kongenitalnoj kardiokirurgiji tijekom pandemije. Implementacija DMAIC metode i mape toka vrijednosti može eliminirati korake rasipanja tijekom testiranja na SARS-CoV-2 za djecu koja su podvrgnuta kongenitalnoj kardiokirurgiji. Prema [18], to je dokazano, pa je nakon samo 3 tjedna primjene ove nove mape toka vrijednosti, smanjena upotrebu seta PPE s 13 na 1 po pacijentu. To je rezultiralo godišnjom uštedom od preko 36 000 €, a i smanjenjem jednokratnog plastičnog otpada za gotovo 70 000 komada godišnje. Također, smanjio se broj osoblja izloženog pacijentima s nepoznatim SARS-CoV-2 statusom s 13 na 1.

Tijekom pandemije došlo je do znatno većeg opterećenja nabavom kompleta PPE, troškovima i protokom pacijenata. Lean Six Sigma metodologija koja koristi DMAIC i Mapiranje toka vrijednosti može eliminirati postupke koji nemaju dodanu vrijednost (gubitci) u testiranju SARS-CoV-2, bez dodatnih troškova. Prije implementacije Mape toka vrijednosti, postojala

je mogućnost da pacijent može biti primljen na kongenitalnu kardiokirurgiju i biti pozitivan na SARS-CoV-2. Ovo je ozbiljna sigurnosna prijetnja i može uzrokovati značajan morbiditet kod pacijenta koji se podvrgava kardiokirurškom zahvatu, ali i izložiti osoblje i druge pacijente u bolnici. Također, to bi uzrokovalo nepotrebnu zauzetost kreveta, sprječavanje drugih mogućih prijema te otkazivanje operacije, gubljenje dragocjenog vremena uz dodatne troškove za bolnicu. LSS metodologija sprječava pojavu ovih značajnih troškova.

Primarni cilj je postignut jer je smanjena nepotrebna upotreba PPE seta s 13 na 1 za svakog pacijenta koji nije bio zaražen SARS-CoV-2. Osim smanjenja rasipanja dragocjene PPE, ovo je također rezultiralo novčanim uštedama. Nakon ovih promjena, pacijenti primljeni s poznatim negativnim SARS-CoV-2 statusom ne trebaju izolacijske krevete. Time se poboljšava protok pacijenata jer omogućuje bolju upotrebu izolacijskih kreveta i sprječava nepotreban prijem pacijenata pozitivnih na SARS-CoV-2. Sekundarni cilj je također postignut smanjenjem broja osoblja u bliskom kontaktu s pacijentima koji su imali nepoznat status SARS-CoV-2 s 13 na 1. Ovime se sprječava potencijalni prijenos bolesti na osoblje, a time i njihova potencijalna odsutnost. Rizik budućeg manjka u opskrbi osobnom zaštitnom opremom zbog neodržive upotrebe smanjen je LSS metodama i time se spriječio dodatni rizik za osoblje u budućnosti pandemije. Lean način razmišljanja sve se više koristi u zdravstvenom okruženju kako bi se smanjili gubitci i troškovi.

Korištenje Lean Six Sigma metodologije može smanjiti gubitke PPE i plastike, što rezultira smanjenjem troškova, a istovremeno smanjuje izloženost osoblja pri testiranju pacijenata s prirođenom srčanom bolešću na SARS-CoV-2. Sprječavanjem prijema pacijenata pozitivnih na SARS-CoV-2, smanjilo se korištenje izolacijskih kreveta i spriječila su se otkazivanja operacija. To je poboljšalo protok pacijenata i učinkovitost odjela. LSS principi imaju sve širu upotrebu u zdravstvenom sektoru zbog njegove preopterećenosti i velikih mogućnosti unaprjeđenja. [18]

3. PROIZVODNI PROCESI PODUZEĆA PRO-PROM ZAGREB

Tvrtka PRO-PROM Zagreb osnovana je 1991. godine u Zagrebu i bavi se proizvodnjom i prodajom zaštitne opreme. Proizvodnja tvrtke okrenuta je zaštitnim odijelima, u proizvodnji je zaposleno osam djelatnica koje na raspolaganju imaju više od dvadeset strojeva. PRO-PROM Zagreb je malo poduzeće s nekoliko osnovnih proizvoda koji se proizvode u manjim serijama te je prikladno za primjenu LSS metodologije. Tvrtka je otvorena prema primjeni novih tehnologija te im je strateški cilj poboljšati svoj proizvodni proces.

3.1. Opis poduzeća

Tvrtka PRO-PROM Zagreb osnovana je 1991. za proizvodnju i prodaju zaštitne radne odjeće i svih zaštitnih sredstava za rad (kacige, radne čizme, radne cipele, rukavice, naočale...) [19]. Poduzeće PRO-PROM ZAGREB smješteno je u Svetoklarskoj 34a u Zagrebu. Firma je na dvije etaže, na donjoj etaži nalazi se proizvodni pogon dok je na gornjoj etaži smještena uprava, uredi za planiranje proizvodnje i računovodstvo.

3.1.1. Djelatnost i proizvodni program

PRO-PROM Zagreb bavi se proizvodnjom i prodajom zaštitne opreme. Tu spadaju zaštitna odijela, rukavice, cipele, maske, majice... Surađujući s mnogim hrvatskim poduzećima kao što su Saponia, Koestlin, Franck, Zagreb-Montaža, Kamgrad, Monting, itd. poduzeće je uspjelo ostati konkurentno više od 30 godina. Tvrtka također posluje i s brojnim drugim manjim poduzećima te se asortiman plasira isključivo putem veleprodaje.

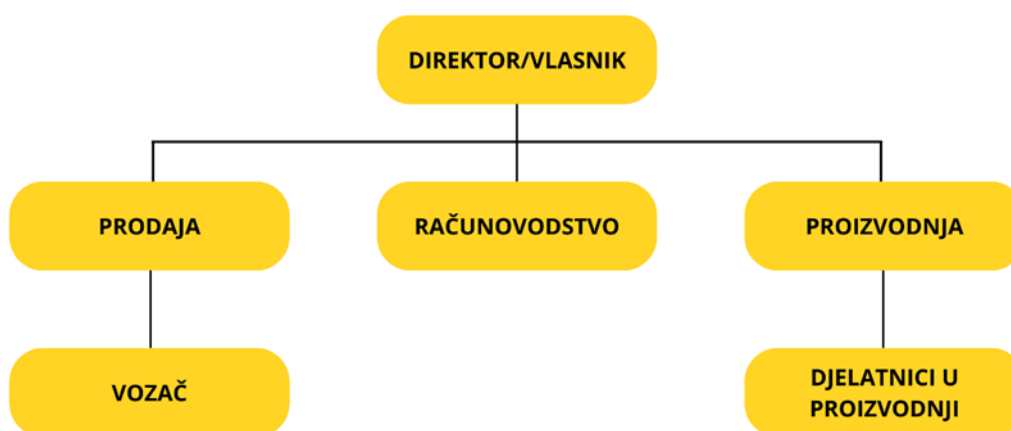
Registrirane djelatnosti poduzeća su:

- Proizvodnja tekstila
- Prijevoz robe (tereta) cestom
- Usluge istraživanja, te pružanja i korištenja znanja i informacija u gospodarstvu
- Zastupanje inozemnih tvrtki
- Kupnja i prodaja robe
- Obavljanje trgovačkog posredovanja na domaćem i inozemnom tržištu
- Proizvodnja odjeće, dorada i bojenje krzna

- Građenje, projektiranje i nadzor nad gradnjom
- Poslovanje nekretninama
- Proizvodnja radno zaštitne odjeće

3.1.2. Ustroj poduzeća

Poduzeće se sastoji od tri sektora kojima upravlja direktor (vlasnik) poduzeća. Sektori su prodaja, računovodstvo i proizvodnja. Na čelu prodajnog sektora je zaposlenik zadužen za cjelokupnu prodaju koji usko surađuje s računovodstvom i proizvodnjom. On uzima u obzir zahtjeve kupaca i hitnost narudžbe te izrađuje dnevni plan dostave koji vozač slijedi. Računovodstvom upravlja zaposlenik koji također usko surađuje s prodajom i proizvodnjom i provjerava sve nesukladnosti koje mogu nastati u procesu. Na čelu proizvodnje je voditeljica proizvodnje koja upravlja procesima te zadacima djelatnika u proizvodnji. Voditeljica proizvodnje brine o količini naručenog materijala i u stalnom je kontaktu s prodajnim sektorom. Ustroj tvrtke prikazan je na slici ispod [Slika 11].



Slika 11. Ustroj tvrtke PRO-PROM Zagreb

3.1.3. Objekti, strojevi, alati, informacijski sustavi te ostala oprema

U proizvodnom pogonu tvrtke nalaze se specijalizirani strojevi namijenjeni za preradu tekstila koji sudjeluju u transformaciji sirovina i poluproizvoda u finalni proizvod. Najznačajniji i najčešće korišteni strojevi su: šteperica, endlerica, dvoiglovka, rupičarka, gumbičarka i dvoiglovka za gumu.

Nakon stvaranja finalnih proizvoda upotrebom strojeva i ljudskih potencijala, proizvodi se trebaju dostaviti kupcima. Vanjski transport se obavlja dostavnim vozilom za koji je zadužen jedan djelatnik. Ostatak gotove robe se čuva u skladištu odmah pokraj pogona, a ukoliko je spremna za dostavu, često se pohranjuje u prostoru izlaza iz proizvodnog pogona.

Knjigovodstvo je zaduženo za pravnu stranu poslovanja. Za knjigovodstvo se koristi sustav Synesis koji upotrebljavaju sve tri grane firme te MS Office paket koji se koristi kao pomoćni alat u komunikaciji, planiranju i praćenju proizvodnje, odnosno, poslovanja općenito.

3.2. Proizvodni program poduzeća

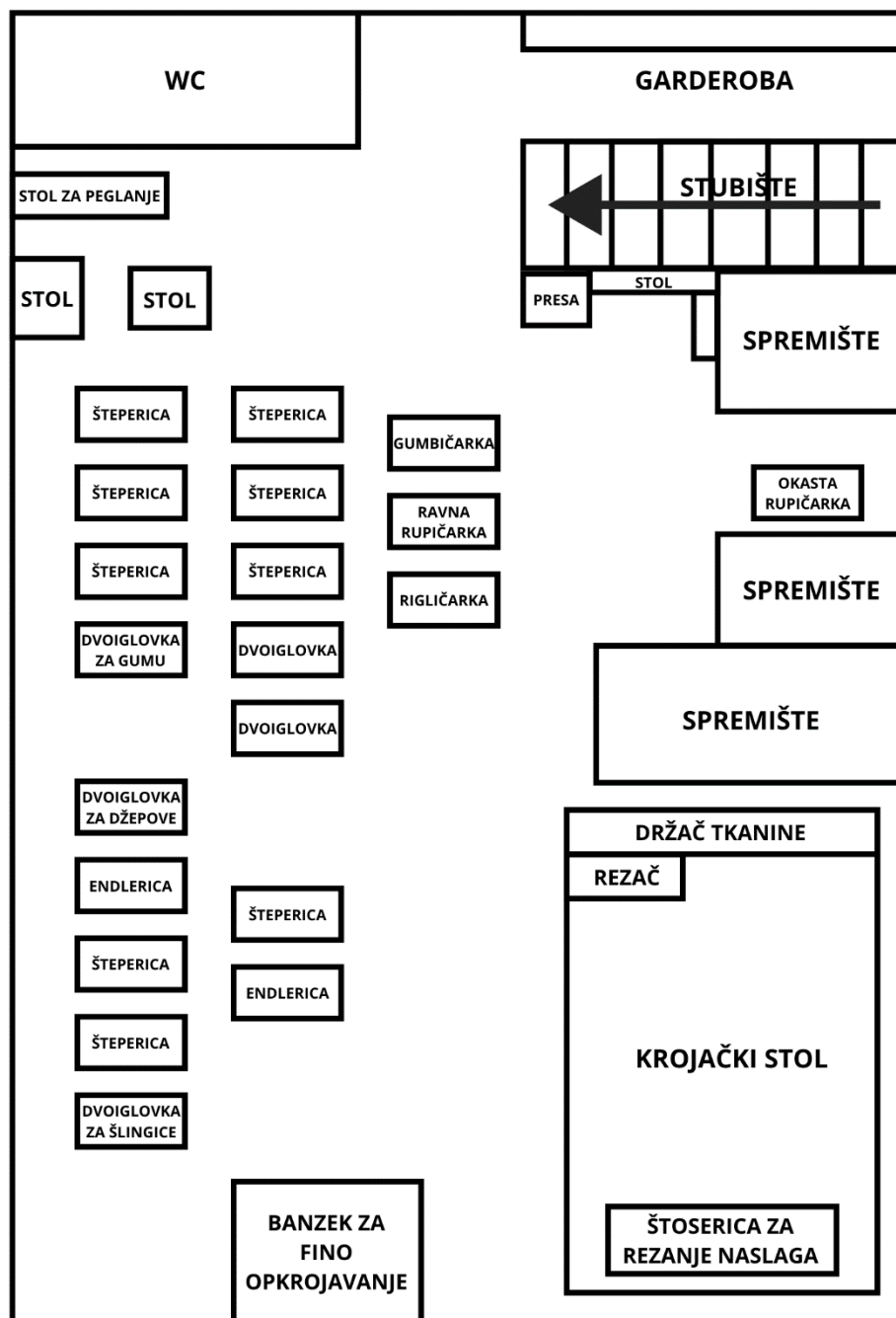
Sama proizvodnja se odnosi na cjelokupnu izradu proizvoda koji se potom distribuiraju kupcima. Zaposlenice u proizvodnji, kojima je voditeljica proizvodnje nadređena, uz pomoć strojeva prerađuju tekstil i stvaraju finalne proizvode.

Poduzeće izrađuje veliki broj varijanti proizvoda za različite naručitelje, pa se stoga i proizvodni procesi razlikuju. Valja napomenuti da se različiti proizvodi stvaraju kombinacijom istih strojeva i rada zaposlenica, ali upotrebom različitog materijala i procesa.

Cijeli proces započinje zaprimanjem narudžbe od strane kupca nakon čega se kreće u nabavu materijala potrebnog za ispunjenje narudžbe. Većina često korištenih materijala je dostupna u skladištu materijala i pripremljena je za upotrebu. Sljedeća faza sadrži određivanje plana koji je potreban za izradu proizvoda i, temeljem toga, dijele se zadaci pojedinim zaposlenicima. Proces proizvodnje počinje krojenjem koje radi jedan operater (krojačica). Nakon krojenja dijelova koji će se obrađivati, oni putuju na tisak u tiskaru. Kada se otiskaju potrebni dijelovi, kreće proces šivanja i spajanja tih dijelova u gotov proizvod. Pritom se koriste različiti strojevi i materijali.

Nakon izrade proizvoda, oni se pakiraju, skladište te šalju naručitelju pomoću dostavnog vozila. Nakon dostave proces se završava uvođenjem potpisane otpremnice u evidenciju računovodstva.

Prostorni raspored proizvodnog pogona prikazan je na slici [Slika 12]. Okvirne dimenzije proizvodne hale su 20 x 12 m.



Slika 12. Tlocrt proizvodnog pogona tvrtke PRO-PROM Zagreb

3.3. Postojeće stanje i problemi

Poduzeće izrađuje više vrsta radnih odijela za različite tvrtke, a neke vrste proizvoda (odijela) već se godinama proizvode. Zanimljivo je da u poduzeću postoje norme koje govore koliko je potrebno vremena po komadu proizvoda, ali mnoge od tih normi su subjektivna procjena bivših voditeljica proizvodnje. To znači da nije izvršena kvantitativna analiza i potrebna mjerenja procesa u proizvodnji, nego je ukupan proces proizvodnje definiran jednim

procijenjenim brojem – ukupno vrijeme potrebno da se izradi jedan proizvod. Ta procjena nije uključivala pojedinačne operacije i vrijeme potrebno za njihovo obavljanje, a to čini praćenje proizvodnje neučinkovitim. Iz tog podatka ne može se izvući dovoljno informacija koje bi bile potrebne za provođenje poboljšanja. Ovu praksu procjenjivanja vremena potrebnog za izradu odijela „prepisivale“ su sve kasnije zaposlene voditeljice proizvodnje i po njoj su radile. Primjer jedne prošle procjene rada od strane tadašnje voditeljice proizvodnje prikazan je na slici ispod [Slika 13]. Materijali i troškovi proizvodnje su prekriveni zbog tajnosti podataka poduzeća.

Proizvodnja i Prodaja Zaštitne opreme	Pro Prom Zagreb	PRO-PROM ZAGREB d.o.o. ZA PROIZVODNJU, TRGOVINU I USLUGE HRVATSKA, 10020 Novi Zagreb, Svetoklarska 34 A Tel.: 01/ 65 35 700, Fax: 01/ 65 35 701 Žiro račun: 2340009-1100047135 OIB: 55175013491 e-mail: pro-prom.zagreb@zg.t-com.hr
---	--------------------------------	--

Radni nalog II 87 Datum naloga
07.03.2012

Na skladište

Skladište	Naziv skladišta	Konto skladišta
1	Skladište gotovih proizvoda	6300

Proizvod

Normativ	Sifra robe	Naziv robe/usluge	J.mj.	Količina
1343	00379	Odijelo farmer M-po mjeri	kom	23,000

Indeksi vrijednosti ukalkuliranih troškova

Rad	Usluge
93,04	1,00

Troškovi proizvodnje

Materijali

Napomene

Datum završetka	Status naloga	Napomene
07.03.2012	Zatvoren	TŽV-po mjeri.Prosjek 93,04min.11kom-80m+12-105m.

Slika 13. Primjer radnog naloga

Jedan od većih problema je i krivo predviđanje cijene proizvoda jer se prodaja referira na okvirnu procjenu izrade odijela koja za sobom vuče određene troškove, ali i diktira rokove kada će odijelo biti isporučeno. Odjel prodaje ustanovio je da je procjena vremena izrade odijela potpuno pogrešna i da, zbog te greške, tvrtka često formira cijenu proizvoda ispod

razine isplativosti ili uz učestale gubitke na vlastitoj proizvodnji. Voditeljici proizvodnje odjel prodaje objasnio je problem. Ona je problem pokušala riješiti na mnoge načine. Na primjer, pokušala je zapisivati što je izradila u proizvodnji svaki tjedan i na temelju toga procijeniti koliko je vremena potrebno za izradu pojedinog proizvoda. Problem je taj što se u proizvodnji često događa više proizvodnih procesa odjednom u kojima sudjeluje nekad više, a nekad manje radnika. Sve ovo zbunjuje voditeljicu proizvodnje koja se ne uspijeva snaći i riješiti ovaj problem.

Rješavanje ovog problema je od velike važnosti za poduzeće jer predstavlja rizik neprofitabilnosti vlastite proizvodnje. Problem je potrebno riješiti znanstvenim pristupom kako bi se došlo do objektivnih podataka i zaključaka.

3.4. Moguća rješenja

Osnovni problem s kojim se promatrano poduzeće susreće je nepostojanost objektivnih podataka o radu proizvodnje. Trenutno postoje samo subjektivne procjene postojećeg stanja. Također, trošak vlastite proizvodnje poduzeća nekada prelazi troškove proizvodnje kod kooperanata poduzeća. Nije logično da vlastita proizvodnja kumulira veći trošak od vanjske proizvodnje, pa je potrebno povećati efikasnost uklanjanjem gubitaka u procesu. Analiza problema daje naslutiti koje aktivnosti su potrebne da se postigne rješenje. Zadovoljavajuće rješenje trebalo bi uključivati postupak mjerenja operacija u proizvodnji, analizu dobivenih podataka te simulacija poboljšanog stanja. Nakon implementacije rješenja potrebno je kontrolirati novo stanje te kontinuirano raditi na dodatnim poboljšanjima.

Najefikasniji pristup koji sadržava sve ove korake i već je u prošlosti uspješno implementirano i na procese u proizvodnji zaštitne opreme, je primjena Lean Six Sigma metodologije, odnosno DMAIC ciklusa na procese u proizvodnji. DMAIC ciklus postavlja savršenu osnovu za poboljšanje procesa u proizvodnji te, kombinirajući Lean i Six Sigma te njihove alate, uspostavlja temelj za rast i razvoj poduzeća [20].

4. UNAPRJEĐENJE PROIZVODNOG PROCESA DMAIC PRISTUPOM

Odabirom DMAIC ciklusa za unaprjeđenje proizvodnog procesa odabranog poduzeća slijediti će se okvir ove metode. Prva faza je definiranje (*engl. Define*), u kojoj se razrađuje i kvantificira problem koji se želi riješiti. Nakon toga slijedi mjerenje (*engl. Measure*) u kojoj se procesi mjere kako bi se dobila slika o stupnju ujednačenosti procesa i rasporedu zadataka. Zatim se prelazi na fazu analiziranja (*engl. Analyze*) u kojoj se prepoznaju „uska grla“ te dobivaju objektivni podaci o stanju proizvodnje. Slijedi faza poboljšavanja (*engl. Improve*) u kojoj se postojeće stanje pokušava unaprijediti koristeći metode, alate i logiku Lean Six Sigma filozofije. Naposljetku slijedi faza kontrole (*engl. Control*) u kojoj se poboljšano stanje prati te se osigurava nastavak primjene poboljšanja. Ovaj proces se stalno ponavlja i u njemu bi trebali sudjelovati svi, od zaposlenika do direktora. DMAIC ciklus pruža neiscrpni izvor poboljšanja i unaprjeđenja proizvodnje, a za poduzeće bi bilo korisno kada bi osnove DMAIC-a i Lean Six Sigma metodologije postale dijelom kulture samoga poduzeća.

4.1. Define – faza definicije problema

U ovoj fazi nastoji se definirati problem tako da se on kvantificira i postavi cilj koji se može izmjeriti kako bi se točno znalo kada je problem riješen. Također, treba razmisliti i o opsegu projekta koji se obavlja kako ne bi dolazilo do suprotstavljenih mišljenja i da bi zahtjevi voditelja projekta ostali u domeni mogućih rješenja.

Za tvrtku PRO-PROM Zagreb problem je taj što nema potrebnih podataka o vremenima u procesu proizvodnje odijela te što su troškovi vlastite proizvodnje veći nego kod kooperanata što je većim dijelom uvjetovano velikim ukupnim vremenom izrade odijela. Cijena rada spojena s dugotrajnim procesima čini ovu proizvodnju u nekim projektima potpuno neprofitabilnom. Cilj ovoga projekta je dobiti objektivne podatke o vremenu potrebnom za izradu odijela te povećati produktivnost proizvodnje tako da je jedno odijelo moguće izraditi unutar 90 minuta. Projekt se provodi standardizacijom rada u proizvodnji, preraspodjelom zadataka zaposlenica (balansiranjem), mjerenjem i praćenjem operacija u proizvodnji, odabirom kvalitetnijeg materijala s određenim parametrima, raščlanjivanjem operacija u procesu te konstantnim uvođenjem malih poboljšanja. Projekt će biti uspješan ako osam zaposlenica u proizvodnji uspije proizvesti odabrano odijelo za manje od 90 minuta. Rezultati

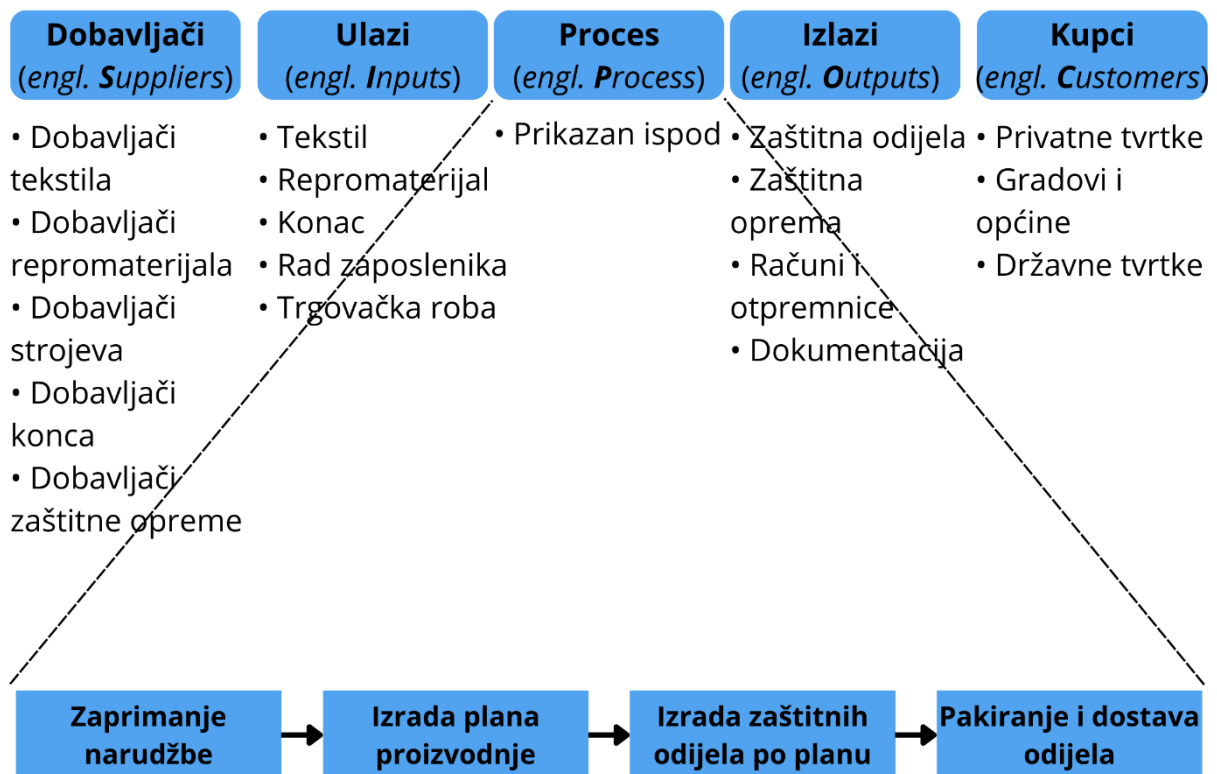
će se redovno prikazivati u vidu projektne dokumentacije, analize proizvodnje i koraka poboljšanja. U projektu se pokušavaju iskoristiti alati i metode LSS metodologije, rezultati mjerenja, znanje zaposlenika, itd.

Na slici ispod prikazana je projektna povelja koja sadrži ključne informacije o projektu [Slika 14].

Izjava o problemu		Ciljevi	Opseg projekta	Ključno mjerenje procesa	
<ul style="list-style-type: none"> • Tvrtka ne posjeduje objektivne podatke o trajanju procesa u proizvodnji te nije moguće procijeniti vrijeme potrebno za izradu odijela. • Tvrtka ima veće troškove vlastite proizvodnje od one kod kooperanata zbog puno vremena koje troši na rad. 		<ul style="list-style-type: none"> • Izmjeriti cijeli proces izrade odijela za TŽV Gredelj i dobiti podatke o vremenu potrebnom za izradu odijela. • Povećati produktivnost proizvodnje tako da je moguće jedno odijelo izraditi unutar 90 minuta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Standardiziranje rada • Preraspodjela zadataka zaposlenica • Uvođenje fizičkih poboljšanja u vidu strojeva, pomagala i sl. • Odabir kvalitetnijeg materijala sa zadanim parametarima • Mjerenje operacija u proizvodnji • Raščlanjivanje operacija u procesu 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 zaposlenih u proizvodnji • 1 odijelo moguće izraditi unutar 90 minuta 	
Vremenski period		Isporučene vrijednosti	Iskorištavanje mogućnosti	Projektni tim	
Trajanje od 4.7.2022. do 18.11.2022.		<ul style="list-style-type: none"> • Redovna izvješća • Izmjerena vremena operacija • Koraci procesa • Interne informacije • Opterećenost radnica • Analiza proizvodnje • Koraci poboljšanja 	<ul style="list-style-type: none"> • Alati i metode • Rezultati mjerenja • Plan projekta • Standardizacija rada • Tok operacija u procesu • Znanje zaposlenika 	Ime	Uloga
Faza	Cilj			Josip	Pripravnik na projektu
Definiraj	4.7. - 15.7.			Dijana	Voditeljica proizvodnje
Izmjeri	18.7. - 2.9.			Jure	Direktor/vlasnik
Analiziraj	5.9. - 16.9.				
Poboljšaj	19.9. - 7.10.				
Kontroliraj	10.10. - 18.11.				

Slika 14. Projektna povelja

Opća slika rada poduzeća prikazuje se SIPOC mapom. Ona omogućava pregled dobavljača poduzeća, ulaza koje koriste kako bi proizveli izlaze, procesa pomoću kojeg ulaze pretvaraju u izlaze i kupaca do kojih dolazi finalni proizvod poduzeća. Na slici ispod prikazana je SIPOC mapa poduzeća PRO-PROM Zagreb [Slika 15]. Na njoj je vidljivo kako poduzeće uz pomoć vještina zaposlenica, tekstila, konca, repromaterijala i strojeva uspijeva proizvesti gotova zaštitna odijela koja zatim prodaje svojim kupcima. Poduzeće također preprodaje zaštitnu opremu koju ne proizvodi samostalno. Proces izrade odijela započinje narudžbom u kojoj je definiran broj, vrsta i karakteristike potrebnih odijela. Nakon toga, radi se plan proizvodnje koji ovisi o opterećenosti same proizvodnje te se kreće u nabavku potrebnog materijala (ako ga nema na skladištu) i proizvodnju traženih odijela. Nakon završenog procesa proizvodnje, odijela se pakiraju i šalju prema kupcu.



Slika 15. SIPOC mapa poduzeća PRO-PROM Zagreb

4.2. Measure – faza mjerenja

Kao što je već spomenuto, potrebno je objektivno izračunati vremena operacija potrebnih za izradu zaštitnih odijela. Sve s čime tvrtka do sada raspolaže jest procjena bivših voditeljica proizvodnje u vrijeme kada je proizvodnja brojala dvadeset zaposlenika, što je dvostruko više radne snage u usporedbi s današnjim stanjem. Staro stanje proizvodnje za izradu klasičnog farmer odijela prikazano je na slici ispod [Slika 16]. Tada je vrijeme ciklusa bilo osamdeset minuta. Valja se vratiti na već prikazanu sliku koja nam govori da je vrijeme ciklusa za izradu odijela po mjeri bilo nešto više od 93 minute [Slika 13]. U ovome projektu promatra se izrada klasičnih farmer odijela, ali na umu treba imati to da su stvarni podaci vjerojatno odskakali od tadašnjih procjena voditeljica proizvodnje.

Proizvodnja i	P P Z	ro rom zagreb
Prodaja		
Zaštitne opreme		

PRO-PROM ZAGREB d.o.o.
 ZA PROIZVODNJU, TRGOVINU I USLUGE
 HRVATSKA, 10020 Novi Zagreb, Svetoklarska 34 A
 Tel.: 01/ 65 35 700, Fax: 01/ 65 35 701
 Žiro račun: 2340009-1100047135
 OIB: 55175013491
 e-mail: pro-prom.zagreb@zg.t-com.hr

Radni nalog II 245

Datum naloga
18.06.2012Na skladište

Skladište	Naziv skladišta	Konto skladišta
1	Skladište gotovih proizvoda	6300

Proizvod

Normativ	Šifra robe	Naziv robe/usluge	J.mj.	Količina
317	00181	Odijelo farmer M-po uzorku	kom	3,000

Indeksi vrijednosti ukalkuliranih troškova

Rad	Usluge
80,00	1,00

Troškovi proizvodnjeMaterijaliNapomena

Datum završetka	Status naloga	Napomena
18.06.2012	Zatvoren	Tisak 2+2=4 kune. Trgo-Vento.

Slika 16. Prikaz starog stanja proizvodnje

Proizvodni proces izrade klasičnog farmer odijela sastoji se od šezdeset šest operacija koje izvodi osam zaposlenica na više od petnaest strojeva. Sve proizvodne operacije mjerile su se pet puta, osim krojenja i operacija koje ne spadaju u proizvodnju tvrtke. Svaka operacija je označena brojem i opisom te je prikazano ime djelatnika koji je za nju zadužen. Također, označen je i stroj na kojem se obavlja operacija. Vremena su zapisana u sekundama te je izračunat prosjek mjerenih vremena i standardna devijacija. Uz svako mjerenje dodan je prostor za napomenu u kojem su se, po potrebi, zapisivala ključna zapažanja. Sve ovo prikazano je na slici ispod [Slika 17]. Ukupno vrijeme obavljanja svih operacija u procesu je 8169 sekundi. To je malo više od 136 minuta. Najčešća greška u operacijama je prekid rada stroja zbog ispadanja ili pucanja konca što je potrebno pobliže analizirati u trećoj fazi.

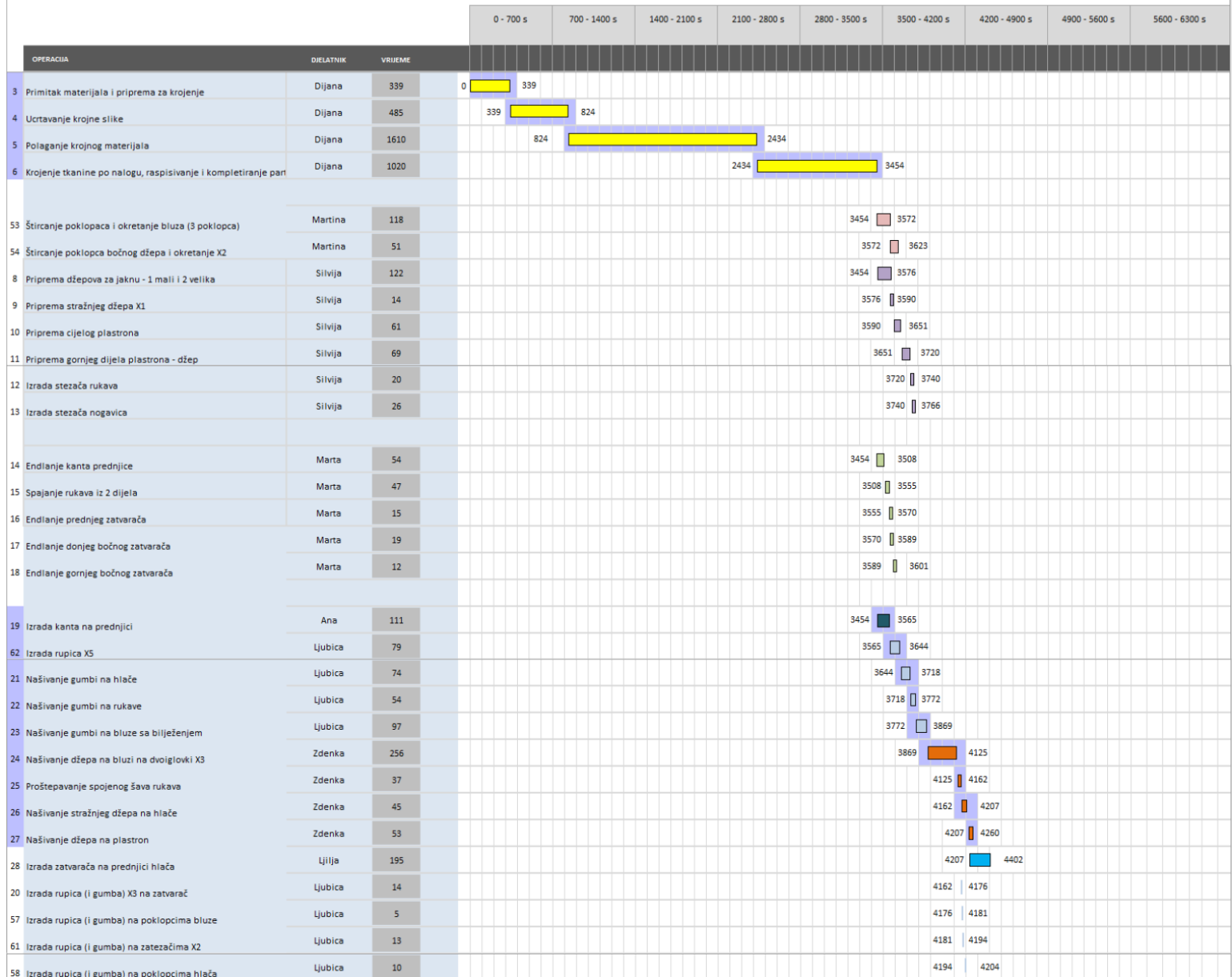
Radno odijelo - farmer sa poklopcima i gumbima → TŽV Gredelj							
BROJ	DJELATNIK	OPERACIJA	STROJ/VRSTA RADA	IZMIJERENO VRIJEME (s)	PROSJEČNO VRIJEME (s)	NAPOMENA	STDEV
1	Ivana	Priprema repromaterijala (tkanina, gumbi, zatvarači, konac, drucker...)	Ručni rad	189, 178, 200, 185, 193	189	NE ULAZI U IZRAČUN	-
2	Vanjska firma	Dostava repromaterijala	Ručni rad	5 dana	5 dana	ovisno o materijalu može se čekati od dana do par mjeseci	-
3	Dijana	Primitak materijala i priprema za krojenje	Ručni rad	339	339	uhodan proces pa brzo ide	-
4	Dijana	Urtavanje krojne slike	Ručni rad	485	485		-
5	Dijana	Polaganje krojnog materijala	Ručni rad	1610	1610		-
6	Dijana	Krojenje tkanine po nalogu, raspisivanje i kompletiranje partija	Ručni rad	1020	1020		-
7	Tiskara	Tisak na iskrojnim dijelovima	Tiskara	0,5 dana, 1 dan, 2 dana	1 dan	ovisno o količini i o zaposlenosti tiskare, najčešće 1 dan, NE	-
8	Silvija	Priprema džepova za jaknu - 1 mali i 2 velika	Šteperica	115, 122, 124, 125, 124	122		4,06
9	Silvija	Priprema stražnjeg džepa X1	Šteperica	13, 14, 14, 15, 14	14		0,707
10	Silvija	Priprema cijelog plastrona	Šteperica	68, 71, 63, 52, 61	63		7,31
11	Silvija	Priprema gornjeg dijela plastrona - džep	Šteperica	53, 69, 63, 91, 69	69	mjerjenje 91 - ispao konac	13,93
12	Silvija	Izrada stezača rukava	Šteperica	15, 18, 26, 20, 21	20		4,06
13	Silvija	Izrada stezača nogavica	Šteperica	25, 28, 25, 27, 25	26		1,414
14	Marta	Endlanje kanta prednjice	Endlerica	45, 62, 54, 55, 53	54		6,06
15	Marta	Spajanje rukava iz 2 dijela	Endlerica	40, 52, 50, 47, 46	47		4,58
16	Marta	Endlanje prednjeg zatvarača	Endlerica	13, 17, 16, 12, 17	15		2,35
17	Marta	Endlanje donjeg bočnog zatvarača	Endlerica	20, 19, 18, 20, 19	19		0,837
18	Marta	Endlanje gornjeg bočnog zatvarača	Endlerica	8, 21, 8, 12, 11	12		5,34
19	Ana	Izrada kanta na prednjici	Šteperica	98, 119, 117, 110, 112	111		8,23
20	Ljubica	Izrada rupica (i gumba) X3 na zatvarač	Rupičarka	15, 16, 11, 13, 15	14		2
21	Ljubica	Našivanje gumbi na hlače	Gumbičarka	61, 85, 74, 70, 80	74		9,25
22	Ljubica	Našivanje gumbi na rukave	Gumbičarka	47, 51, 54, 63, 55	54		5,92
23	Ljubica	Našivanje gumbi na bluze sa bilježenjem	Gumbičarka	88, 115, 87, 97, 98	97		11,25
24	Zdenka	Našivanje džepa na bluzi na dvoiglovki X3	Dvoiglovka	243, 286, 240, 255, 256	256		18,21
25	Zdenka	Proštepavanje spojenog šava rukava	Dvoiglovka	25, 44, 41, 37, 38	37		7,25
26	Zdenka	Našivanje stražnjeg džepa na hlače	Dvoiglovka	33, 51, 52, 44, 45	45		7,58
27	Zdenka	Našivanje džepa na plastron	Dvoiglovka	53, 52, 50, 56, 53	53		2,168
28	Ljilja	Izrada zatvarača na prednjici hlača	Šteperica	198, 194, 193, 194, 196	195		2
29	Marta	Spajanje leđa na endlerici	Endlerica	25, 25, 20, 28, 26	25		2,95
30	Zdenka	Prošiv leđa hlača na dvoiglovki	Dvoiglovka	10, 20, 23, 12, 18	17		5,46
31	Ana	Našivanje gume u struk leđa	Dvoiglovka za gumu	20, 20, 25, 19, 21	21		2,35
32	Marta	Našivanje plastrona na prednjicu	Endlerica	25, 30, 32, 29, 71	37	mjerjenje 71 - prekid rada stroja	18,96
33	Zdenka	Prošiv (spojene prednjice i) plastrona dvoiglovkom	Dvoiglovka	18, 19, 21, 18, 20	19		1,304
34	Martina	Izrada bočnog zatvarača	Šteperica	52, 70, 63, 70, 61	63		7,46
35	Marta	Spajanje bočnog šava hlača	Endlerica	106, 124, 117, 115, 117	116		6,46
36	Marta	Spajanje unutarnjeg šava rukava i okretanje	Endlerica	128, 133, 135, 129, 134	132		3,11
37	Ana	Porub duljine rukava i okretanje	Šteperica	55, 73, 62, 65, 60	63		6,67
38	Marta	Kompletiranje jakne na endlerici (spajanje leđa, prednjica i rukava)	Endlerica	373, 409, 345, 370, 382	376		23,1
39	Ljilja	Spajanje kragne i okretanje	Šteperica	79, 75, 60, 68, 71	71		7,23
40	Ljilja	Našivanje kragne na jaknu	Šteperica	153, 270, 226, 263, 216	226		46,7
41	Ljilja	Porub duljine jakne	Šteperica	75, 104, 95, 85, 91	90		10,86
42	Zdenka	Prošiv bočnog šava na dvoiglovki i našivanje 2 bočna džepa	Dvoiglovka	212, 215, 216, 209, 218	214		3,54
43	Marta	Spajanje koraka hlača na endlerici i okretanje hlača	Endlerica	63, 84, 81, 67, 75	74		8,94
44	Ljubica	Izrada drukera X2	Ručni rad	28, 34, 36, 35, 31	33		3,27
45	Martina	Izrada tregera za hlače X2	Šteperica	120, 129, 118, 120, 122	122		4,27
46	Martina	Završavanje hlača	Šteperica	210, 208, 198, 207, 203	205		4,76
47	Ljubica	Izrada riglica	Rigličarka	44, 51, 49, 47, 49	48		2,65
48	Ljubica	Izrada bočnog kopčanja - rupice	Rupičarka	20, 15, 19, 17, 19	18		2
49	Ljubica	Izrada bočnog kopčanja - gumbi	Gumbičarka	43, 90, 47, 45, 49	55	mjerjenje 90 - ispao konac	19,8
50	Ljubica	Čišćenje konca (bluza i hlače)	Ručni rad	313, 322, 325, 327, 313	320		6,63
51	Ljubica	Slaganje u vrećice	Ručni rad	36, 32, 38, 41, 28	35		5,1
52	Ljubica	Izrada gumba za plastron jeans	Gumbičarka	32, 36, 32, 41, 29	34		4,64
53	Martina	Štiranje poklopaca i okretanje bluza (3 poklopca)	Šteperica	102, 117, 135, 120, 116	118		11,77
54	Martina	Štiranje poklopca bočnog džepa i okretanje X2	Šteperica	73, 45, 35, 55, 46	51		14,29
55	Zdenka	Štepanje dvoiglovkom poklopaca bluze X3	Dvoiglovka	90, 101, 43, 47, 49	66	mjerjenja 90, 101 - ispao konac	27,3
56	Zdenka	Štepanje dvoiglovkom poklopaca hlača X2	Dvoiglovka	28, 28, 26, 30, 23	27		2,65
57	Ljubica	Izrada rupica (i gumba) na poklopcima bluze	Rupičarka	5, 5, 4, 7, 4	5		1,225
58	Ljubica	Izrada rupica (i gumba) na poklopcima hlača	Rupičarka	10, 9, 10, 9, 10	10		0,548
59	Zdenka	Štepanje stezača rukava i nogavica - 2 para	Dvoiglovka	349, 360, 334, 341, 351	347		9,92
60	Silvija	Peglanje bočnih džepova	Pegla	51, 64, 60, 58, 57	58		4,74
61	Ljubica	Izrada rupica (i gumba) na zatezačima X2	Ravna rupičarka	12, 14, 16, 14, 9	13		2,65
62	Ljubica	Izrada rupica X5	Rupičarka	68, 86, 84, 77, 81	79		7,12
63	Martina	Našivanje stezača na rukave	Šteperica	51, 45, 35, 45, 40	43		6,02
64	Martina	Našivanje stezača na nogavice	Šteperica	31, 30, 28, 25, 31	29		2,55
65	Martina	Priprema bočnog džepa X2	Šteperica	50, 54, 49, 53, 50	51		2,168
66	Ljubica	Završavanje hlača - gumb	Gumbičarka	7, 6, 9, 9, 6	7		1,517
				UKUPNO:	8169		

Slika 17. Podaci o pojedinim operacijama

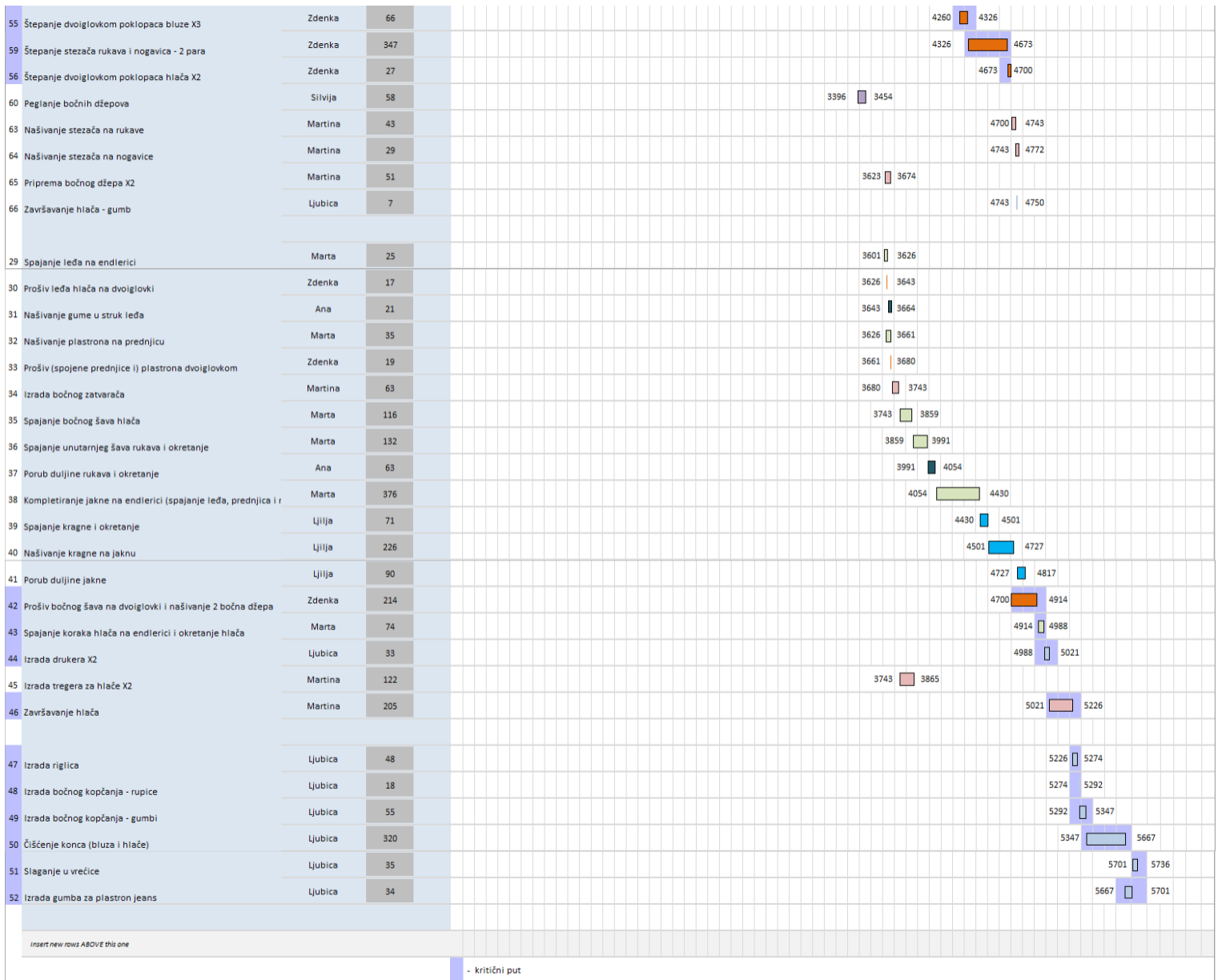
Zbroj trajanja pojedinih operacija ne daje informaciju o vremenu ciklusa, pa je potrebno izraditi detaljni gantogram procesa [Slika 18 i Slika 19].

TŽV Gredelj - farmer sa poklopcima i gumbima

PRO-PROM ZAGREB d.o.o.

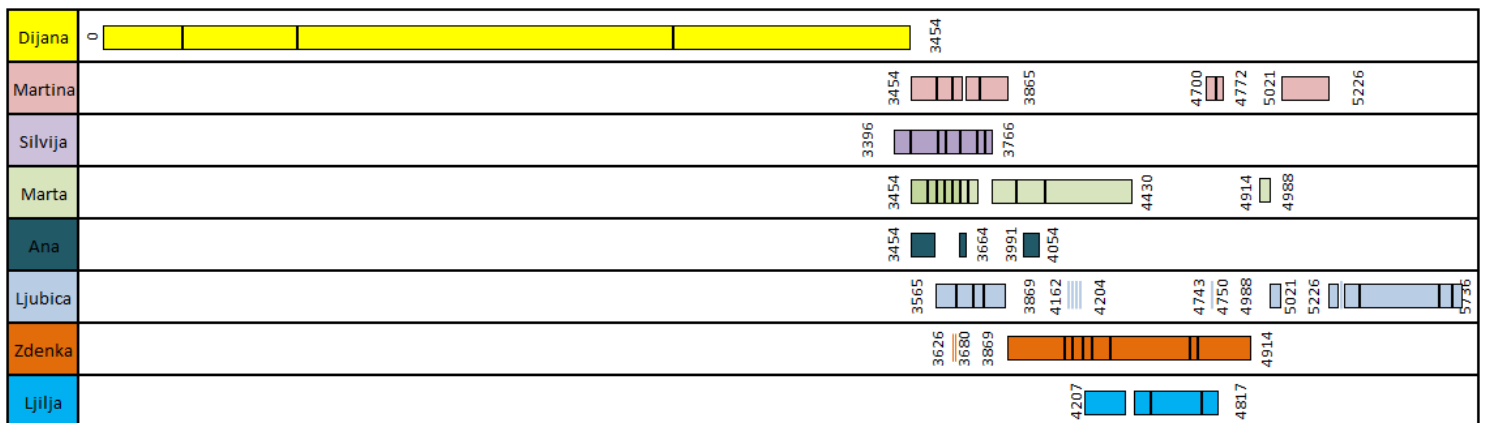


Slika 18. Gantogram procesa izrade zaštitnog odijela – prvi dio



Slika 19. Gantogram procesa izrade zaštitnog odijela – drugi dio

Iz gantograma je vidljivo da je vrijeme ciklusa izrade klasičnog farmer odijela jednako 5736 sekundi što je malo više od 95 minuta. Jedan od zadataka ovoga projekta je smanjiti ovo vrijeme na manje od 90 minuta. Ljubičasto označene operacije pripadaju kritičnom putu, a jasno je vidljivo i naznačen redoslijed operacija i mogućnost izvođenja određenih operacija u isto vrijeme. Kako bi se dobila slika o opterećenosti pojedinih djelatnica, potrebno je označiti za koje operacije je svaka zaposlenica zadužena i prikazati ih ovisno o vremenu izvođenja. To je prikazano na slici ispod [Slika 20].



Slika 20. Opterećenost operatera u vremenskoj domeni

Odmah je na prvi pogled vidljivo da sve zaposlenice nisu jednako opterećene te da se sve operacije ne mogu izvoditi u isto vrijeme. Ovime je prikazana objektivna slika proizvodnje s realnim podacima. Na temelju izmjereno stanja može se krenuti u proces analize proizvodnje.

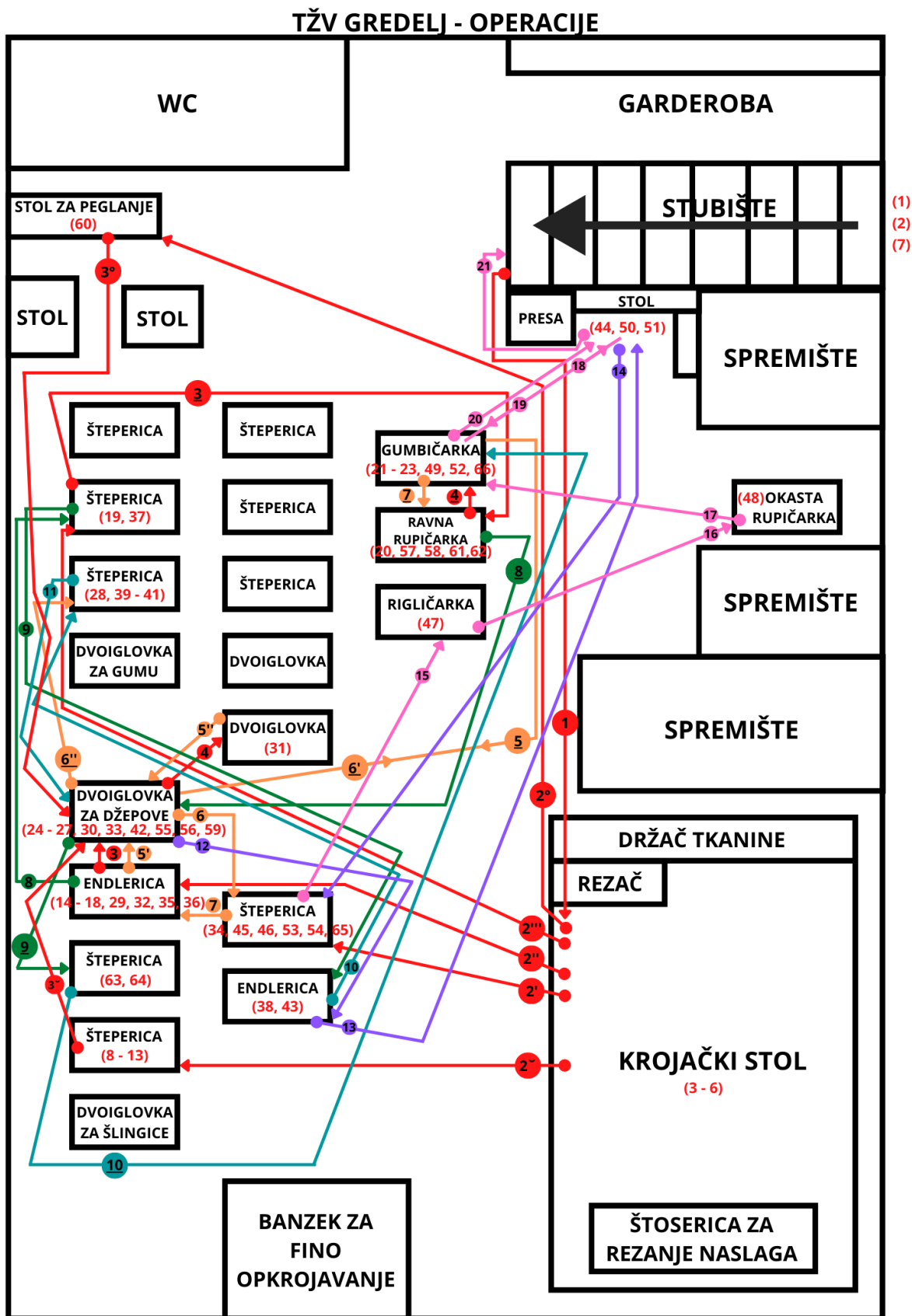
Na slici ispod prikazan je postupak krojenja koji obavlja jedna od zaposlenica na krojačkom stolu [Slika 21].



Slika 21. Postupak krojenja

Kako bi se cjelokupni proces bolje vizualizirao, moguće je napraviti mapu toka materijala. To će pomoći sagledati proces i još jednog kuta te dati podlogu za donošenje poboljšanja u fazi poboljšanja. Mapa toka materijala prikazana je na slici ispod [Slika 22]. Treba imati na umu da ovo nije velika proizvodna hala, ali i da u ovom poduzeću proizvode i druge vrste odijela s različitim tokom kretanja materijala. Strelice su označene brojevima, a neki brojevi imaju dodatne znakove. Brojevi na strelicama označavaju redoslijed transporta samog materijala. Postoji više tokova materijala i svaki je označen s različitim znakovima. Neki tokovi se spajaju u isti i nastavljaju zajedno. Strelice su u različitim bojama zbog lakše preglednosti. Brojevi na strojevima označavaju broj operacije koja se izvodi na istima. Ti brojevi povezani su s brojevima na već prikazanoj slici [Slika 17].

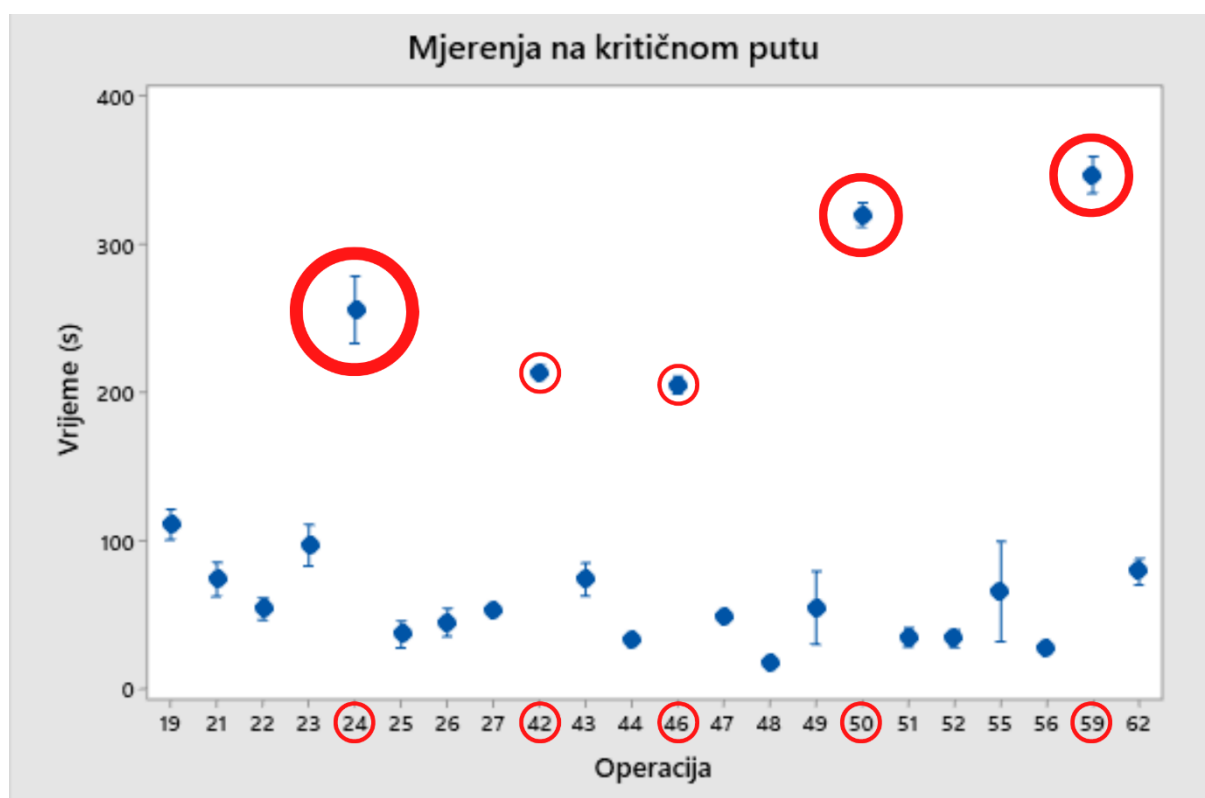
Također, u prilogu I. je vidljiva simulacija vremena trajanja operacija i kritičnog puta proizvodnog procesa. Nakon 1500 iteracija, dobivaju se podaci o predviđenim trajanjima operacija, ali i kritičnog puta (bez krojenja). Ovo pomaže u procesu planiranja proizvodnje kako bi se saznalo koliko je najmanje, odnosno najviše vremena potrebno za ispunjenje narudžbe kupca. Svi podaci prikazani su u sekundama.



Slika 22. Mapa toka materijala

4.3. Analize – faza analize problema

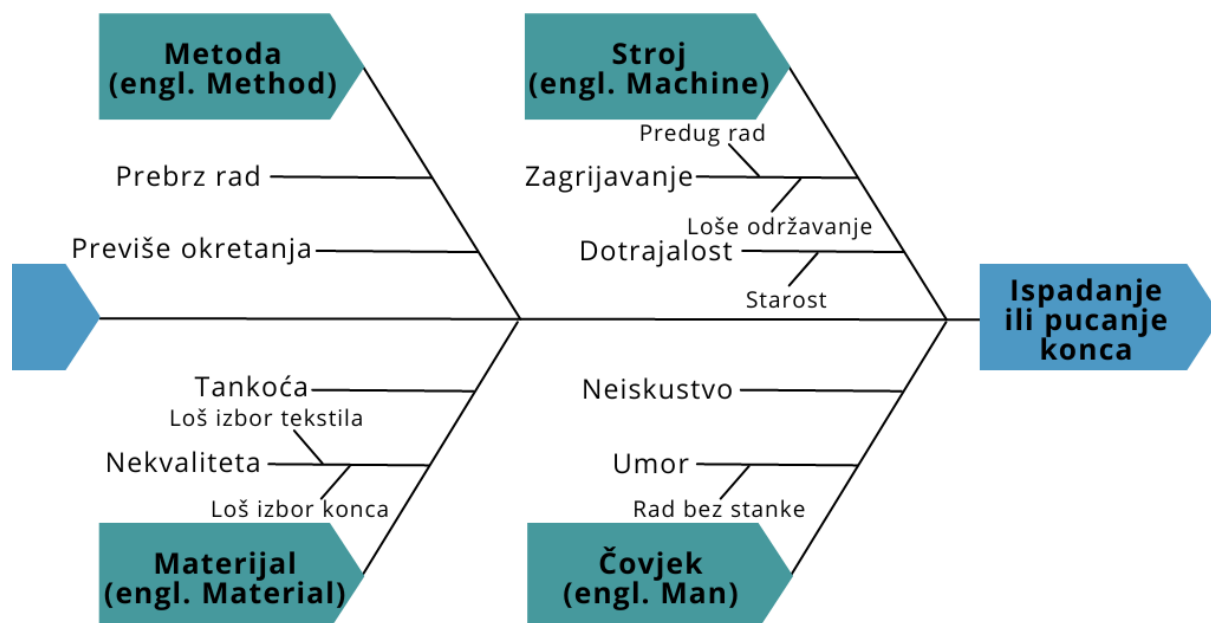
U fazi analize pažnja se preusmjerava na dobivene podatke iz proizvodnje. Ovdje je od velikog značaja kritični put koji je prikazan u gantogramu. Imajući na umu fazu poboljšanja koja slijedi, treba pogledati operacije na kritičnom putu koje odskakuju od ostalih, odnosno one za koje se troši najviše vremena. Treba napomenuti da operacije vezane za krojenje (3-6) spadaju u kritični put, ali ih se ovom prilikom ne promatra jer je postupak krojenja već uvelike poboljšan i sastoji se samo od operacija koje dodaju vrijednost i onih koje ne dodaju vrijednost, ali su nužne. Operacije koje ne dodaju vrijednost i nisu nužne već su izbačene iz procesa krojenja. Također, u ovom poduzeću postoji samo jedna krojačica te je nemoguće napraviti preraspodjelu zadataka vezano za fazu krojenja. Duljine trajanja ostalih operacija na kritičnom putu prikazane su na slici ispod [Slika 23].



Slika 23. Analiza vremena na kritičnom putu

Jasno je vidljivo da su operacije 24, 42, 46, 50 i 59 znatno dulje od ostalih na kritičnom putu. To ih čini „uskim grlima“ proizvodnje. Također, operacije 24, 49, 55 i 59 imaju široko rasipanje što označava nekonzistentnost u izvođenju operacije. U fazi mjerenja naznačeno je

da je najčešća greška, odnosno nesukladnost u proizvodnji upravo prestanak rada stroja zbog ispadanja ili pucanja konca. Takav prestanak rada uvelike povećava vrijeme trajanja operacija i smanjuje produktivnost. Taj problem potrebno je pobliže razložiti uporabom Ishikawa dijagrama koji je prikazan na slici ispod [Slika 24].



Slika 24. Ishikawa dijagram za problem ispadanja i pucanja konca

Izradom Ishikawa dijagrama (4M tip) uzroke problema prepoznajemo u ljudima, metodama, strojevima i materijalu. Svaki od uzročnika dublje se razrađuje kako bi se došlo do korijena problema. U ovome dijagramu pokazani su neki od mogućih uzroka problema ispadanja ili pucanja konca prilikom rada stroja. U ovakvim situacijama vrlo je važno ostvariti dobru komunikaciju sa zaposlenicima jer oni u sebi često kriju ogromno znanje o procesu, a time i uzrocima nekih čestih grešaka. Neke od zaposlenica promatrane tvrtke već više desetaka godina rade na istim ili sličnim odijelima i znaju mnogo o materijalima, tehnikama i strojevima koji se koriste. Zaposlenice za učestalo pucanje konca krive upravo loš izbor tekstila ili loš izbor konca. Radeći s kvalitetnijim tkaninama uvidjele su da ne dolazi tako često do pucanja konca, osim u slučaju pregrijavanja stroja koje se događa zbog predugog rada samog stroja. Može se zaključiti da je najčešći uzrok problema pucanja konca prilikom rada stroja loš izbor tkanine, loš izbor konca, predug rad stroja ili kombinacija ovih faktora. Kako bi se ovaj problem izbjegao, treba se okrenuti poboljšanjima na samim strojevima, odabirom kvalitetnijeg materijala ili prilagođavanjem načina rukovanja opremom.

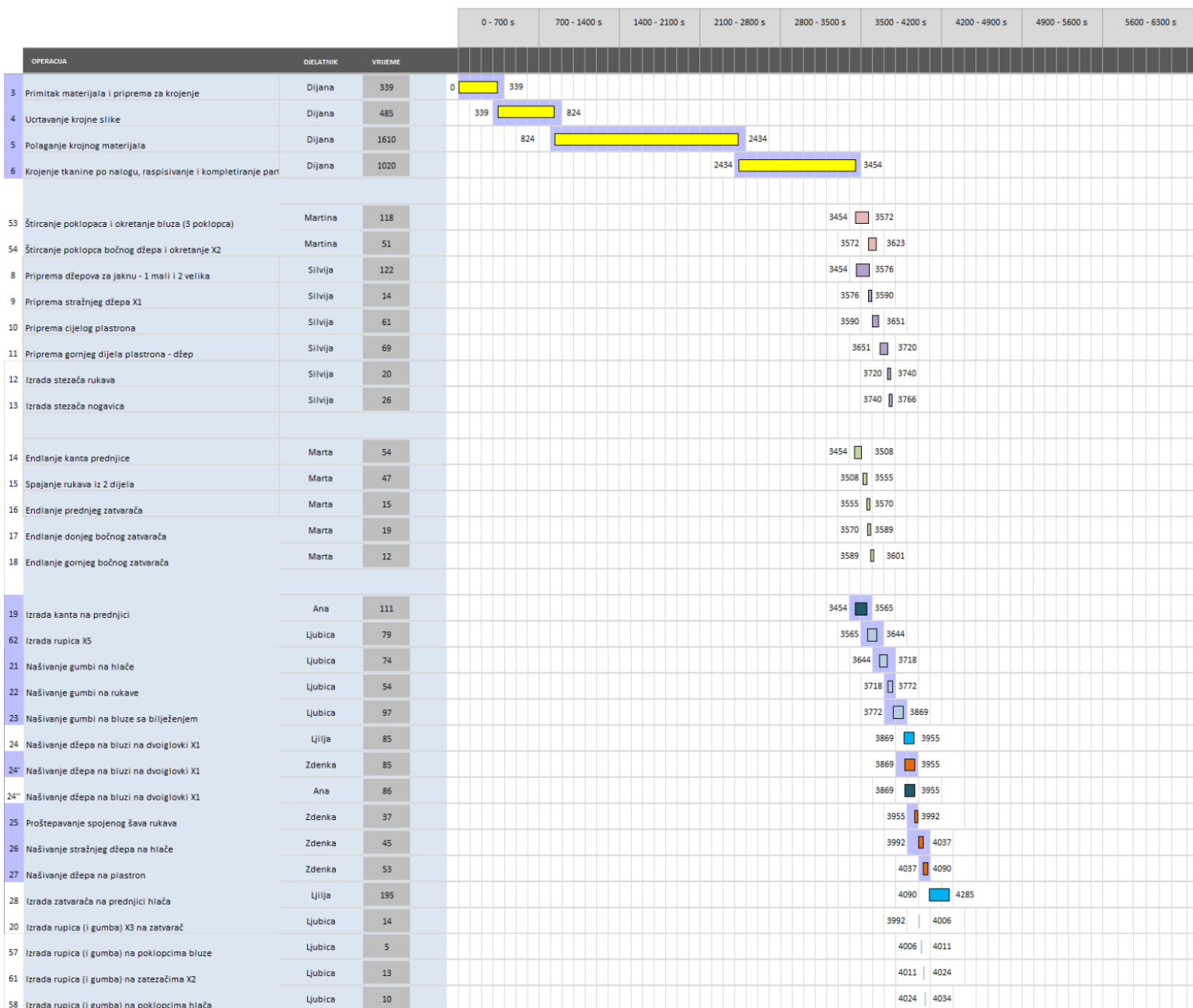
4.4. Improve – faza poboljšavanja

U fazi poboljšavanja fokus je na „uskim grlima“ na kritičnom putu. Ako se te operacije uspiju vremenski smanjiti, može se doći do ciljeva ovog projekta. Fokus je i na najčešćim greškama u proizvodnji kao što je pucanje konca.

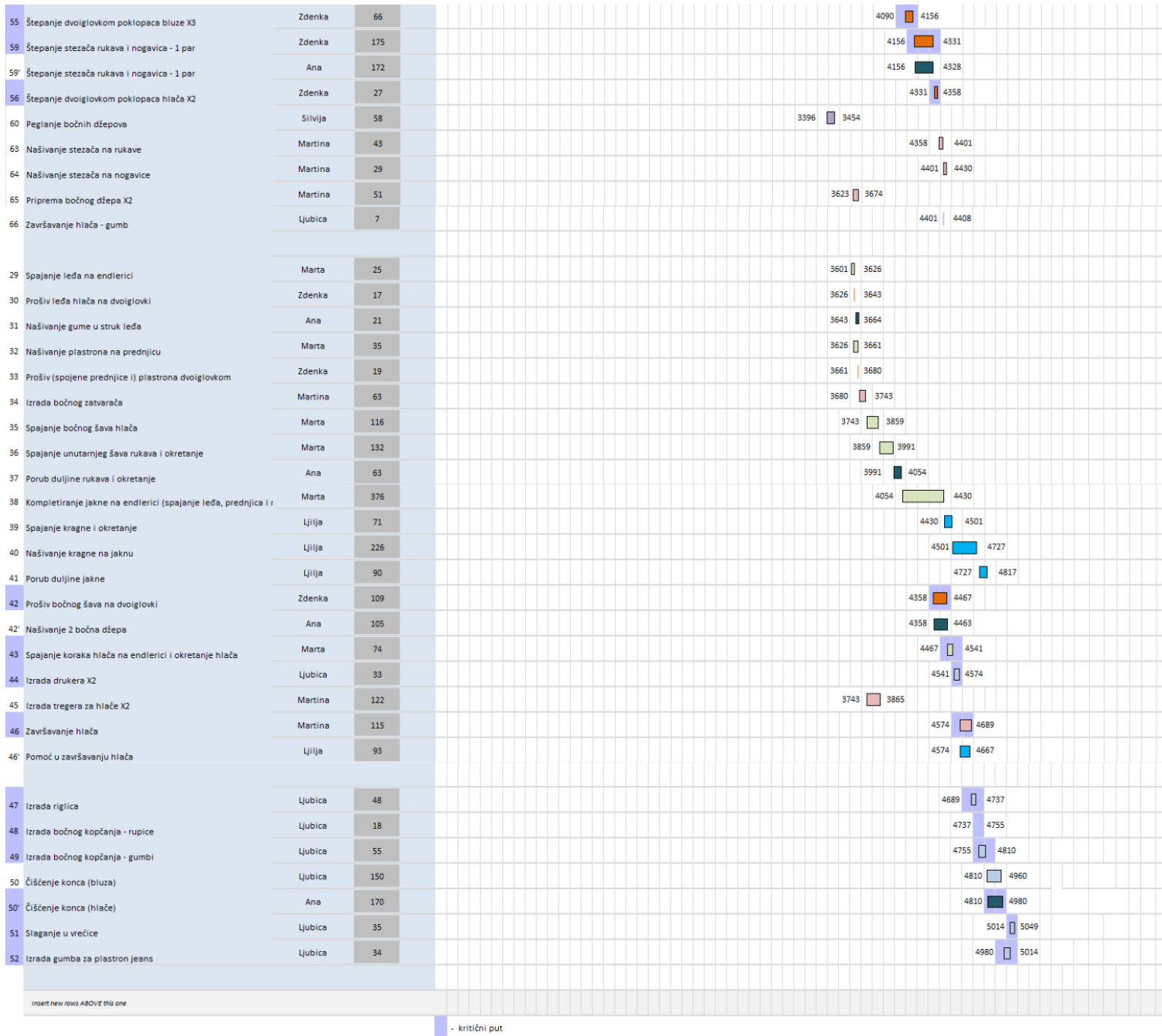
Već smo iz prethodne faze prepoznali uska grla u operacijama 24, 42, 46, 50 i 59. Te operacije potrebno je na neki način promijeniti kako bi se smanjilo vrijeme njihovog izvođenja i povećala produktivnost proizvodnje. Već smo prije uvidjeli nesrazmjer u opterećenju zaposlenica. Neke rade nekoliko puta manje od drugih pa se preraspodjela rada pokazuje kao logično rješenje. Operacija 24 je našivanje džepa na bluzi dvoiglovki X3. Ovu operaciju možemo podijeliti na tri zaposlenice koje će u isto vrijeme našivati džep svaka na svoju pripadajuću bluzu. Operacija 42 je prošiv bočnog šava na dvoiglovki i našivanje dva bočna džepa. Nju ćemo podijeliti između dvije radnice gdje će jedna raditi prošiv bočnog šava, a druga našivati dva bočna džepa. Operacija 46 je završavanje hlača. U toj operaciji moguće je da dvije zaposlenice rade u isto vrijeme, odnosno da jedna pomaže drugoj koja vodi operaciju. Poboljšanje je upravo tako i zamišljeno, da dvije zaposlenice obavljaju ovu operaciju. Slijedi operacija 50 u kojoj se čisti konac na bluzi i hlačama. Ovdje dvije radnice odjednom mogu čistiti konac. Jedna to može obavljati na hlačama, a druga na bluzi. Posljednja je operacija 59, odnosno štepanje stezača rukava i nogavica – dva para. Ova operacija izvediva je na način da jedna zaposlenica proštepava jedan par, a druga drugi. To smanjuje vrijeme potrebno za obavljanje operacije. Novo stanje se mjeri na isti način kao i staro, tj. svaka nova operacija izmjeri se pet puta te se uzme prosjek tih brojeva koji predstavlja vrijeme potrebno da se ta operacija izvrši. Gantogram s poboljšanim vremenima prikazan je na slikama ispod [Slika 25 i Slika 26]. Iz slike je vidljivo da je sada vrijeme ciklusa jednako 5049 sekundi. To je malo manje od 85 minuta. Postavljanje procesa na ovaj način očigledno je ispunilo cilj projekta koji je bio da se vrijeme ciklusa smanji ispod 90 minuta. Preraspodjela rada pomaže u ostvarivanju bolje produktivnosti vremena ciklusa.

TŽV Gredelj - farmer sa poklopcima i gumbima

PRO-PROM ZAGREB d.o.o.

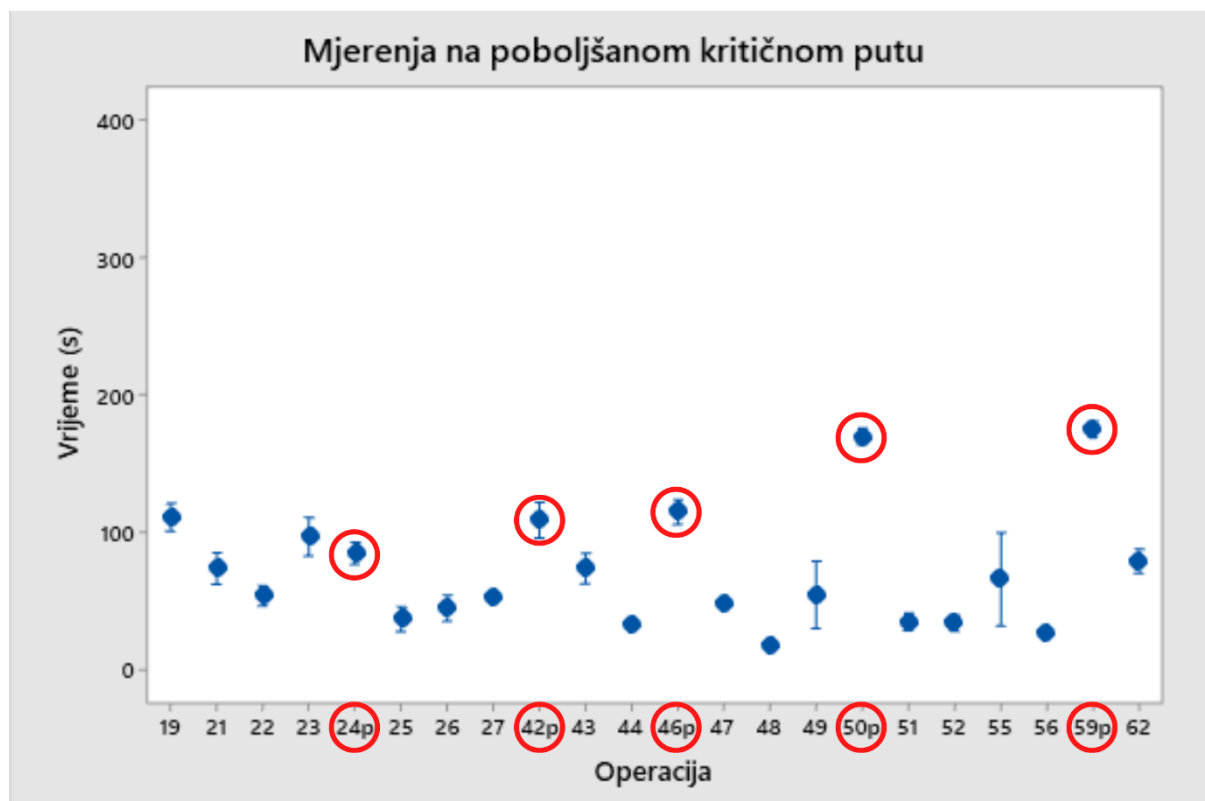


Slika 25. Gantogram poboljšanog procesa izrade zaštitnog odijela – prvi dio



Slika 26. Gantogram poboljšanog procesa izrade zaštitnog odijela – drugi dio

Valja primijetiti da se smanjio kritični put. Analiza vremena na novom kritičnom putu prikazana je na slici ispod [Slika 27]. Jasno je vidljivo da su operacije koje su zamijenile stare operacije na kritičnom putu sada puno kraće te imaju manje rasipanje. To se događa zato što su dugi i teški zadaci podijeljeni na više lakših i kraćih.



Slika 27. Analiza vremena na poboljšanom kritičnom putu

Ovakvom raspodjelom rada značajno se promijenila i opterećenost zaposlenica u procesu izrade odijela. To je prikazano na slici ispod [Slika 28]. Sada je vidljivo kako je vrijeme rada ravnomjernije raspoređeno među djelatnicama.

PRIJE PRERASPODJELE ZADATAKA		POSLIJE PRERASPODJELE ZADATAKA	
Opterećenost (s):		Opterećenost (s):	
682	Martina	694	Martina
370	Silvija	746	Silvija
905	Marta	529	Marta
195	Ana	623	Ana
896	Ljubica	726	Ljubica
1081	Zdenka	633	Zdenka
582	Ljilja	760	Ljilja

Slika 28. Opterećenost djelatnica prije i poslije preraspodjele zadataka

Kako bi se riješio problem učestalog pucanja konca na stroju, treba naći uzrok problema. U prošloj fazi, zaposlenice su prepoznale uzrok u odabiru konca i tekstila te zagrijavanju stroja. Najjednostavnije rješenje bi bilo odabrati tip konca i tekstila veće kvalitete i bolje izdržljivosti kako ne bi došlo do pucanja. To se, naravno, mora napraviti u dogovoru s krajnjim kupcem koji odlučuje o izboru materijala. Ako serija nije prevelika, trošak se ne povećava previše, ali kvaliteta znatno raste. Prijedlog rješenja je upoznati kupca s vrstom materijala i predložiti mu onu koja ne rezultira pucanjem konca u proizvodnom procesu.

Zagrijavanje stroja također utječe na pucanje konca. Uzrok pucanja konca prepoznat je za vrijeme zagrijavanja vanjskog dijela stroja koji je u kontaktu s tekstilom i koncem. Ukoliko bi se stroj hladio lokalno samo na onom dijelu koji je kritičan za pucanje konca, problem bi se mogao jednostavno riješiti. Za hlađenje je dovoljan stolni ventilator niske cijene koji može hladiti dio stroja koji se zagrijava. To je jedno od rješenja, dok je drugo moguće rješenje pretvaranje stanke u trajanju od 40 minuta na dvije stanke od 20 minuta. Tako bi stroj manje vremena radio bez prekida te se time i manje zagrijavao. Kako bi se dobio veći efekt moguća je i kombinacija oba spomenuta rješenja.

Također, u prilogu II. je vidljiva simulacija vremena trajanja poboljšanih operacija i poboljšanog kritičnog puta proizvodnog procesa. Nakon 1500 iteracija, dobivaju se podaci o predviđenim trajanjima novih operacija, ali i novog kritičnog puta (bez krojenja). Ovo pomaže u procesu planiranja proizvodnje kako bi se saznalo koliko je najmanje, odnosno najviše vremena potrebno za ispunjenje narudžbe kupca. Svi podaci prikazani su u sekundama.

4.5. Control – faza upravljanja i kontrole

Kako ne bi došlo do povratka na staro stanje, potrebno je kontrolirati i održavati poboljšano stanje u proizvodnji. Također, stalno je potrebno tražiti nova poboljšanja da bi se proizvodnja razvijala i postajala produktivnijom.

Dokumentacija ovoga projekta je predana voditeljici proizvodnje. Tvrtka sada napokon ima na raspolaganju objektivne podatke iz proizvodnje. Zadatak voditeljice proizvodnje je uvidjeti promjene koje su proizašle iz preraspodjele rada i na taj način dodijeliti zadatke zaposlenicima. Također, zato što poznaje procese, treba standardizirati rad, tj. objasniti svakoj zaposlenici način na koji se njezin zadatak obavlja. Standardizacija treba biti popraćena slikama (realnim ili skicama) kako bi zaposlenice lakše shvatile zamisao voditeljice. Opis zadataka treba biti dostupan svakoj zaposlenici u bilo kojem trenutku.

Uvođenje stolnih ventilatora zadatak je sektora prodaje koji ih treba nabaviti. Nakon nabave i postavljanja u proizvodnju, svaka zaposlenica ima zadatak brinuti o ventilatoru na njezinoj radnoj jedinici. Moguće kvarove trebaju prijaviti voditeljici proizvodnje koja će, u razgovoru s prodajnim sektorom, poduzeti sljedeće korake. Dijeljenje stanke je moguće, ali će se osigurati probni period od mjesec dana da se utvrdi djelotvornost i navikavanje zaposlenica na takav način rada. Nabava druge vrste konca i tekstila je zadatak prodajnog sektora koji je dužan kupca upoznati s kvalitetom pojedinih materijala. Odabir materijala tiče se i proizvodnje, pa će se provoditi u konzultacijama s voditeljicom proizvodnje.

Tvrtka treba uvesti kratke Kaizen radionice na kraju svakog tjedna gdje će voditeljica proizvodnje raspravljati sa zaposlenicima o mogućnosti poboljšanja proizvodnog procesa. Organizacija radionica je zadatak voditeljice proizvodnje. Na radionicama svi imaju pravo glasa, a poboljšanja je moguće predložiti i anonimno na način da se zapišu na papir i stave u kutiju koja je otvorena tijekom radnog vremena. Na Kaizen sastancima čitaju se prijedlozi iz kutije.

Plan proizvodnje treba odgovarati izmjerenim vremenima nakon poboljšanja. Upotrebom tih podataka može se približno izračunati vrijeme potrebno za ispunjenje zahtjeva kupca. Ukoliko procjena vremena rada značajno odskače od realnog stanja, potrebno je ponovno provesti detaljno mjerenje operacija u procesu i tako prepoznati potencijalne probleme.

5. ZAKLJUČAK

Implementacija LSS metodologije pokazala se izvanrednom u uvođenju poboljšanja u raznim proizvodnim procesima diljem svijeta. Spoj Leana i Six Sigme podigao je granicu produktivnosti i pokazao se nezaobilaznom filozofijom kod poduzeća koje streme izvrsnosti i žele ostati konkurentna. PRO-PROM Zagreb tvrtka je koja se bavi proizvodnjom zaštitne opreme, a unaprjeđenje proizvodnje jedan joj je od strateških ciljeva. DMAIC pristup poboljšanjima u proizvodnji nudi širok spektar alata i metoda koji se mogu upotrijebiti kako bi se povećala produktivnost.

Tvrtku PRO-PROM Zagreb mučio je problem nepostojanja objektivnih podataka o proizvodnom procesu izrade zaštitnih odijela. Također, trošak vlastite proizvodnje nerijetko je bio veći od troška izrade proizvoda kod kooperanata. Kako bi proizvodnja tvrtke ostala profitabilna i konkurentna, proces izrade odijela trebalo je kvantificirati i smanjiti na način da je vrijeme ciklusa manje od 90 minuta. Prije primjene DMAIC pristupa vrijeme ciklusa bilo je nešto više od 95 minuta. Upotrebom alata i metoda LSS filozofije, cjelokupni proces se kvantificirao i tvrtka je dobila objektivne podatke o svih 66 operacija koje su dio procesa izrade zaštitnog odijela. Upotrebom SIPOC mape, gantograma, mape toka materijala, statističke analize i Ishikawa dijagrama, proces je u potpunosti opisan i određen. Primjenom DMAIC pristupa i prolaskom kroz svaku od pet faza, proces izrade zaštitnih odijela poboljšan je te je vrijeme ciklusa nakon uvedenih poboljšanja kraće od 85 minuta. To je ogromno poboljšanje koje uvelike povećava produktivnost poduzeća i ponovno čini njegovu proizvodnju konkurentnom na tržištu. Neka od poboljšanja koja su pomogla smanjiti vrijeme ciklusa i povećati produktivnost su preraspodjela opterećenosti operatera, uvođenje sustava lokalnog hlađenja stroja, upotreba kvalitetnijih materijala u izradi odijela, raščlanjivanje duljih operacija i drukčiji raspored stanki zaposlenica.

Iz ovog projekta se može zaključiti kako su naizgled mala poboljšanja u proizvodnji od velikog značaja te donose veliku korist poduzeću koje ih zna implementirati. Univerzalnost LSS principa još se jednom dokazala u procesu proizvodnje zaštitnih odijela. Implementirane promjene i dalje treba nadzirati i kontrolirati kako se proizvodnja ne bi vratila na staro stanje.

LITERATURA

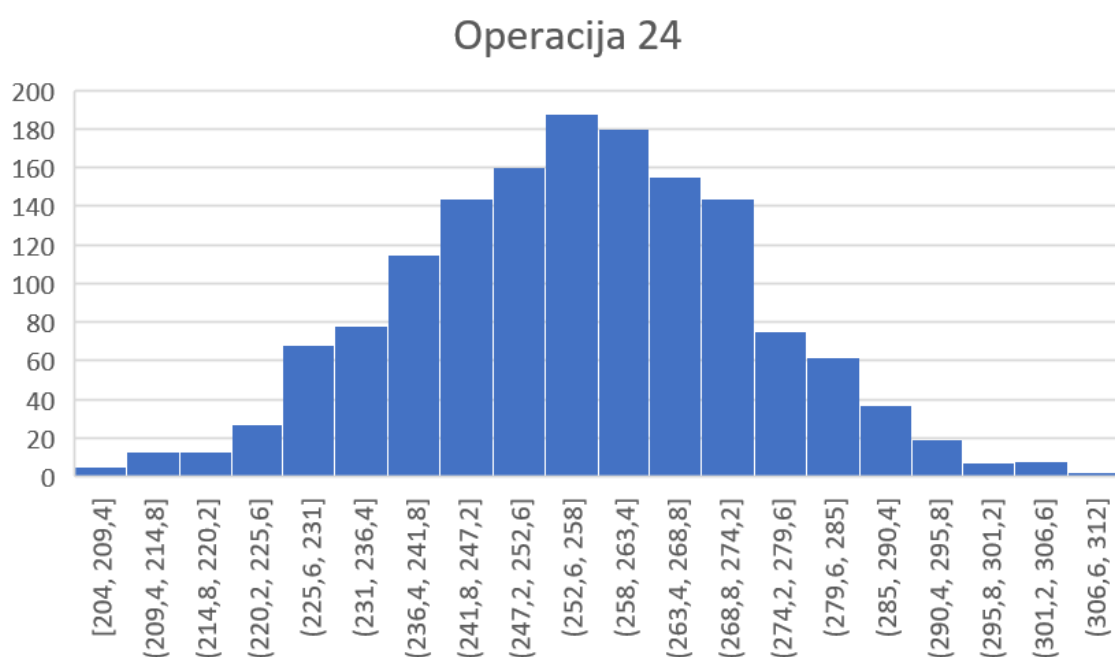
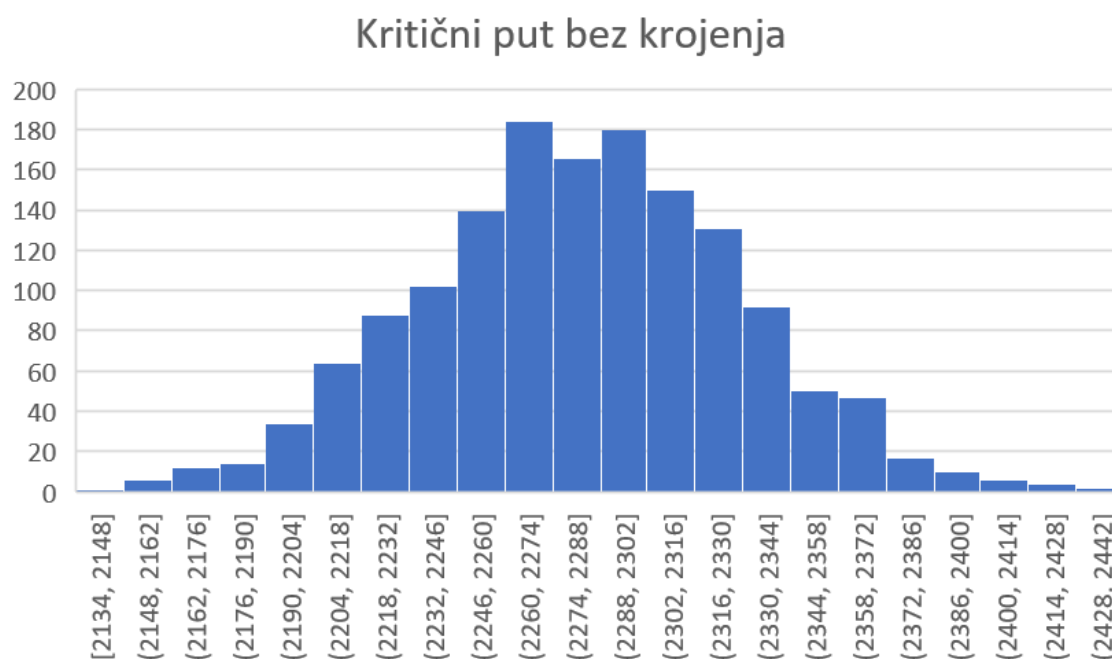
- [1] Shaturaev, J., Bekimbetova, G.: Transformation of business efficiency with the lean management, German International Journal of Modern Science (2021), 71-73.
- [2] Bokhorst, J., Knol, W., Slomp, J., Bortolotti, T.: Assessing to what extent smart manufacturing builds on lean principles, International Journal of Production Economics (2022)
- [3] Kilpatrick, J.: Lean principles, Utah Manufacturing Extension Partnership (2003)
- [4] Kumar, M., Antony, J., Madu, C., Montgomery, D., Park, S.: Common myths of Six Sigma demystified, International Journal of Quality & Reliability Management (2008), 878-895.
- [5] Krishnan, B., Prasath, K.: Six Sigma concept and DMAIC implementation, IJBMR (2013), 111-114.
- [6] Uluskan, M.: A comprehensive insight into the Six Sigma DMAIC toolbox, International Journal of Lean Six Sigma (2016)
- [7] Snee, R.: Lean Six Sigma – getting better all the time, International Journal of Lean Six Sigma (2010), 9-29.
- [8] Patel, A., Patel, K.: Critical review of literature on Lean Six Sigma methodology, International Journal of Lean Six Sigma (2021), 627-674.
- [9] Pepper, M., Spedding, T.: The evolution of lean Six Sigma, International Journal of Quality & Reliability Management (2010), 138-155.
- [10] Erdil, N., Arani, O.: Embedding sustainability in lean six sigma efforts, Journal of Cleaner Production (2018), 520-529.
- [11] Mast, J., Lokkerbol, J.: An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving, International Journal of Production Economics (2012), 604-614.
- [12] Alexander, P., Antony, J., Rodgers, B.: Lean Six Sigma for small-and medium-sized manufacturing enterprises: a systematic review, International Journal of Quality & Reliability Management (2019)
- [13] Singh, M., Rathi, R.: A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors, International Journal of Lean Six Sigma (2018), 622-644.

-
- [14] Costa, L., Filho, M., Fredendall, L., Paredes, F.: Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review, *Trends in Food Science & Technology* (2018), 122-133.
- [15] Persis, D., Anjali, S., Sunder, V., Rejikumar, G., Sreedharan, V., Saikouk, T.: Improving patient care at a multi-speciality hospital using lean six sigma, *Production Planning & Control* (2020), 1-19.
- [16] Byrne, B., McDermott, O., Noonan, J.: Applying lean six sigma methodology to a pharmaceutical manufacturing facility: A case study, *MDPI* (2021)
- [17] Cournoyer, M., Nobile, A., Williams, G., Monsalve-Jones, R., Renner, C., George, G.: Application of lean six sigma business practices to an Air Purifying Respirator process, *Journal of Chemical Health & Safety* (2013), 34-39.
- [18] Sheehan, J., Lyons, B., Holt, F.: The use of Lean Methodology to reduce personal protective equipment wastage in children undergoing congenital cardiac surgery, during the COVID-19 pandemic, *Pediatric Anesthesia* (2020), 213-220.
- [19] PRO-PROM Zagreb, <https://proprom-zagreb.com/> (14.11.2022.)
- [20] Tenera, A., Pinto, L.: A Lean Six Sigma (LSS) project management improvement model, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (2014), 912-920.

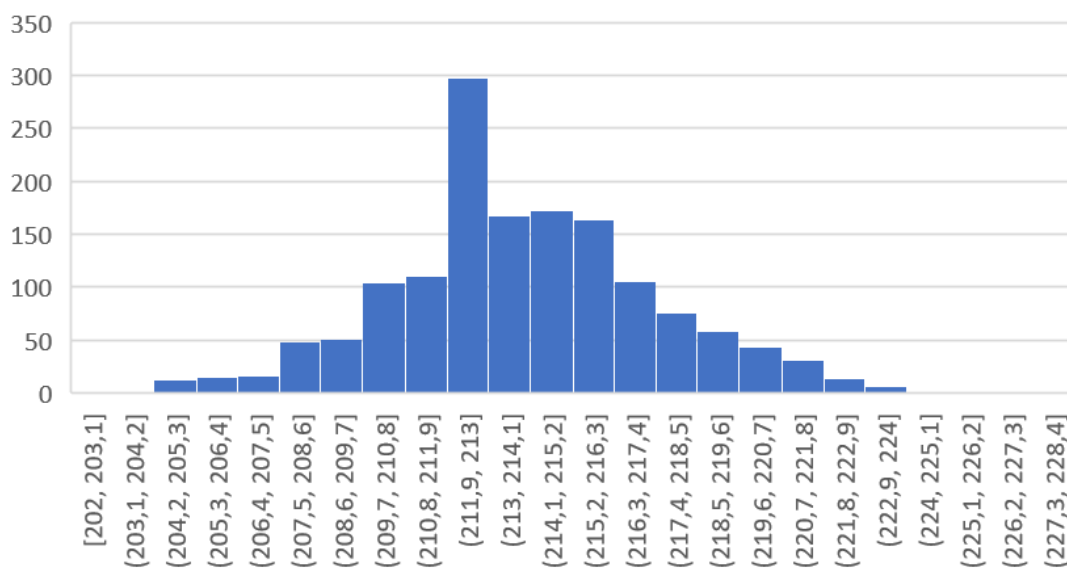
PRILOZI

- I. Simulacija vremena trajanja operacija i kritičnog puta proizvodnog procesa
- II. Simulacija vremena trajanja poboljšanih operacija i poboljšanog kritičnog puta proizvodnog procesa

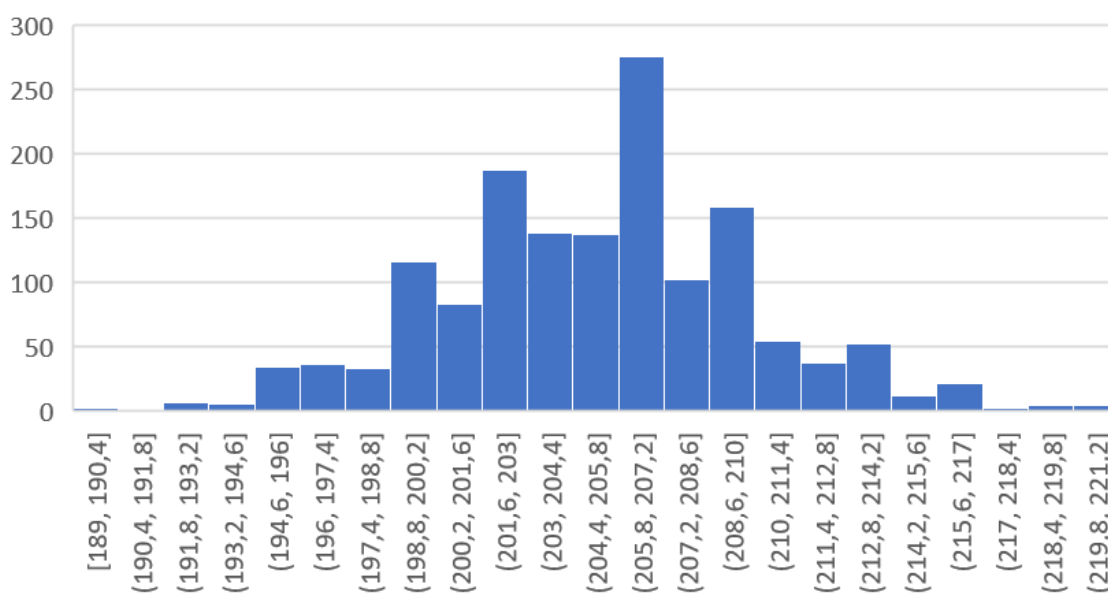
Prilog 1: Simulacija vremena trajanja operacija i kritičnog puta proizvodnog procesa



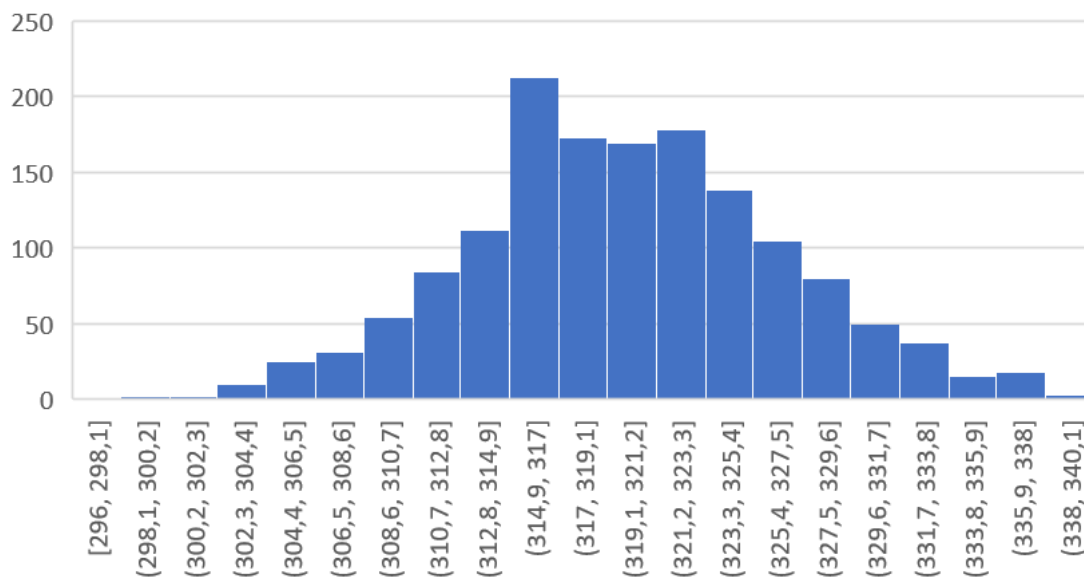
Operacija 42



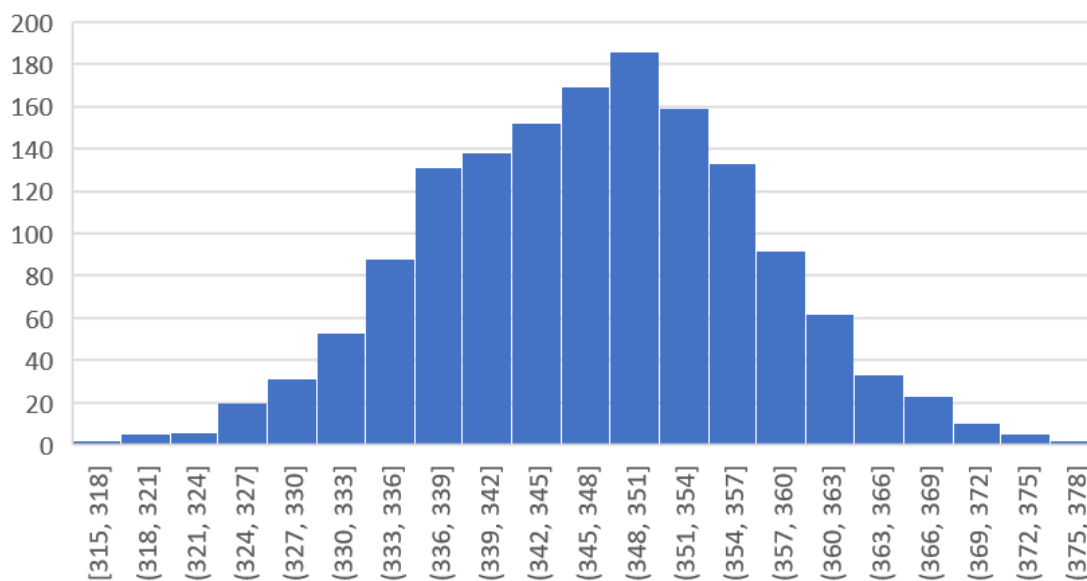
Operacija 46



Operacija 50

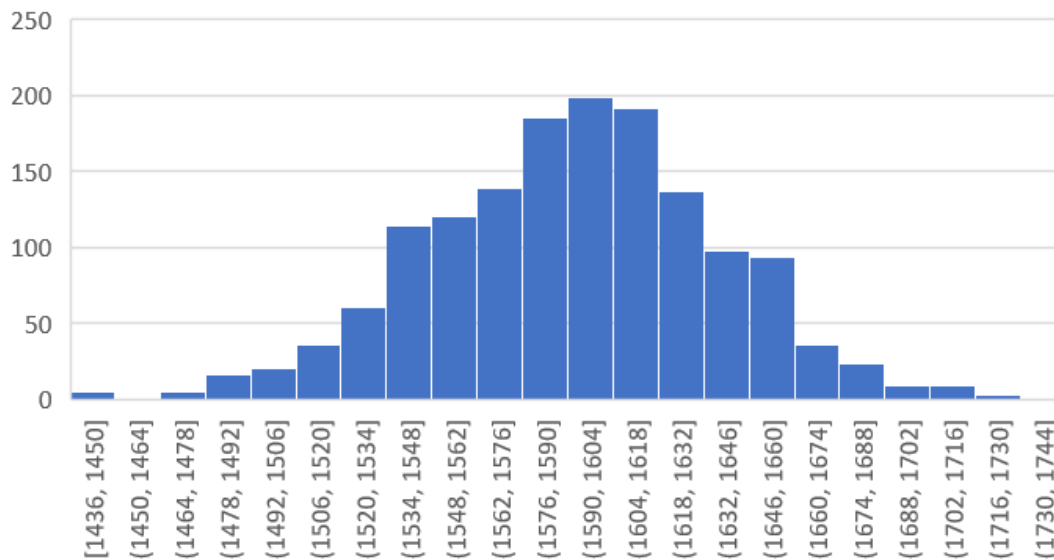


Operacija 59

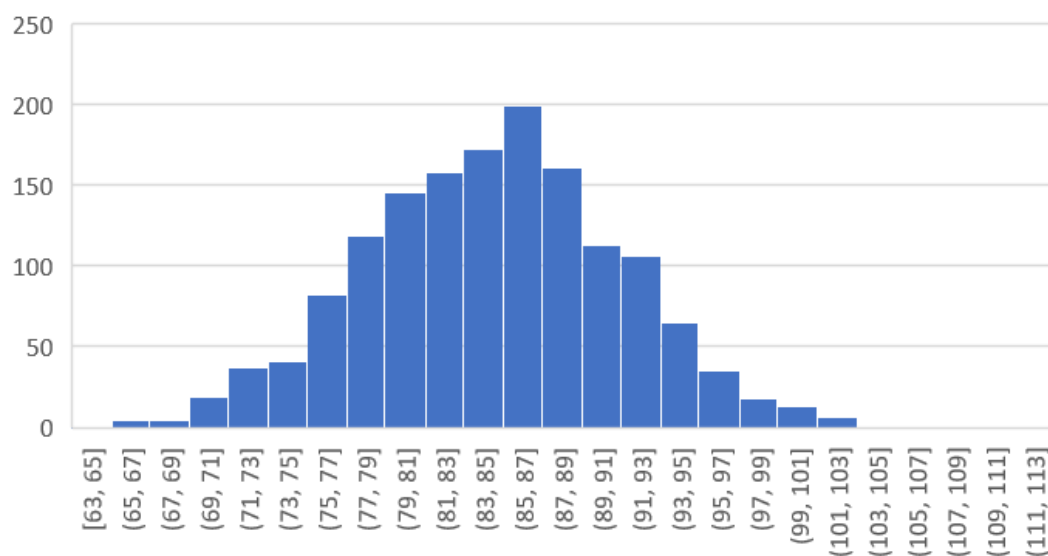


Prilog 2: Simulacija vremena trajanja poboljšanih operacija i poboljšanog kritičnog puta proizvodnog procesa

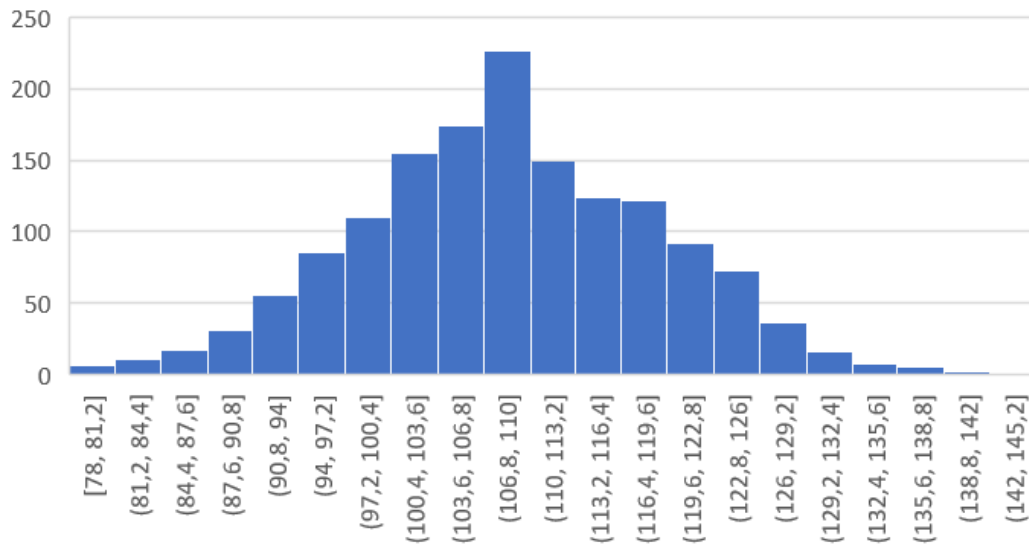
Kritični put bez krojenja (p)



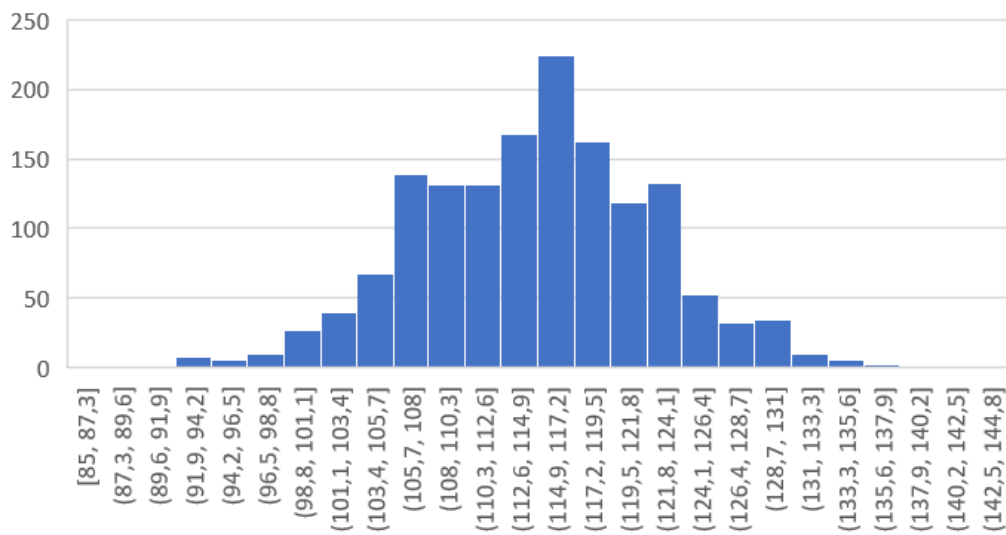
Operacija 24 (p)



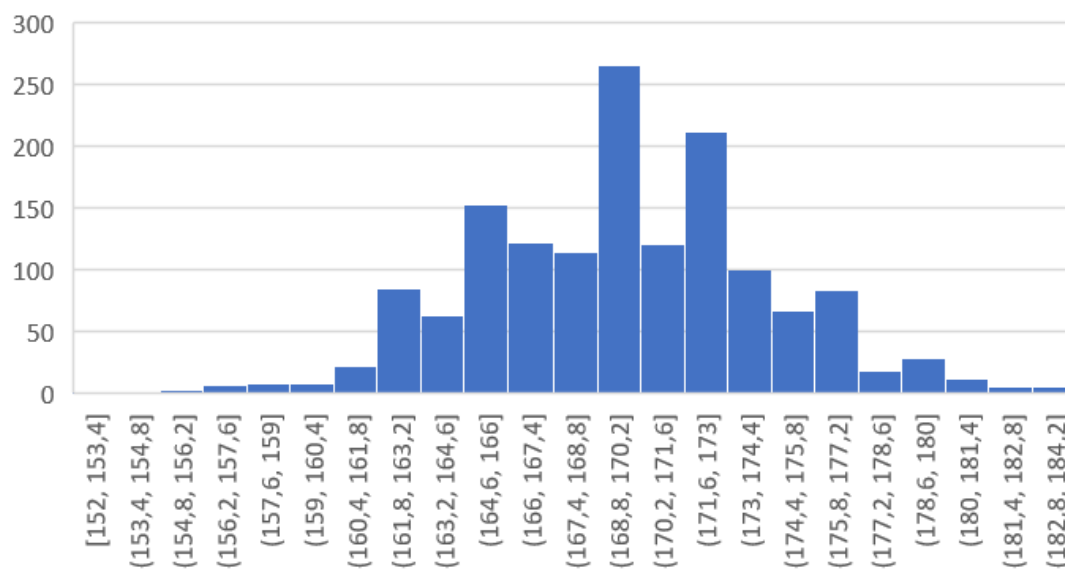
Operacija 42 (p)



Operacija 46 (p)



Operacija 50 (p)



Operacija 59 (p)

