

# Unapređenje proizvodnih procesa

---

**Dorotić, Tino**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:636007>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-05**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Tino Dorotić**

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing.

Student:

Tino Dorotić

Zagreb, 2019.

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

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću na ukazanom povjerenju, te pruženoj podršci i pomoći tokom izrade završnog rada. Zahvaljujem se i zaposlenicima poduzeća Feroimpex koji su svojim doprinosom obogatili ovaj diplomski rad.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji na kompletnoj potpori pruženoj prilikom studiranja, koja je značajno olakšala ostvarivanje cilja.

Tino Dorotić



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<br>Fakultet strojarstva i brodogradnje |         |
| Datum:   | Prilog: |
| Klasa:   |         |
| Ur. broj:  |         |

### DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **TINO DOROTIĆ** Mat. br.: **0035191743**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **UNAPREĐENJE PROIZVODNIH PROCESA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **IMPROVEMENT OF PRODUCTION PROCESSES**

Opis zadatka:

Procesno upravljanje proizvodnjom jedan je od najboljih menadžerskih pristupa organizaciji proizvodnje i vođenju proizvodnih procesa. U Industrijskom inženjerstvu prisutan je veliki broj koncepata, modela i metodologija poput Lean menadžmenta, Six sigma, Reinženjering poslovnih procesa, Totalno upravljanje kvalitetom, Industrija 4.0 i druge. Navedeni koncepti zasnivaju se na optimizaciji korištenja najvažnijih resursa proizvodnje: materijal, energija, ljudski rad, financijski resursi, informacije. Jedan od najvažnijih pokazatelja uspješnosti primjene optimizacije proizvodnih procesa je produktivnost.

U radu je potrebno:

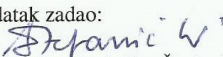
- sistematizirati i opisati koncepte i metodologije Industrijskog inženjerstva
- detaljno opisati procesni pristup proizvodnje te pokazatelje uspješnosti
- razviti cjeloviti pristup unapređenju proizvodnih procesa koje će se zasnivati na najmanje tri alata i metodi Industrijskog inženjerstva (npr. 5S, Mapiranje procesa, Kaizen, Standardizacija, DMAIC...)
- na realnom primjeru iz prakse primijeniti razvijeni cjeloviti pristup te kvantificirati postignute rezultate
- razviti programsku podršku i primijeniti je na realnom primjeru iz prakse

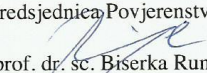
U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:  
15. studenog 2018.

Rok predaje rada:  
17. siječnja 2019.

Predviđeni datum obrane:  
23. siječnja 2019.  
24. siječnja 2019.  
25. siječnja 2019.

Zadatak zadao:  
  
prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednica Povjerenstva:  
  
prof. dr. sc. Biserka Runje

## Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD.....  | 1  |
| 2. INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO .....                        | 3  |
| 2.1. Prva industrijska revolucija.....                    | 3  |
| 2.2. Druga industrijska revolucija .....                  | 4  |
| 2.3. Treća industrijska revolucija .....                  | 5  |
| 2.4. Četvrta industrijska revolucija .....                | 6  |
| 3. METODE INDUSTRIJSKOG INŽENJERSTVA .....                | 8  |
| 3.1. Linearno programiranje.....                          | 8  |
| 3.2. Nelinearno programiranje .....                       | 9  |
| 3.3. Heurističko programiranje.....                       | 10 |
| 3.3.1. Metoda Monte Carlo .....                           | 10 |
| 3.4. Dinamičko programiranje [15].....                    | 11 |
| 3.5. Tehnike mrežnog planiranja.....                      | 11 |
| 4. PROCESNI PRISTUP I LEAN MENADŽMENT .....               | 13 |
| 4.1. Lean menadžment .....                                | 15 |
| 4.2. Vrste gubitaka .....                                 | 19 |
| 4.3. 5S .....   | 20 |
| 4.3.1. Sortiranje .....                                   | 21 |
| 4.3.2. Red .....  | 22 |
| 4.3.3. Čišćenje .....                                     | 22 |
| 4.3.4. Standardizacija .....                              | 23 |
| 4.3.5. Samodisciplina .....                               | 23 |
| 4.4. JIT ( Just – in – time ) .....                       | 24 |
| 4.5. Ključni pokazatelji uspješnosti.....                 | 26 |
| 4.6. Kaizen.....  | 27 |
| 4.6.1. PDCA .....   | 28 |
| 4.6.2. 5 x Zašto .....                                    | 30 |
| 4.7. Šest sigma ( eng. Six sigma ) .....                  | 32 |
| 4.7.1. DMAIC.....   | 34 |
| 4.7.2. DMADV.....   | 36 |
| 4.8. Kanban .....   | 37 |
| 4.9. SMED.....  | 38 |
| 5. PRIMJENA CJELOVITOG PRISTUPA NA REALNOM PRIMJERU ..... | 41 |
| 5.1. O poduzeću.....                                      | 41 |
| 5.2. Cjeloviti pristup.....                               | 43 |
| 5.2.1. Korak 1 .....                                      | 45 |
| 5.2.2. Korak 2.....                                       | 47 |
| 5.2.3. Korak 3.....                                       | 51 |
| 5.2.4. Korak 4.....                                       | 52 |
| 5.2.5. Korak 5.....                                       | 52 |
| 5.2.6. Korak 6.....                                       | 53 |
| 5.2.7. Korak 7.....                                       | 55 |
| 5.2.8. Korak 8.....                                       | 55 |
| 5.2.9. Rezultati .....                                    | 59 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 6. Zaključak .....  | 62 |
| 7. LITERATURA ..... | 63 |

## POPIS SLIKA

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Slika 1.  | Industrija 4.0 [7] .....                                | 6  |
| Slika 2.  | Industrijske revolucije [8] .....                       | 7  |
| Slika 3.  | Praktična primjena nelinearnog programiranja [11] ..... | 9  |
| Slika 4.  | Primjer Gantograma [17].....                            | 12 |
| Slika 5.  | Funkcijski i procesni pristup [18].....                 | 13 |
| Slika 6.  | Lean razmišljanje [19].....                             | 16 |
| Slika 7.  | Automobilska industrija u Japanu i SAD-u [20] .....     | 17 |
| Slika 8.  | Usporedba vremena [20] .....                            | 18 |
| Slika 9.  | 5S [36] .....   | 20 |
| Slika 10. | Primjer crvene oznake[21] .....                         | 21 |
| Slika 11. | Just - in – time [22].....                              | 24 |
| Slika 12. | PDCA metoda [28].....                                   | 29 |
| Slika 13. | 5 x Zašto [30] .....                                    | 30 |
| Slika 14. | Lean Six Sigma [32].....                                | 32 |
| Slika 15. | DMAIC [34].....   | 34 |
| Slika 16. | DMADV [35] .....  | 36 |
| Slika 17. | Kanban [19] .....                                       | 37 |
| Slika 18. | SMED [24] .....   | 38 |
| Slika 19. | Feroimpex [38].....                                     | 41 |
| Slika 20. | Prsten i valjak .....                                   | 42 |
| Slika 21. | Proizvodi za željezničku industriju .....               | 42 |
| Slika 22. | Cjeloviti pristup.....                                  | 44 |
| Slika 23. | 5S princip .....  | 45 |
| Slika 24. | Tlocrt proizvodne linije .....                          | 46 |
| Slika 25. | Prvotno stanje linije 28 (1) .....                      | 47 |
| Slika 26. | Predmeti označeni crvenim oznakama .....                | 50 |
| Slika 27. | Postavljanje oznaka .....                               | 51 |
| Slika 28. | TIM 1.....  | 56 |
| Slika 29. | TIM 2.....  | 56 |
| Slika 30. | Prijedlozi kaizen radionice .....                       | 57 |
| Slika 31. | Rezultati metode 5S.....                                | 59 |
| Slika 32. | Rezultati metode 5S (1).....                            | 60 |



## **POPIS TABLICA**

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1. Akcijski plan.....             | 49 |
| Tablica 2. SMED tablica .....             | 54 |
| Tablica 3. Broj izrađenih proizvoda ..... | 61 |

## SAŽETAK

U ovom radu biti će opisani koncepti i metodologije industrijskog inženjerstva, te će se prikazati i njegov povijesni razvoj. Također, detaljnije će biti opisan procesni pristup unutar poduzeća i objasniti će se metode i alati koji mogu biti od velike koristi kada ih se implementira unutar neke organizacije. Sve te metode vode se pod metode „lean menadžmenta“, te služe za smanjenje troškova i rasipanja poput nepotrebnih kretanja, broja škart proizvoda i slično. Praktični dio ovog diplomskog rada obavljati će se unutar proizvodnog sustava poduzeća „Feroimpex automobilska tehnika d.o.o.“. Unutar praktičnog dijela koristiti će se neke do metoda objašnjenih u teoretskom dijelu rada. Implementacijom metoda 5S, SMED, kaizen i standardizacije riješiti će se eventualni problemi i greške, te će se poboljšati određeni segmenti unutar proizvodnog pogona. Navedene metode spojiti će se u cjelinu koja će predstavljati cjeloviti pristup namijenjen upravo za navedeno poduzeće, gdje će se i primijeniti. Cjeloviti pristup biti će izrađen na temelju promatrane situacije u proizvodnom sustavu, te će se implementirati na najbolji mogući način kako bi se ostvarili što bolji rezultati.

Ključne riječi: 5S, SMED, kaizen, standardizacija, procesni pristup, cjeloviti pristup, lean menadžment

## **SUMMARY**

This thesis will be describing the concepts and methodologies of industrial engineering and will present the historical development. The approach of processing approach will be explained in more detail and will explain methods and tools that can be of great benefit to the organization. All these methods are considered to be part of “lean management”, which serve to reduce the expenses and waste such as unnecessary moves and number of shreds. The internship will be carried out within the production department in the company called “Feroimpex automobilska tehnika d.o.o.”. Some of the methods explained in the thesis paper will be as well performed. By implementing methods as 5S, SMED, Kaizen and standardization, any problems arose will be solved and certain segments within the manufacturing will be taken towards certain improvements. Before mentioned practices will be merged into a complex that will represent complete approach intended specifically for a certain company to be applied upon. The complete approach will be based on the researched situation in the production line system to be utilized in the best possible way for certain results.

Key words: 5S, SMED, kaizen, standardization, process approach, complete approach, lean management

## 1. UVOD

Gledajući iz raznih perspektiva, ljudi, odnosno čovječanstvo napreduje. Samim time, i želja za daljnjim napredovanjem je potpuno očekivana i opravdana. Jasno je da su, posljedično, i organizacije koje su u rukovodstvu čovjeka, osuđene na razvoj i napredak, ili na propast. Navedeno zvuči prilično surovo i pretjerano, ali globalni ubrzani napredak diktira tempo daljnjeg napredovanja kojemu se treba prikloniti ukoliko se želi ostati „u igri“. Svaki krivi manevar može biti presudan za cijelu organizaciju, ali i svaki pravovremen i kvalitetan manevar može biti ključ za uspjeh velikih razmjera.

Iz navedenih razloga javila se potreba da svaka ozbiljnija organizacija ili sustav ima određeni kadar koji se bavi menadžmentom. Nikako ne obmanjujući vrijednost drugih pozicija unutar organizacije, važno je navesti činjenicu kako se ipak, najčešće, odluke od krucijalnog značaja donose unutar menadžmenta. Kako je već navedeno, odluke mogu biti pogubne ili pak ključ za uspjeh cijele organizacije, pa se samim time moraju ulagati veći naponi kako bi reakcije bile kvalitetne i pravovremene.

Tržište je postalo globalno, što u principu predstavlja veće mogućnosti, ali i veću konkurenciju u poslovanju. Čim postoji konkurencija, automatski se stvara i nadmetanje što posljedično uzrokuje filtraciju onih poduzeća, odnosno organizacija koje nisu konkurentne. Loša konkurentnost je najčešće vezana uz loše poslovanje, u vidu prevelikih operativnih troškova koji opterećuju potencijalni profit i likvidnost. Dakako, problemi se nerijetko javljaju i u vidu lošeg vodstva i pogrešnog planiranja na najvišim razinama u organizaciji, no to sve navedeno najčešće vodi do prevelikog rasipanja sredstava, te se tome treba pridati najveći značaj.

Rasipanja ili gubici pojavljuju se u više oblika, no zajedničko im je to da se svi moraju reducirati na optimalan način. Uvijek će postajati, no raznim alatima moguće ih je smanjiti i treba težiti tome da se taj dio posla obavi na što kvalitetniji način.

Kako napreduje čovjek, tako napreduje industrija, ali i potreba za smanjivanjem rasipanja. Naravno, sve u svrhu kako bi se postigla odgovarajuća konkurentnost i mogućnost kvalitetnog poslovanja uz stvaranje profita. Kontinuirano se razvijaju razne metode i alati kako bi se gubici smanjili, no svi imaju zajednički nazivnik, a to je postizanje vitke proizvodnje, odnosno vitkog poslovanja, što znači poslovanje uz minimalna rasipanja. Većini je navedeno poznatije pod nazivom na engleskom: Lean management, te će se taj izraz češće koristiti.

Lean menadžment koristi se već godinama kao pojam i kao skup alata koji prihvaća i objedinjuje metode koje mogu dovesti do poboljšanja poslovanja, proizvodnje itd. U ovom radu poseban će naglasak biti na lean menadžment, te na alate i metode koje nam daje na raspolaganje. Nadalje, vodeći se alatima industrijskog inženjerstva, razviti će se cjeloviti pristup unapređenja proizvodnog procesa koji će objединiti nekoliko metoda.

Praktični dio diplomskog rada sadržavati će primjenu razvijenog cjelovitog pristupa unapređenja proizvodnog procesa, te će biti primijenjen u poduzeću „Feroimpex automobilska tehnika d.o.o.“. Cilj implementacije spomenutog cjelovitog pristupa biti će postizanje pozitivnih rezultata u vidu veće produktivnosti, kraćeg vremena proizvodnje itd.

## 2. INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO

Industrijsko inženjerstvo profesija je koja je nastala krajem 19. stoljeća, a rast doživljava tijekom 20. stoljeća zahvaljujući raznim potrebama i zahtjevima brojnih sustava, poput proizvodnih i vladinih organizacija. [1]

Jasno je kako je inženjerstvo, tj. razmišljanje na inženjerski način postajalo i prije 19. stoljeća, što dokazuje evolucija čovjeka, ali i povijesne građevine kao primjerice piramide u Egiptu. No, industrijsko inženjerstvo je nadogradnja za koju je, dakako, potrebna industrija i njezin razvoj. Kao prva asocijacija na razvoj industrije zasigurno se pojavljuje pojam industrijske revolucije.

### 2.1. Prva industrijska revolucija

Kako je u Engleskoj, u 18. stoljeću, manufakturna proizvodnja bila jedna od najrazvijenijih na svijetu, pojavila se potreba za izumima koji bi ubrzali proces proizvodnje. Tako je došlo do brojnih izuma među kojima je najpoznatiji onaj iz 1764. godine kojega je usavršio Škot James Watt, često zvanim i začetnikom prve industrijske revolucije. Parni strojevi kao takvi našli su se u primjeni u raznim sferama, a ponajviše u prometu, tvornicama i slično. Kako se način rada olakšao i ubrzao, posljedično je došlo do razvitka brojnih tvornica, povećanja broja zaposlenika u istima itd. [2]

Prva industrijska revolucija u svakom slučaju je dobar temelj za razvitak industrije općenito, ali i industrijskog inženjerstva kao takvog.

Između ostalog, nije slučajno da se, prema nekim izvorima, kao začetak profesije industrijskog inženjerstva navodi upravo prva industrijska revolucija, odnosno sredina 18. stoljeća.

## **2.2. Druga industrijska revolucija**

Potaknute prvom industrijskom revolucijom, migracije ljudi sa sela u gradove nastavljaju se i tokom narednih preko 100 godina. Vođeni voljom za znanjem i napretkom ljudi pokreću kotačić početka druge industrijske revolucije. Otkriće nafte, izum motora na izmjeničnu struju, Ottov i Dieselov motor samo su neki od velikih tehničkih pronalazaka toga vremena. Još jedan od izuma, odnosno velika inovacija toga doba bila je serijska proizvodnja automobila na pokretnoj traci slavnog Henryja Forda. Njegova ideja toliko je velika i važna za povijest industrije, a samim time i za industrijsko inženjerstvo, da se stvorio i pojam fordizam koji predstavlja upravo navedeni način proizvodnje. Jasno je kako se radi o poprilično velikim otkrićima jer se još i danas, nakon oko 150 godina koriste isti, i to u velikim razmjerima. Navedeno je još više potaknulo ljude na napredak pa su iskopani Panamski i Sueski kanal itd. Osim toga, znanost i medicina doživljavaju ogroman napredak. [3]

Nakon svih, za čovječanstvo dobrih događaja, dolaze i oni loši. Radi se, naravno, o 1. i 2. svjetskom ratu. U nekim literaturama se početak 1. svjetskog rata navodi kao kraj druge industrijske revolucije, dok se u nekima ipak navodi 1950. godina, odnosno doba neposredno nakon završetka 2. svjetskog rata. [4]

Razlog tome je što su vojske i razne organizacije i tokom rata nadograđivale postojeće izume, i istraživale dalje ne bi li neugodno iznenadile svoje protivnike. Potpuno je jasno da za ovaj rad nije potrebna točna godina završetka druge industrijske revolucije, te je dovoljno proglasiti ono što je sigurno, a to je da je tokom i nakon velikih svjetskih ratova, bar što se tiče inovacija u industriji, bilo zatišje.

### **2.3. Treća industrijska revolucija**

Prva i druga industrijska revolucija napravile su veliki dio posla i postavile ogromne temelje da se započeto nastavi u pravom smjeru.

Treća industrijska revolucija, poznata i pod nazivom digitalna revolucija, započinje oko 1980. godine. Glavne karakteristike ovoga doba su masovna proizvodnja, i korištenje raznih uređaja poput mobitela, kompjutera i slično. Zanimljiv je podatak da je 1990. godine tek 0,25% svjetskog stanovništva koristilo mobitel, dok je 2010. godine ta brojka porasla na oko 67%. [5]

1992.-e godine World Wide Web je pušten u javnu upotrebu. Jasno je o koliko velikoj stvari se radi, pošto je taj isti „WWW“ danas jedan od svakodnevno spominjanih pojmova. Veliki je naglasak upravo na komunikaciji koja se ispostavlja kao vrlo važna kako u industriji, tako i u privatnim životima ljudi. [5]

Kako su prva i druga industrijska revolucija međusobno povezane sa industrijske strane, tako se na treću industrijsku revoluciju nadovezuje četvrta, tj. industrija 4.0, sa digitalnog aspekta.



## 2.4. Četvrta industrijska revolucija

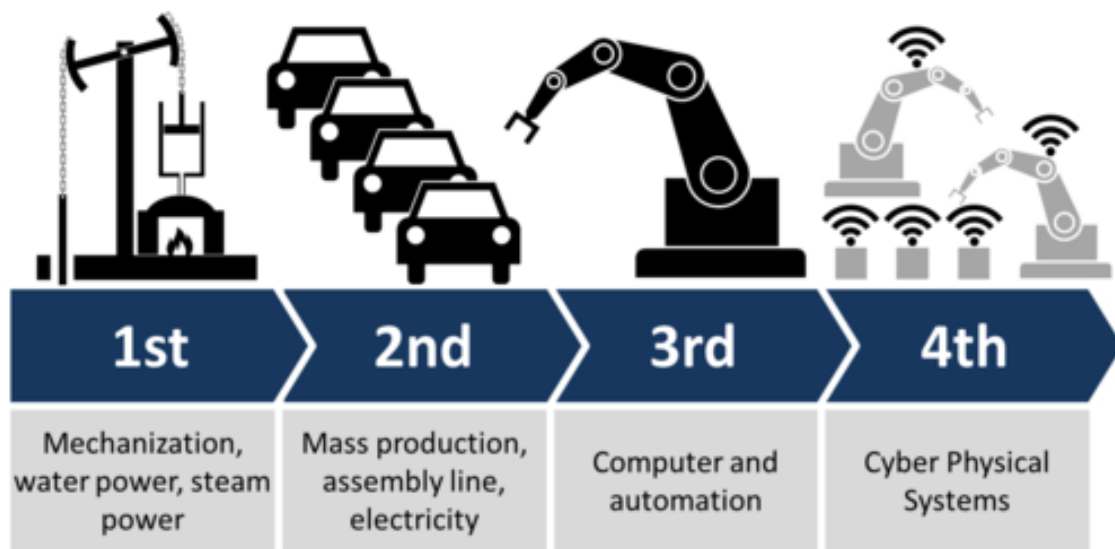
Četvrta industrijska revolucija, odnosno Industrija 4.0 kako se često naziva u literaturama, prvi puta je kao pojam predstavljena 2011. godine na izložbi industrijske tehnologije „Hannover Messe“. Glavni cilj Industrije 4.0 je povezivanje, odnosno komunikacija između strojeva, ljudi, kompjutera, poslovnih sustava itd. Veliki je naglasak na pojam digitalizacije, što je logičan slijed razmišljanja u vidu nadogradnje na rezultate treće industrijske revolucije. U praksi to označava smanjenje papirologije, jednostavniji prikaz proizvodnih linija i sustava, praćenje produktivnosti, kontroliranje kvalitete proizvoda, rada strojeva i tako dalje. [6]

Dakle, sve što je moguće pojednostavniti, mora se i pojednostavniti. Sve u svrhu olakšanja poslovanja, odnosno smanjenja troškova što vodi do povećanja profita. Kako u imenu sadrži riječ „industrija“ stvara se privid da se Industrija 4.0 može primijeniti samo u industriji. No to je zabluda. Pošto su najveći naglasci na fleksibilnosti, digitalizaciji, brzom transferu podataka i slično, Industrija 4.0 je sistem, odnosno način koji se može implementirati u gotovo svim organizacijama i u brojne svrhe, od same industrije pa sve do uslužnih djelatnosti, zdravstva itd.



Slika 1. Industrija 4.0 [7]

Kroz prikazani povijesni napredak industrije, praktički se prolazi i kroz povijest industrijskog inženjerstva. Industrijske revolucije su se pojavljivale upravo zbog pronalaska određenih otkrića koja su dovela do situacije da se cijeli svijet mijenja zbog njih. Industrijsko inženjerstvo kakvog ga poznajemo danas, nasljednik je brojnih generacija svojih prethodnika, te je samim time i nadograđen nebrojeno puta. Naime, kako je već i navedeno, industrijske revolucije nisu doprinijele samo industriji, nego i općenitoj slici života na Zemlji. Ono što je bitno naglasiti, jest da industrijsko inženjerstvo kao profesija nikada neće stati sa svojim napretkom, te će uvijek biti među glavnim pokretačima velikih promjena u životima ljudi, ali i cijele Zemlje. Razvoj industrije kroz vrijeme vrlo je važno, jer kao što se jasno može vidjeti, mnoga otkrića se koriste još i dan danas, što je najbolji pokazatelj razmjera važnosti povijesnog napretka industrije i industrijskog inženjerstva.



Slika 2. Industrijske revolucije [8]

### 3. METODE INDUSTRIJSKOG INŽENJERSTVA

Industrijsko inženjerstvo kao profesija sa širokim spektrom djelovanja kod raznih organizacija i njihovog poslovanja, razvila je razne koncepte i metodologije kako bi se sistematizirao i standardizirao način implementacije istih u poslovne sustave. Jasno je da takva, planetarno važna i popularna profesija sadrži i generira mnogo metoda, tako da će se obuhvatiti i objasniti one najvažnije za ovaj rad.

Neki od koncepata industrijskog inženjerstva su: linearno programiranje, nelinearno programiranje, heurističko programiranje, dinamičko programiranje, tehnike mrežnog planiranja, teorije repova, upravljanje zalihama, simulacije, studij rada i vremena, kontinuirano unapređenje, procesni pristup, statističko upravljanje kvalitetom, metode prognoziranja i predviđanja, metode odlučivanja i metode generiranja ideja. [9]

#### 3.1. Linearno programiranje

Linearno programiranje je kvantitativna metoda u kojoj se linearna funkcija cilja mora optimizirati (maksimizirati ili minimizirati), te kojom se od nekoliko mogućih rješenja izabere ono koje je optimalno za definirani kriterij optimalnosti. [10]

Općeniti pristup razradio je Leonid Kantorovič 1939. godine, a George Dantig je 1947. godine formulisao opći model linearnog programiranja i razradio simpleks metodu. [10]

Najvažnije značajke su:

- Linearnost veza među varijablama
- Definiranost cilja
- Postojanje više mogućih rješenja
- Ograničenja

Problemi linearnog programiranja mogu se rješavati grafički, analitički ili simpleks metodom. [10]

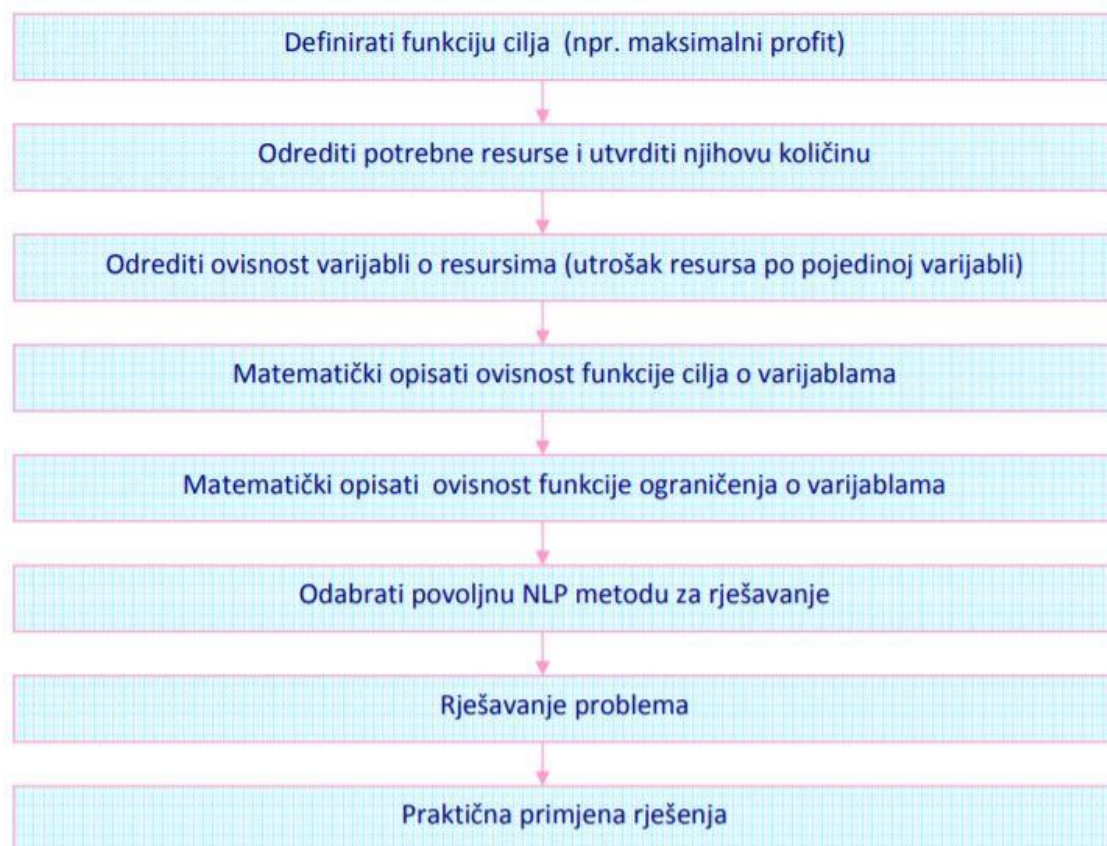
### 3.2. Nelinearno programiranje

Linearno programiranje se pokazalo kao odličan način za rješavanje problema kada su veze između parametara linearne. Međutim, nerijetko u praksi događa se situacija da parametri u funkcijama ograničenja i/ili funkciji cilja jednostavno nisu linearni. Tu se prekida domena linearnog programiranja, te na red stupa nelinearno programiranje.

Neke od poznatijih metoda nelinearnog programiranja za rješavanje problema su Hooke-Jeeves metoda, gradijentna metoda i Lagrange-ova metoda. [9]

Mogu se pojaviti 3 različita slučaja:

- Linearna funkcija cilja sa nelinearnim ograničenjima
- Nelinearna funkcija cilja sa linearnim ograničenjima
- Nelinearna funkcija cilja sa nelinearnim ograničenjima [11]



Slika 3. Praktična primjena nelinearnog programiranja [11]

### 3.3. Heurističko programiranje

Heuristika kao takva ne predstavlja metodu koja jamči rješenje, nego u je u principu algoritam za eliminaciju nepotrebnih i nerealnih rješenja. Heurističko programiranje je rješavanje problema pomoću heuristike. [12]

Neke od metoda heurističkog programiranja su:

- Metoda Monte Carlo
- Teorija igara
- Matrične igre
- Teorija rojeva čestica
- Rojevi pčela [9]

#### 3.3.1. Metoda Monte Carlo

Monte Carlo metoda ili Monte Carlo eksperiment je vjerojatno najpoznatija od gore navedenih metoda za heurističko programiranje, te će biti ukratko opisana. Ova metoda često se koristi u nedostatku drugih metoda koje bi na bolji način riješili problem ili opisali postojeće stanje. [13]

Metoda Monte Carlo je u principu metoda koja se bazira na generiranju slučajnih brojeva, te naknadno, na promatranju udjela tih brojeva koji prikazuje određena svojstva.[14]

Metodu je moguće odrediti na sljedeći način:

1. Matematički modelirati poslovni proces
2. Pronaći varijable čije vrijednosti nisu potpuno izvjesne
3. Odrediti funkcije gustoće koje dobro opisuju učestalosti kojima slučajne varijable poprimaju svoje vrijednosti
4. Ukoliko među varijablama postoje korelacije, napraviti matricu korelacija
5. U svakoj iteraciji svakoj varijabli dodijeliti slučajnu vrijednost proizašlu iz funkcije gustoće uzimajući u obzir matricu korelacija
6. Izračunati izlazne vrijednosti i spremiti rezultate
7. Korake 5 i 6 ponavljati n puta
8. Statistički analizirati rezultate simulacije [14]

### **3.4. Dinamičko programiranje [15]**

Dinamičko programiranje je metoda koja je globalno raširena u svojoj primjeni. Radi se o metodi kojom se početni (složeni) problem „rastavlja“ na manje probleme koji, naravno, nisu toliko složeni, te se rješava svaki zasebno iako su međusobno zavisni. Svaki međurezultat, odnosno rješenje potproblema sprema se kako bi se izbjeglo višestruko računanje jedno te istih problema. Dakako, postoje i uvjeti da li je na početni problem moguće primijeniti metodu dinamičkog programiranja.

Dva osnovna uvjeta su da:

- Problem ima optimalnu podstrukturu
- Potproblemi glavnog problema moraju biti međusobno zavisni

Nakon ispunjena navedena dva osnovna uvjeta može se krenuti u rješavanje problema koje se vrši pomoću dva pristupa rješavanja, a to su pristup „odozdo prema gore“ i „odozgo prema dolje“.

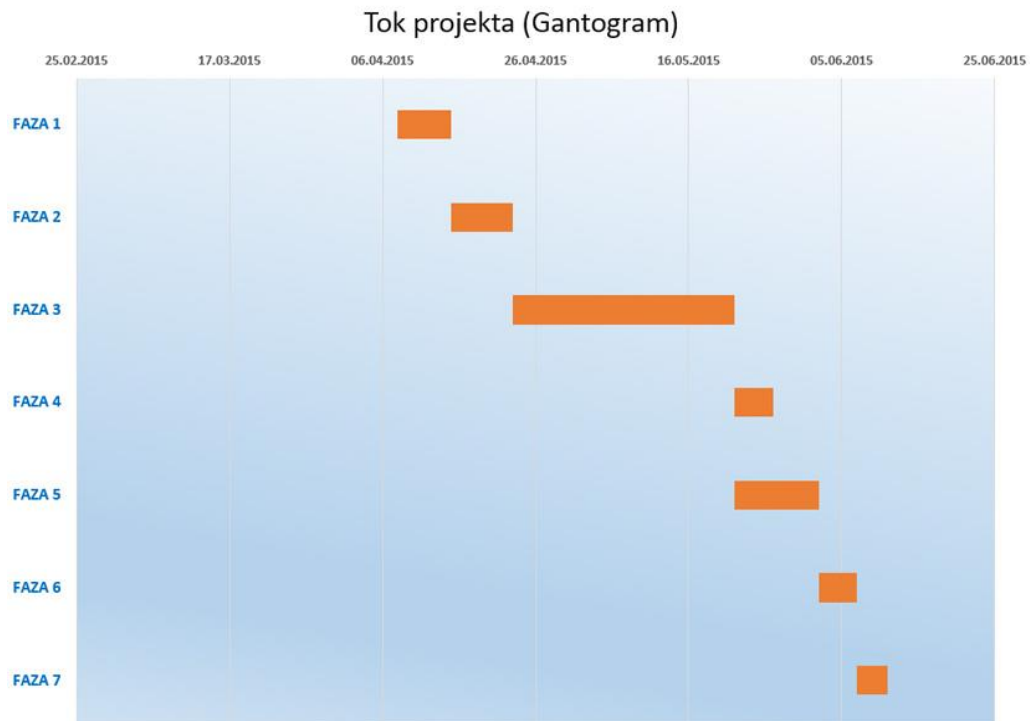
### **3.5. Tehnike mrežnog planiranja**

Od tehnika mrežnog planiranja poznajemo Gantograme, CPM i PERT metodu. Kao revolucionarna ideja početkom 20. stoljeća pojavila se ideja Henryja Gantta – Gantogram ili Ganttov dijagram (eng. Gantt chart). [16]

Gantogram je vremenski dijagram koji prikazuje plan trajanja određenih aktivnosti u nekom projektu ili procesu. Specifičan je po tome što su duljine u dijagramu proporcionalne stvarnom vremenskom trajanju u praksi, što uvelike doprinosi boljem pregledu i lakšoj predodžbi određenih procesa koji se prikazuju Gantogramom. [16]

No, upravo zbog gore navedenog, Ganttov dijagram postaje prevelik i vrlo nepregledan za slučaj u kojem postoji puno aktivnosti. Jasno je da veliki sustavi imaju nerijetko čak i preko 100 povezanih aktivnosti, što bi definitivno bilo nezahvalno prikazivati u Gantogramu. Upravo zbog tih razloga 1957. godine razvijaju se CPM (eng. Critical Path Method) tj. metoda kritičnog puta i PERT (eng. Project Evaluation and Review Technique), odnosno tehnika procjene i analize projekta. CPM je deterministička metoda kritičnog puta i orijentirana je aktivnostima, a PERT je stohastička metoda koja je orijentirana događajima te se koristi kod projekata koji se nikada nisu izvodili, odnosno zasniva se na procjeni vremena

trajanja aktivnosti. CPM i PERT metode imaju zajedničko da su aktivnosti prikazane strelicama. [16]



**Slika 4. Primjer Gantograma [17]**

Ovo, treće poglavlje je poslužilo kao okvir za navođenje i kratko objašnjenje određenih metoda kojima je zajednički nazivnik da spadaju pod domenu industrijskog inženjerstva. U sljedećem poglavlju biti će detaljno opisan pojam procesnog pristupa i „Lean menadžmenta“ u poduzeću koji predstavljaju podsustave industrijskog inženjerstva. Pojam lean-a, odnosno vitke proizvodnje vrlo je važan jer u sebi sadrži alate kojima se bavi industrijsko inženjerstvo, a koji su u isto vrijeme primjenjivi i u mnogim drugim sferama poslovanja i organizacije općenito.

Četvrto poglavlje biti će preciznije i detaljnije u opisima jer će upravo ti principi i alati biti temelj za implementaciju na realnom primjeru, odnosno u poduzeću, te će predstavljati samu srž ovog diplomskog rada.



#### 4. PROCESNI PRISTUP I LEAN MENADŽMENT

Kada govorimo o poslovnom sektoru, u bilo kojem obliku, uvijek se velika važnost nalazi u organizaciji poslovanja. Tijekom godina i desetljeća, puno se stvari promijenilo u poslovnom svijetu, pa se tako, posljedično, mijenjaju i pristupi unutar samog poduzeća. Jasno je kako je najveći utjecaj velikih promjena upravo globalni kapitalistički sustav u kojem se svatko bori za svoj „komad kolača“, u kojem se svatko bori da bi uopće opstao i potrajao, i u kojem se svatko bori da bi izvukao što je veći mogući profit.

Kada govorimo o samim pristupima unutar organizacija, govorimo o tradicionalnom funkcijskom pristupu, te o novijem procesnom pristupu.

| <b>Funkcijski pristup</b>   | <b>Procesni pristup</b>  |
|---|--|
| naglasak na proizvodima i uslugama                                    | naglasak na načinu obavljanja posla (poslovnim procesima)                |
| zaposlenici funkcijski usmjereni na zadovoljavanje potreba nadređenih | zaposlenici procesno orijentirani s ciljem zadovoljavanja potreba kupaca |
| vertikalna komunikacija i spor protok informacija                     | horizontalna komunikacija i brz protok informacija                       |
| duboka hijerarhija i birokratska struktura                            | plitka hijerarhija i organska struktura                                  |
| isprekidani radni tokovi  | pojednostavljeni i povezani radni tokovi                                 |
| funkcijski menadžeri kao ključne pozicije                             | vlasnici procesa kao ključne pozicije                                    |
| jednostavni i standardizirani proizvodi                               | fleksibilni i prilagodljivi proizvodi                                    |
| funkcijska suboptimizacija  | timski rad i međufunkcijska suradnja                                     |
| konkurencija prilikom raspodjele resursa                              | zajednički resursi   |
| postojanje zapreka između odjela                                      | organizacija bez granica   |

Slika 5. Funkcijski i procesni pristup [18]



Gledajući sliku iznad trenutno se dobije dojam da je upravo procesni pristup onaj pristup koji je ispravan za kvalitetno poslovanje u vremenu u kojem se nalazimo. Veliki naglasak stavlja se na zaposlenike, odnosno na njihovu interakciju, kako međusobno tako i sa nadređenima. Organizacija koja cijeni svoje radnike cijeni i njihova mišljenja, a upravo njihova mišljenja mogu biti ključna u donošenju kvalitetnih i pravovremenih odluka, koje su ključ za uspješno poslovanje. U zastarjelim organizacijama često se nailazi na situaciju da zaposlenici imaju veliko strahopoštovanje od svojih nadređenih te nemaju priliku iznijeti svoje mišljenje. Procesni pristup pokušava promijeniti takav način funkcioniranja, jer je činjenica da osoba koja radi na određenom radnom mjestu zna više o tome radnom mjestu nego osoba koja ne radi na tom radnom mjestu. Upravo taj stav može biti okidač za velike poslovne uspjehe.

Osim toga, procesni pristup ima horizontalnu hijerarhiju koja omogućava puno brži prijenos informacija među odjelima i rukovodećim osobama. Funkcionalni pristup se bazira na vertikalnoj hijerarhiji koja usporava tok informacija, a samim time se usporavaju svi ostali procesi unutar organizacije. Kašnjenje, odnosno gubitak vremena je jedan od najčešćih gubitaka u poduzećima općenito, te je jasno da će poduzeće koje skрати vrijeme toka informacija vrlo vjerojatno imati bolje poslovanje od poduzeća koje to ne uradi.

U svijetu raznolikosti, teško je naći dva čovjeka, odnosno kupca koji imaju identične želje. Kako je tržište sve veće, korisnici i kupci su svjesni da mogu uz minimalne napore naći točno željeni proizvod ili uslugu, bez potrebe da rade kompromis sa nekim drugim proizvodima ili uslugama koji nisu točno po njihovim željama. Pojam fleksibilnosti jedan je od ključnih pojmova za koji se zalaže procesni pristup. Današnje poslovanje gotovo je nemoguće bez fleksibilnosti za udovoljiti posebnim zahtjevima kupaca. Kupci i korisnici su ti koji čine poslovanje uspješnim i profitabilnim, i toga su svjesni. Stoga, opravdano traže da se, koliko god je moguće, poštuju njihove specijalne želje. Funkcijski pristup ne nudi takvu politiku, jer u prošlosti to nije bilo ni potrebno. Što je tržište veće to su i želje i mogućnosti kupaca veće, te se logičnim slijedom događaja stvara natjecanje i borba za kupca. Mogućnost fleksibilnosti za sobom vuče puno drugih organizacijskih i poslovnih poteza koji moraju biti obrađeni kako bi se uspjelo na efikasan i profitabilan način biti fleksibilan. Za ostvarivanje navedenoga postoje određeni alati koji pospješuju efikasnost poslovanja, a moguće ih je pronaći pod pojmom „Lean menadžmenta“ koji je već ranije spomenut.

## 4.1. Lean menadžment

Pojam „lean“ prvi put upotrebljava student sa MIT – a John Krafick. Isti pojam kasnije je predstavljen u vidu usporedbe japanske i zapadne automobilske industrije gdje se izraz „lean“ upotrebljava za Toyota – in način proizvodnje. [19]

Lean kao pojam je jako teško definirati, jer je uvijek moguće nešto nadodati ili preoblikovati. Bit je u tome da je naglasak na određenim stvarima:

- Fleksibilnost
- Orijentiranost na krajnjeg korisnika
- Male serije
- Male zalihe
- Visoka kvaliteta
- Minimalna rasipanja [19]

Od onih istaknutijih verzija definicije pojma „lean“ mogu se spomenuti:

“Lean thinking is dynamic, knowledge-driven and customer-focused process through which all people in defined enterprise continuously eliminate waste with the goal of creating value.” [19]

Murman et. Al.

“Lean is a way of thinking, not a list of things to do.” [19]

Hagime Ohba

Iako gore spomenute dvije definicije nisu ni slične, obje opisuju isti pojam na odličan način.

Bitno je napomenuti da lean razmišljanje nije stvoreno na temelju ispitivanja, znanstvenih istraživanja ili nešto slično, već se radi o principima koji su prvo dobiveni u praksi, te se tek naknadno išlo u stvaranje definicija i opisivanje dobivenih rezultata.

Naime, logika nalaže da je pametno i korisno uklanjati tj. smanjivati rasipanja i gubitke ma koliko veliki ili maleni oni bili. Važno je naglasiti da će ih uvijek biti, ma koliko se neki sustav činio savršenim. Svaka organizacija uvijek može bolje, te je u tom kontekstu potrebno i djelovanje u tom smislu, odnosno, potrebna su kontinuirana ulaganja napora kako bi se pronalazili problemi, odnosno potencijalni gubici unutar sustava koje je potrebno sanirati sa ciljem dobivanja boljih rezultata. Rezultati su, naravno, mjerljivi. Mogu se promatrati u vidu povećanja produktivnosti, smanjenja vremena potrebnog za neku radnju ili gotovi proizvod, smanjenja praznih hodova itd. Mnogo je parametara koji se mogu mjeriti, jer je svaka organizacija priča za sebe te ima jedinstvene uvjete i norme.

Slika ispod na vrlo jednostavan i simpatičan način opisuje lean razmišljanje.

**Poluispunjena čaša?**

**Pesimist: Čaša je poluprazna!**

**Optimist: Čaša je polupuna!!**

**Lean razmišljanje: Zašto je čaša tako velika?!!**



**Slika 6. Lean razmišljanje [19]**

Dakako, jasno je da se cijela priča većinom svodi na gubitke, odnosno kako smanjiti rasipanja te tako povećati produktivnost. Tek kada se smanje rasipanja otvara se prostor za fleksibilnost i ostale segmente modernog poslovanja. Naime, ako su „nepotrebni“ gubici preveliki, jednostavno nema mjesta za modernizaciju i poboljšavanje postojećeg stanja, jer cijeli sistem trpi te gubitke koji ne dopuštaju implementaciju kvalitetnih poslovnih koraka. Jasno je da gubici ni jednoj organizaciji nisu potrebni, ali sa druge strane, kako je već i napomenuto, uvijek postoje. U tom kontekstu, one gubitke koje je moguće ukloniti potrebno je i ukloniti, a one koji će uvijek postajati potrebno je reducirati na optimalan način kako bi u što manjoj mjeri štetili postojećem sustavu, tj. trebaju se svesti na minimalnu razinu.

Da cijela priča o leanu nije izmišljotina jednostavno se trebalo dokazati brojevima. Tako se za usporedbu uzela proizvodnja automobila u Japanu i SAD-u. Rezultati su prikazani na slici ispod.

| Metrika   | Japan | USA  |
|---|-------|------|
| <b>Output:</b>  |       |      |
| •Produktivnost (sati/vozilo)                          | 16.8  | 25.1 |
| •Kvaliteta (pogreške/100 vozila)                      | 60.0  | 82.3 |
| <b>Radna snaga:</b>                                   |       |      |
| •% radnika u timovima                                 | 69.3  | 17.3 |
| •Broj vrsta poslova                                   | 11.9  | 67.1 |
| •Prijedlozi/Zaposleniku                               | 61.6  | 0.4  |
| <b>Layout:</b>  |       |      |
| •Prostor (Square.ft./vozilo/godišnje)                 | 5.7   | 7.8  |
| •Prostor za dorade i popravke (% prostora za montažu) | 4.1   | 12.9 |
| •Zalihe (dani)  | 0.2   | 2.9  |

Slika 7. Automobilska industrija u Japanu i SAD-u [20]

Slika djeluje gotovo nerealno, jer se govori o srodnim industrijama, s tim da je industrija SAD-a oduvijek bila itekako razvijena. Vidljivo je da stupac koji pripada Japanu apsolutno dominira u svakoj kategoriji. Ono na što treba posebno obratiti pozornost su brojke kod produktivnosti, prijedloga po zaposleniku i zaliha. Time se stiče pravi dojam da je upravo lean proizvodnja ona proizvodnja koja prednjači u svakom segmentu, kao što je ovdje slučaj.

Posebno treba istaknuti prijedloge po zaposleniku, pošto ta kategorija u kapitalističkom svijetu često ne drži vodu. Ovo je najbolji primjer za dokazati kako su upravo radnici oni koji najviše znaju o svom poslu, što je i logično, te da im se pridaje premalo pažnje. Angažiranost radnika je također jedan od principa za koji se lean zalaže, što je definitivno i opravdano.

Na prethodnoj slici nema kvantitativnih pokazatelja što se tiče samog financijskog dijela, no na temelju svih razlika moguće je ustanoviti kako se radi o itekako velikim brojkama što se tiče ušteta na primjeru Japana i rasipanja na primjeru SAD-a.

|  | Japan  | USA    |
|--|--------|--------|
| ■ Br. utrošenih sati u konstr.                                     |        |        |
| - prosječno (milijuni)   | 1.7    | 3.1    |
| ■ Br utrošenih sati u razvoju (mjeseci)                            | 46.2   | 60.4   |
| ■ Br. zaposlenih u razvojnim timovima                              | 485    | 903    |
| ■ Udio dobavljača u inženjeringu                                   | 51%    | 14%    |
| ■ Udjel u kašnjenju s isporukom                                    | 1 in 6 | 1 in 2 |
| ■ Vrijeme izrade prototipa (mjeseci)                               | 6.2    | 12.4   |
| ■ Vrijeme od početka proizvodnje do prodaje prvog vozila (mjeseci) | 1      | 4      |

Slika 8. Usporedba vremena [20]

Na gornjoj slici se opet vidi ogromna razlika u čovjek – satima utrošenima za određene aktivnosti. Situacija je opet ista, japanska industrija prednjači u svakom segmentu, i to ne za zanemarive vrijednosti. Također, broj zaposlenih u razvojnim timovima u Japanu gotovo je dvostruko manji nego u SAD-u, što jasno govori da je u Japanu vladala mnogo bolja organizacija, a samim time su operativni troškovi drastično pali. Jasno je da su lean principi, u to vrijeme, donijeli japanskoj industriji ogroman korak ispred svih, te se može ustanoviti da je lean jedan od najvažnijih razloga za procvat Toyota-ine autoindustrije.

## 4.2. Vrste gubitaka

Kao što je već navedeno, gubitci, tj. rasipanje glavni su problem organizacije, i najviše njima se lean menadžment bavi.

Vrste gubitaka:

- Prekomjerna proizvodnja
- Transport
- Čekanje/zastoji
- Nepotrebni pokreti
- Zalihe
- Škart
- Prekomjerna obrada [20]

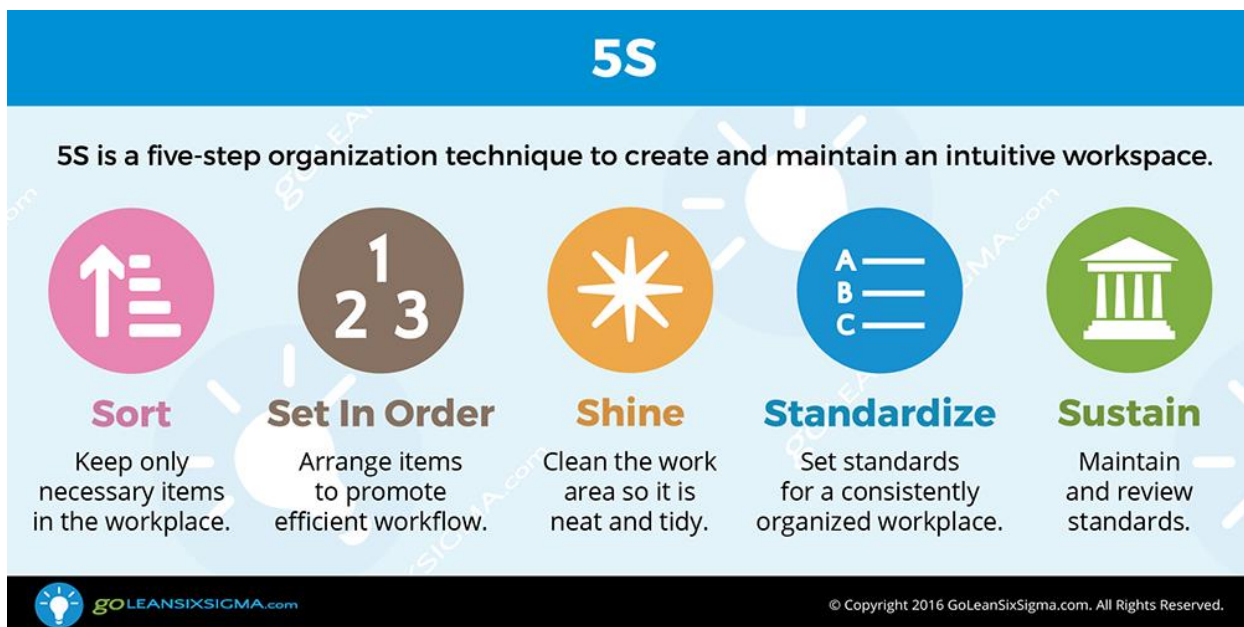
Kako bi se prethodno nabrojana rasipanja unutar poduzeća izbjegla, lean menadžment predlaže principe kao što su: 5S, balansiranje proizvodnje, šest sigma, SMED, kanban, kaizen, JIT, TPM itd. [20]

### 4.3. 5S

5S je koncept koji potiče iz Toyota-e, a bavi se pitanjima urednosti, čistoće i organiziranosti radnog mjesta.

Što znači 5S? [20]

- Seiri – sort - sortiranje
- Seiton – set in order - red
- Seiso – shine - čišćenje
- Seiketsu – standardize - standardizacija
- Shitsuke – sustain – samodisciplina



Slika 9. 5S [36]

### 4.3.1. Sortiranje

Sortiranje predstavlja prvi korak u implementaciji 5S metode. Njome se u samom startu eliminiraju stvari koje nisu potrebne za rad na određenom radnom mjestu. Nerijetko je slučaj da se puno vremena gubi na pronalaženje određenog alata ili drugog pribora neophodnog za rad, a da pri toj potrazi smetaju upravo predmeti koji se uopće ne koriste ili su jako rijetko u uporabi na dotičnom radnom mjestu. Zato je od iznimne važnosti radno mjesto osloboditi nepotrebnih predmeta koji zauzimaju mjesto, onemogućavaju pronalazak potrebnog predmeta te usporavaju kompletan proizvodni ili radni proces. Tako se najčešće stvari koje se upotrebljavaju rijetko označe crvenim oznakama te se i stave na, za njih, potrebno mjesto, a predmeti koji uopće nisu potrebni se u potpunosti uklone sa radnog mjesta. [20]

|  |  |
|--|--|
| Date _____ Tagged By _____   | <b>5S RED TAG</b>                      |
| Item Description _____   |  |
| Department _____   | <b>ACTION TO TAKE:</b>                 |
| <b>ITEM TYPE:</b>  | <input type="checkbox"/> Trash         |
| <input type="checkbox"/> Raw Materials <input type="checkbox"/> Tools          | <input type="checkbox"/> Hold          |
| <input type="checkbox"/> Finished Goods <input type="checkbox"/> Instruments   | <input type="checkbox"/> Move to _____ |
| <input type="checkbox"/> WIP <input type="checkbox"/> Equipment                | <input type="checkbox"/> Contact _____ |
| <input type="checkbox"/> Machine Parts <input type="checkbox"/> Other          | <input type="checkbox"/> Other _____   |
| Other _____  | _____                                  |
| <b>REASON TAGGED:</b>  | Date _____ Manager's Initials _____    |
| <input type="checkbox"/> No Longer Used <input type="checkbox"/> Unknown Owner | Tag No. _____                          |
| <input type="checkbox"/> Doesn't Work <input type="checkbox"/> Other           | <b>www.the5Sstore.com</b> 50T5SP       |
| Other _____  |  |

Slika 10. Primjer crvene oznake[21]



### 4.3.2. Red

Drugi korak alata 5S naziva se „red“, te predstavlja nastavak na sortiranje. Dakle, nakon što smo uklonili sve nepotrebne stvari iz radnog prostora, te obilježili stvari koje se rijetko koriste crvenom oznakom, kreće se u uređivanje radnog mjesta. Naglasak je na tome da stvari, alat i pribor moraju biti sistematski posložene kako se ne bi radili prazni hodovi i nepotrebne kretnje. Stoga, alati koji se najčešće koriste moraju biti na adekvatnom mjestu kako bi bili uvijek najlakše dostupni. Alati koji se koriste zajedno ili jedan za drugim moraju biti i posloženi tim redoslijedom kako bi operateru bilo što jednostavnije rukovati alatima te obavljati potrebne radnje. Nakon pregledavanja radnog mjesta i odluke gdje su najbolja mjesta za pojedine alate i stvari, potrebno je dodijeliti mjesto istima kako bi se uvijek znalo gdje je najbolje da stoje, te da ne bi došlo do zabune. Iz toga razloga, vrlo je važno da označavanje pozicija bude jednostavno i lako razumljivo. Osim funkcionalnosti, ovaj korak vrlo je bitan i za ergonomiju zaposlenika. Smanjivanjem broja okretanja, sagibanja ili drugih pokreta tijelom, uvelike se smanjuje mogućnost krivog pokreta ili kakve ozljede zaposlenika. Nadalje, smanjivanjem broja pokreta reducira se i sama potrošnja energije zaposlenika, što znači da će se teže umoriti te da će posao odrađivati lakše i efikasnije. [20]

### 4.3.3. Čišćenje

Nakon uspješno odrađenog sortiranja i dovođenja radnog mjesta u red, slijedi proces čišćenja. Radno mjesto se mora redovito održavati i čistiti, jer je samo u takvim uvjetima moguće raditi na kvalitetan i optimalan način. Posebice u radionama, premalo pažnje se pridaje procesu čišćenja te samom redovnom održavanju čistoće cijelog sustava. Jasno je kako je za čišćenje i održavanje čistoće potrebno ulaganje resursa u vidu vremena, ukoliko čišćenje obavljaju zaposlenici organizacije, ili financija ako se za čišćenje angažira drugo poduzeće u vidu usluge. Takvo stajalište je točno, ali treba imati na umu kako je, dugoročno gledano, to ulaganje u efikasnije poslovanje. Dakako, u urednim uvjetima lakše je raditi i održavati organiziranost. Poseban naglasak je na održavanju čistoće kako bi se, kontinuirano, minimalnim naporima držala situacija pod kontrolom ne dopuštajući da se dogode prevelika narušavanja čistoće. [20]

#### 4.3.4. Standardizacija

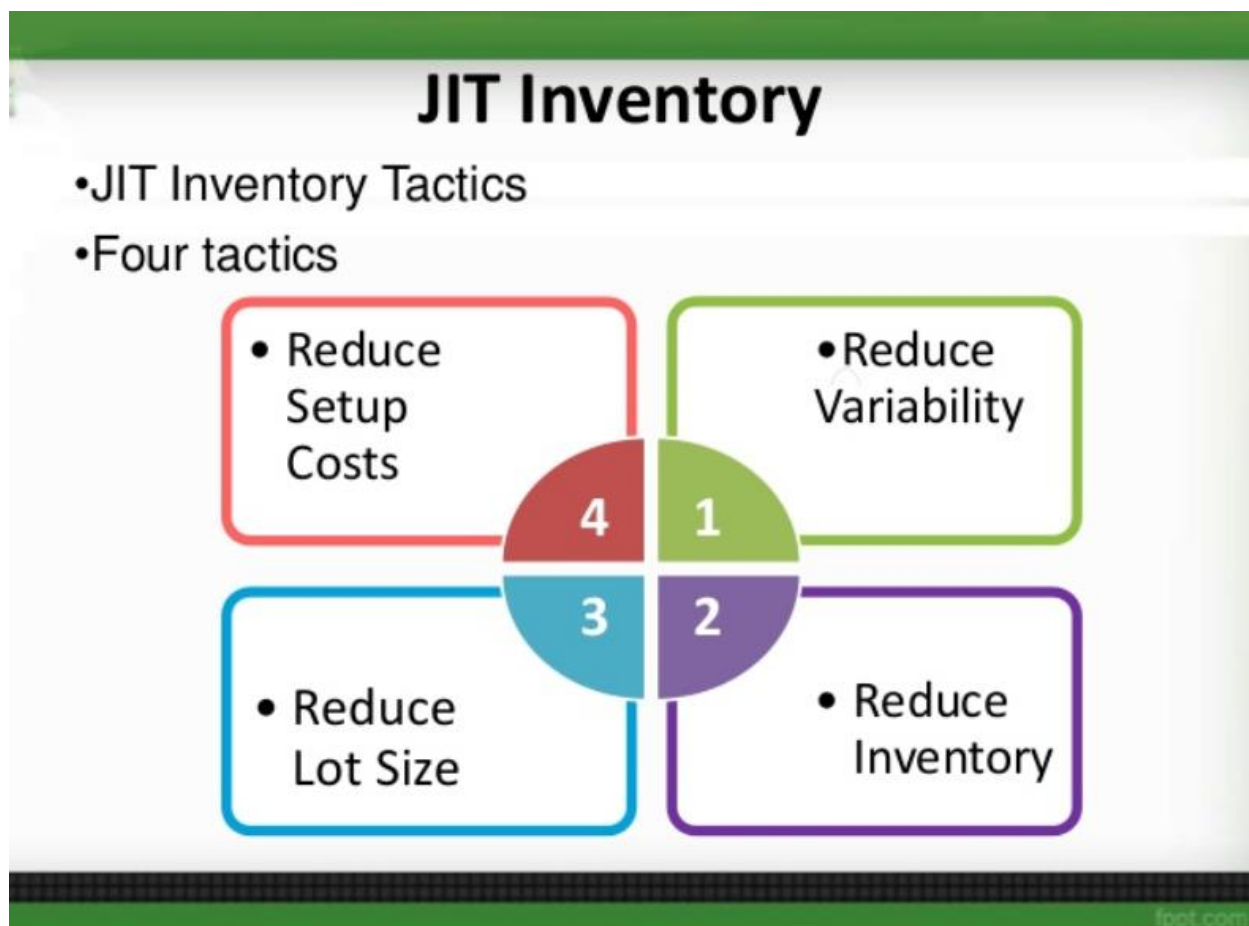
Standardizacija kao četvrti korak primjene 5S metode, bavi se osiguravanjem primjene prvih 3 koraka metode. Dakle, poslove i obaveze navedene pod nazivima „sortiranje“, „red“ i „čišćenje“, odnosno 3S, potrebno je standardizirati i prihvatiti ih kao rutinu, tj. kao radnju potrebnu pri svakodnevnom poslovanju. Kao i svaku drugu, novu naviku, i naviku primjene 5S metode potrebno je trenirati. U tom smislu, potrebno je vremena i strpljenja kako bi se kompletan sustav priviknuo na nešto novo. Iz tog razloga, od velike pomoći znaju biti natpisi i slike postavljane na određene dijelove poslovnog sustava, na kojima je prikazano i objašnjeno kako određena pozicija treba izgledati, odnosno prikazuje idealno stanje kojega se treba pridržavati. [20]

#### 4.3.5. Samodisciplina

Kako bi bili sigurni da se odrađuje dobar posao pri provedbi metode 5S, potrebna je jaka samodisciplina i redovito kontroliranje, kako cijelog sustava tako i samoga sebe. Vrlo je važno krenuti od pojedinca kako bi bili sigurni da svatko odrađuje svoj dio posla, jer samo na taj način moguća je ispravna implementacija ovog alata i uočavanje rezultata. Također, u slučaju nastale greške vrlo je važno otkriti koji je uzrok greške kako bi se ona mogla ispraviti na adekvatan način, jer se na taj način kontinuirano održava, ali i unaprjeđuje sustav. 5S je vrlo zahvalna metoda koja dopušta varijacije na temu, te nije ograničavajuća. Samim time dopušta i da se nadograđuje po vlastitim željama i potrebama unutar raznih organizacija. Navedeno je vrlo bitno jer se često s vremenom uoči da je moguće napraviti još nešto, te na taj način unaprijediti svoj sustav, ali i provedbu 5S alata.

#### 4.4. JIT ( Just – in – time )

Just – in – time odnosno „Točno na vrijeme“ na hrvatskom, predstavlja pojam koji se bavi smanjivanjem zaliha koje izazivaju čekanje i gubitke u organizaciji. Smanjenje troškova se postiže na način da dijelovi, repromaterijal i sirovine stižu točno na vrijeme kada su i potrebne. Samim time se izbjegava skladištenje. Kada se detaljnije pogleda, skladištenje iziskuje radnike koji moraju na tu aktivnost gubiti vrijeme umjesto da rade nešto drugo. Nakon što se materijal uskladišti, opet je potrebno izuzimanje istoga nakon nekog vremena. Na kraju svega, i prostor koji koristimo za skladištenje ima svoju financijsku težinu, u vidu održavanja, zauzimanja mjesta i u slučaju pada vrijednosti skladištene robe.



Slika 11. Just - in – time [22]

Navedeni princip koriste brojne korporacije, od kojih su istaknute: Ford, McDonald's i Toyota. JIT je jedan od osnovnih principa lean menadžmenta te čini temelj implementacije istog u neku organizaciju. [23]

Dakle, JIT princip nastoji smanjiti količinu skladištene robe. Jasno je da je nemoguće postići takvu proizvodnju da apsolutno svaki segment stigne u točno ono vrijeme kada nam je potreban, ali je isto tako jasno i da je moguće smanjiti količinu materijala koje skladištimo. Između ostaloga, skladištenje robe može biti izuzetno veliki gubitak, u slučaju oštećenja skladištenog materijala, što nije rijedak slučaj.

Također, pretjerano korištenje i forsiranje ove metode može dovesti do velikih problema. U opskrbnom lancu rijetko kada ovisimo direktno o proizvođaču, odnosno, najčešće se posluje sa distributerima i velikim skladištima koje plasiraju robu na tržište i vrše dostavu. Samim time, najmanje dva sustava postoje prije naše organizacije, u kojima sve treba proteći idealno kako bi se mogli osloniti na njih i očekivati robu u točno dogovoreno vrijeme po dogovorenim uvjetima. Dovoljno je sitno kašnjenje od prvog faktora u tom opskrbnom lancu i sve dalje više nije onako kako je dogovoreno. Zato, kada se ne ovisi samo o sebi, obavezno se uzima faktor sigurnosti pri implementaciji just-in-time metode u poduzeću. Iz tog razloga potrebno je odrediti kritičnu količinu određenog proizvoda, poluproizvoda, odnosno dijela, kod koje naručujemo nove zalihe. Dakle, čim količine u skladištu padnu na određenu razinu, preventivno se naručuje nova količina kako bi bili sigurni da proizvodni sistem neće ispaštati zbog tuđih grešaka, jer može doći do vrlo velikih gubitaka. Dakako, ne postoji pravilo koja je to kritična količina jer ovisi o brojim faktorima u samoj organizaciji, kao što su produktivnost, prodaja određenog proizvoda, vrijeme dostave itd.

## 4.5. Ključni pokazatelji uspješnosti

Ključni pokazatelji uspješnosti (eng. Key Performance Indicators – KPI) predstavljaju vrlo važan instrument pri detekciji smjera u kojem ide poduzeće.[24] Naime, svaka organizacija ima postavljene određene ciljeve, te put koji treba proći da bi se do tih ciljeva došlo. Samim time fiksirana su i neka postignuća koja se moraju postići da bi se moglo sa sigurnošću reći da sustav pravilno funkcionira. Upravo za tu svrhu postoje ključni pokazatelji uspješnosti, odnosno da bi se u svakom trenutku na pouzdan način moglo provjeriti u kojem stanju je poduzeće, te da li takav smjer odgovara dugoročnom smjeru koji je određen kao optimalan, tj. željen.

Ključni pokazatelji nisu jednoznačni, odnosno, svako poduzeće ima svoje određene KPI-ove koji su mu od ključne važnosti, te koje se prati kako bi se što lakše moglo opisati postojeće stanje. U tom smislu, nije isto da li se radi o proizvodnji, primjerice, ležajeva za automobile, ili pak o pružanju konzultantskih usluga. U prvom primjeru se zasigurno najviše gleda broj defektnih, odnosno škart ležaja, a u drugom slučaju se prati broj zadovoljnih korisnika, njihove povratne informacije itd.

Vremenom su nastali brojni ključni pokazatelji uspješnosti, no oni najzastupljeniji su, naravno, troškovi, vrijeme, kvaliteta i fleksibilnost. [24]

Ključni pokazatelji uspješnosti dijele se na:

- Ekonomske
- Okolišne
- Društvene [24]

Ekonomske se dalje dijele na:

- Financijske
- Operativne
- Tržišne [24]

## 4.6. Kaizen

Kaizen je japanska riječ koja u doslovnom prijevodu na hrvatski znači „poboljšanje“, a označava kontinuirano poboljšavanje, tj. unaprjeđivanje nekog sustava. Kao i brojne druge metode porijeklom iz Japana, i kaizen metoda se usko povezuje sa Toyota – inom proizvodnjom. [25]

Glavni principi kaizena: [26]

- Najveća snaga poduzeća su radnici
- Procese treba kontinuirano unapređivati
- Unapređenja treba provesti čim se ukaže prilika
- Preporuke za poboljšanja moraju se temeljiti na kvantitativnim i statističkim metodama

Ono što karakterizira kaizen jest to da se svaka kritika ili ideja prihvaća, te da je svako mišljenje dobrodošlo. U tom smislu, kako bi primjena kaizena bila moguća, potrebno je u nju uključiti svakog sudionika u određenoj organizaciji. Dakle, kaizen ujedinjuje mišljenja od zaposlenika koji radi u samoj proizvodnji, pa sve do generalnog menadžera, te daje priliku svima kako bi iznijeli svoje viđenje situacije, i eventualno poboljšanje.

Kako je kaizen metoda relativno „široka“ i neodređena, unutar nje su se razvili određeni alati koji pomažu pri provedbi cjelokupnog alata. Neke od njih su PDCA i 5 Whys ili 5 Zašto.

#### 4.6.1. PDCA

PDCA ( Plan – Do – Check – Act) metoda, poznata i kao Demingov krug, je postupak koji se odvija u četiri stupnja, odnosno koraka, kako bi se došlo do poboljšanja u nekom segmentu organizacije.

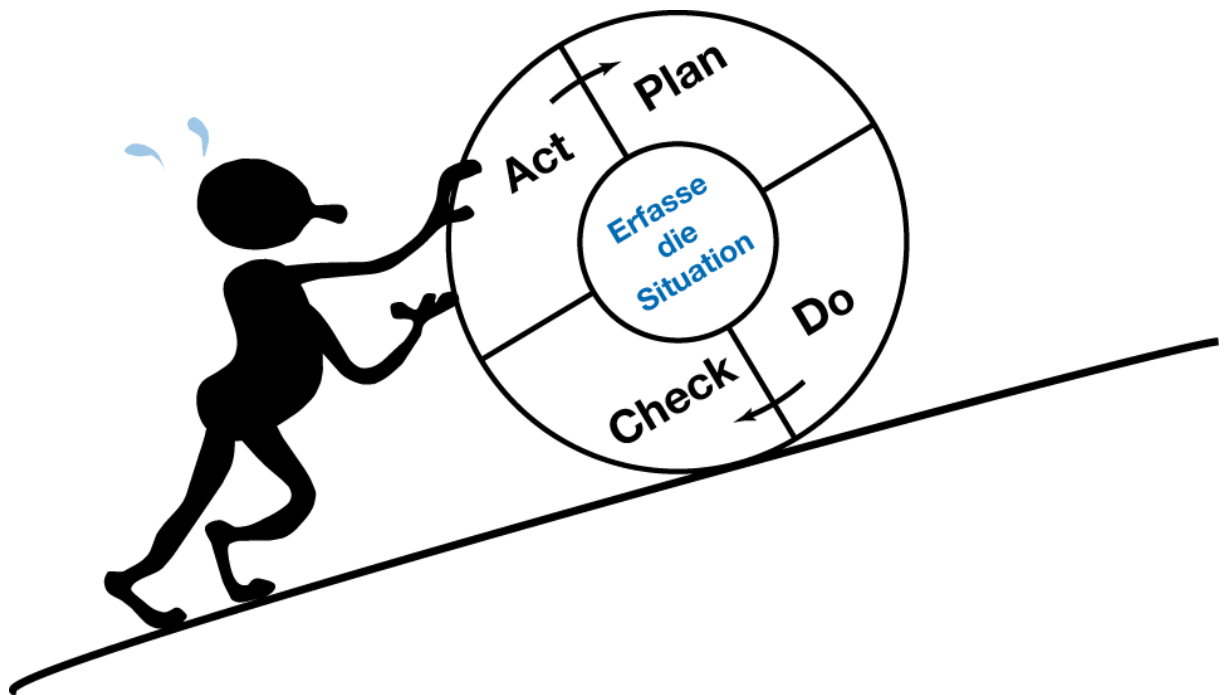
Planiranje (eng. Plan ) – predstavlja početak cijelog procesa, te se ovdje prikupljaju potrebne informacije i dokumentacija kako bi se uvidjeli potencijalni problemi i moguća poboljšanja sustava. Nakon toga potrebno je izraditi kvalitetan plan aktivnosti kako bi akcija bila uspješna i isplativa [27]

Provođenje (eng. Do) – u drugom koraku provode se planovi koji su određeni kao potrebni u prvom koraku metode [27]

Provjera (eng. Check) – provjeravaju se dobiveni rezultati te se uspoređuju sa očekivanjima određenim u prvom koraku. Dakako, rezultati se prosljeđuju nadređenima, te se komentira postignuto [27]

Zaključivanje (eng. Act) – zaključuje se postojeće stanje te se standardizira dobiveno, kako bi se i dalje na adekvatan način moglo kontrolirati stanje, te u budućnosti djelovati ako se ukaže prilika [27]

Prema opisanom može se zaključiti da se radi o iterativnoj metodi koju je moguće primijeniti više puta za redom ako se za to ukaže potreba ili mogućnosti. Sa svakim mogućim poboljšanjem preporuča se korištenje PDCA metode koja na vrlo jednostavan način vodi do potencijalnog unaprjeđenja.



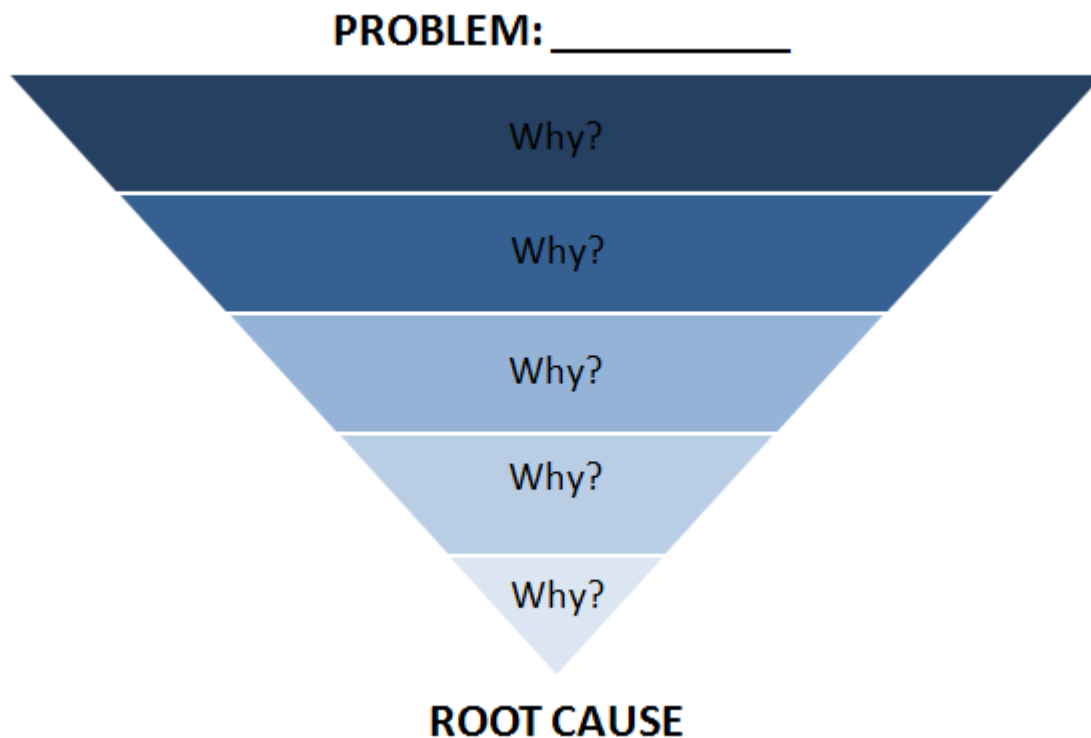
Slika 12. PDCA metoda [28]



#### 4.6.2. 5 x Zašto

5 Whys ili 5 puta zašto je iterativna metoda kojom se pokušava doći do uzroka nekog događaja, odnosno do odgovora koji u sebi sadrži ključnu informaciju zašto je do nečega došlo.

Metodu je razvio Sakichi Toyoda, te ju je, naravno, primijenio u proizvodnom sustavu Toyota-e. Ovaj alat opisao je kao Toyota-inu bazu za znanstvene pristupe, jer je dokazano kako postavljanjem pitanja „zašto“ pet puta, uzroci problema postaju kudikamo jasniji. [29]



Slika 13. 5 x Zašto [30]

Gornja slika na vrlo jednostavan način prikazuje kako se uz pomoć ove metode od širokog spektra mogućih problema dolazi do onog krajnjeg, koji predstavlja stvarni uzrok određene situacije u poduzeću.

Primjer se može bez problema naći u bilo kojem sustavu, pogotovo proizvodnom. Na primjer, pojavio se događaj zastoja stroja, te se brzinskim pregledom uviđa da je problem u puknuću remena. Jasno je da se problem može riješiti zamjenom remena, ali na taj način se ne rješava stvarni uzrok problema.

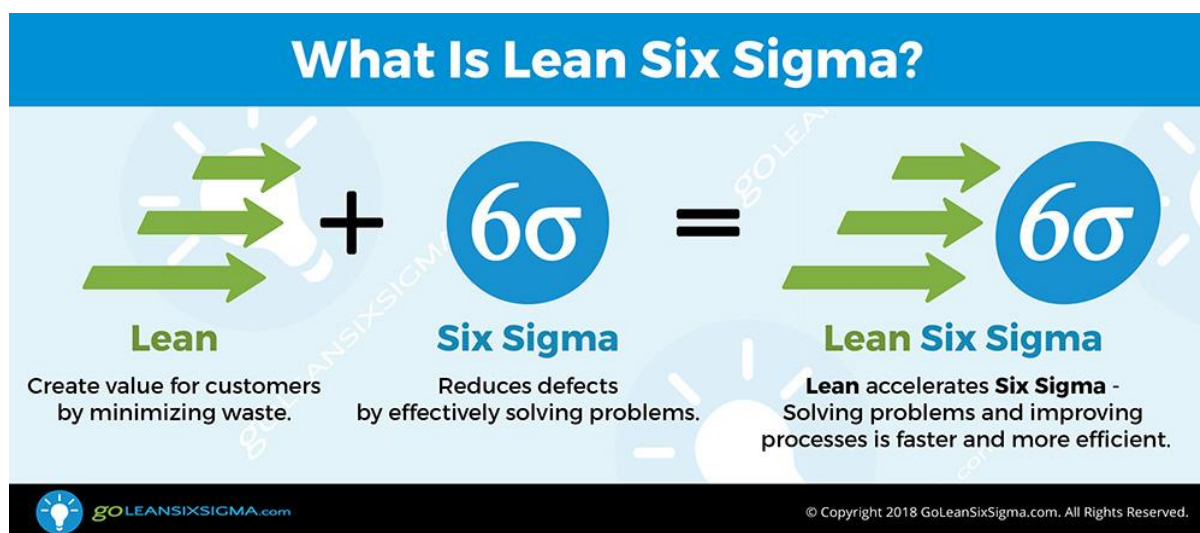
- 1. **Zašto** je stroj stao? – Puknuo je remen.
- 2. **Zašto** je remen puknuo? – Nitko ga nije provjerio.
- 3. **Zašto** ga nitko nije provjerio? – Nema plana održavanja.
- 4. **Zašto** nema plana održavanja? – Voditelj održavanja je na godišnjem odmoru.
- 5. **Zašto** netko drugi nije to napravio umjesto voditelja? – Zato što nitko nije imenovan kao zamjenik dok je voditelj na godišnjem odmoru.

U navedenom primjeru može se prepoznati jedna klasična situacija koja se sigurno dogodila u brojnim poduzećima, u najmanju ruku kao varijacija na temu. Samom zamjenom remena i puštanjem stroja u daljnji pogon riješila bi se posljedica, ali ne i uzrok problema. Ovako se jasno vidi kako je problem u organizaciji, te da bi sve bilo u redu samo da je postajala nadležna osoba koja bi obavila poslove koje inače obavlja voditelj održavanja, dok je isti na godišnjem odmoru. Dakako, problemi mogu biti puno veći od samog zastoja stroja, te je ovo samo primjer kako se iterativnim postavljanjem pitanja može doći do samog uzroka problema. Iako se metoda naziva „5 puta zašto“, ne znači da se postupak završava sa 5. postavljanjem pitanja. Svrha ove metode je pod svaku cijenu doći do samog početka problema, te se samim time pitanja postavljaju dok god se ne dođe do rješenja nastale situacije, tj. glavnih uzroka nekog događaja u poduzeću.

## 4.7. Šest sigma ( eng. Six sigma )

Six sigma je metoda razvijena 1987. godine u Motorola – i. Ova metoda pomaže organizaciji pri smanjenju nastalih pogrešaka. Počiva na mišljenju da, ako je moguće mjeriti koliko grešaka ima u sustavu, onda je moguće te greške i ukloniti. [31] Metoda „šest sigma“ je metoda koja nastoji smanjiti rasipanja te na taj način doprinijeti poboljšanju poduzeća u vidu smanjenja troškova i jednostavnije proizvodnje. U principu, ova metoda pokušava postići kontinuirano poboljšanje i zadovoljstvo korisnika, odnosno kupaca.

Kao i kod većine alata, kod metode „šest sigma“ potrebna je uključenost kako zaposlenika tako i vodstva poduzeća. Jednostavno nije moguće provesti metodu na kvalitetan način ukoliko kompletni sustav nije zainteresiran i potpuno angažiran pri samoj implementaciji. Dakako, potrebno je provesti i kvalitetno učenje i obuku svih članova sustava, kako bi se u što većoj mjeri smanjile potencijalne greške. Svatko mora znati svoju ulogu i nje se držati, kako bi proces funkcionirao na optimalan način. Na kraju, za dobre rezultate i poslovne uspjehe potrebno je uvesti nagrađivanje kako bi svaki član znao za što se zalagao i što je postigao. [31]



Slika 14. Lean Six Sigma [32]

Matematički, odnosno statistički, šest sigma predstavlja 99,9996% uspješnosti. U prijevodu, to znači 3,4 pogreške na milijun primjeraka. Simbol, odnosno grčko slovo „sigma“ –  $\sigma$ , u ovom slučaju označava mjeru rasipanja, te se ova metoda najčešće kraće piše kao metoda „6 $\sigma$ “. Greške se često označavaju kao DPMO (eng. Defects Per Million Opportunities) [31]

Za lakšu predodžbu: [31]

- Prosječna organizacija djeluje na oko  $3\sigma$
- Vrhunska organizacija djeluje na minimalno  $5,7\sigma$
- Smrtnost u zračnom prometu je oko  $6,2\sigma$

Six sigma kod primjene na realnom slučaju koristi dvije metode za postizanje poboljšavanja: [31]

- DMAIC
- DMADV

### 4.7.1. DMAIC

DMAIC (eng. Define – Measure – Analyze – Improve – Control), odnosno definiraj – izmjeri – analiziraj – poboljšaj – kontroliraj, predstavlja cikličku metodu za poboljšavanje, optimiziranje i stabilizaciju poslovnih procesa. Sastoji se od pet koraka koji će biti detaljnije opisani ispod slike. [33]



Slika 15. DMAIC [34]

DMAIC metoda: [33]

Definiraj – prvi korak ovog procesa je definiranje postojećeg problema, odnosno stanja.

Izmjeri – nakon što smo definirali konkretan problem, potrebno je mjeriti postojeće stanje kako bi prikupili informacije koje će se koristiti za usporedbu sa informacijama koje će se dobiti nakon cijelog procesa

Analiziraj – prikupljeni podaci se analiziraju kako bi se došlo do uzroka problema, odnosno do segmenta koji bi se mogao poboljšati određenom intervencijom

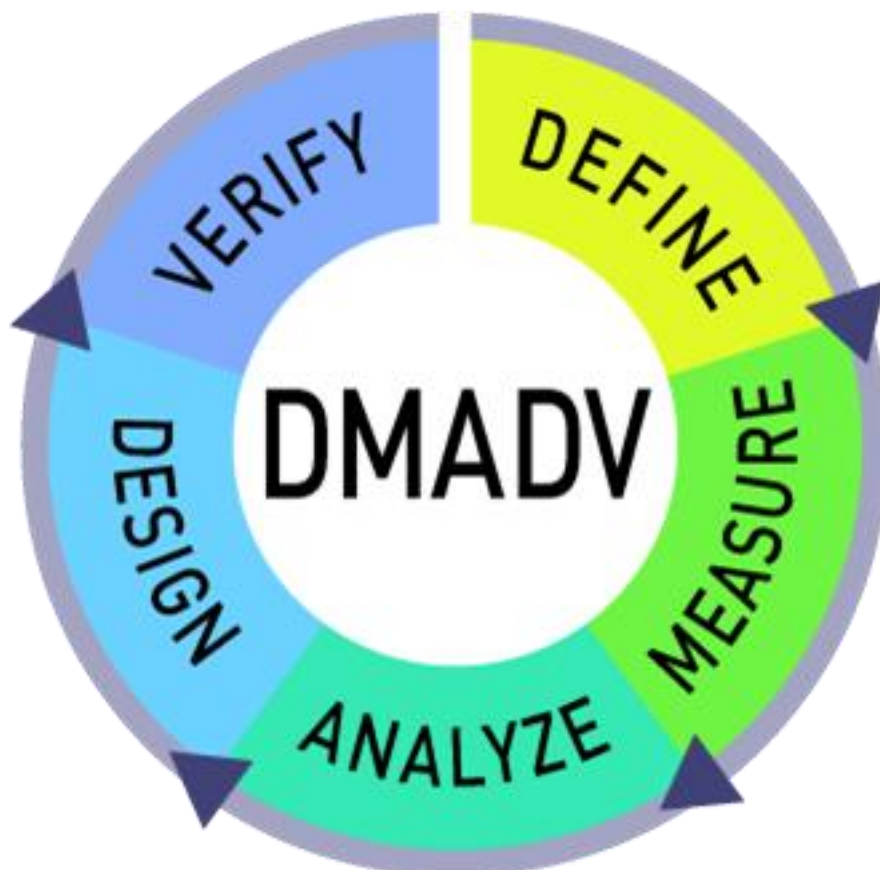
Poboljšaj – ovisno o vrsti problema ili mogućeg poboljšanja, definira se eventualno poboljšanje na temelju izmjerenih i analiziranih parametara. Naravno, planira se i kvantitativno, tj. u kojoj mjeri će dotično poboljšanje utjecati na postojeći sustav, kako financijski tako i u vidu produktivnosti i drugih pokazatelja uspješnosti poslovanja unutar pojedinog poduzeća

Kontroliraj – u zadnjem stadiju ovoga procesa kontrolira se dobiveno primjenom ove metode. Izlazni rezultati uspoređuju se sa prethodnima koji su detektirani kao potencijalno loši, izmjereni u drugom koraku metode. Također, sagledava se i kompletna slika implementiranog rješenja, kako ona utječe na kompletnu strukturu, radnike itd.

#### 4.7.2. DMADV

DMADV (eng. Define – Measure – Analyze – Design – Verify), odnosno definiraj – izmjeri – analiziraj – dizajniraj – verificiraj je metoda unutar okvira alata „šest sigma“ koja se, za razliku od spomenute DMAIC metode, bazira na razvoju novih proizvoda, usluga i slično. Ova metoda još se naziva i DFSS (eng. Design For Six Sigma). [35]

Sličnost sa DMAIC metodom je i više nego očita, jer su i prve tri riječi identične, te predstavljaju slične korake. Jasno, kod DMADV metode se ne definiraju postojeći problemi i ne mjere postojeća stanja, već se definira svrha i mogućnost uvođenja nekog novog sustava, proizvoda, usluge ili nečega drugoga. U drugom koraku, potrebno je spoznati koji su to faktori koji utječu na provedbu same ideje. Dakle, potreban materijal, vrijeme izrade te ostali parametri koji utječu na sam proces. U fazi analize proučavaju se alternativna rješenja, varijacije na temu te moguća poboljšanja prvotne ideje. U zadnja dva koraka dizajnira se, tj. izrađuje i verificira ono što je izrađeno ili stvoreno. [35]



Slika 16. DMADV [35]

## 4.8. Kanban

Jap. Kanban = kartica

Kanban je sustav u domeni lean menadžmenta koji koristi kartice koje služe kao signal da postoji potreba za određenim materijalom, proizvodom itd. Kao uzrok nastajanja spominju se američki supermarketi, jer se u supermarketima police nadopunjavaju kontinuirano u ovisnosti koliko robe je sa njih skinuto. [19]

Dakle, kanban je sistem koji pomoću kartica ukazuje na određenu potrebu. Kanban se koristi najčešće u proizvodnji i montaži, pošto je tamo velika potreba za stalnom dobavom raznih materijala. No, može biti korišten i u brojne druge svrhe. Bit je u tome da kanban funkcionira na „pull“ principu, jer se određena potreba zapisuje i predaje na, za to predviđeno mjesto, te se očekuje da će pod određenim okolnostima, traženo doći tamo gdje je potrebno. Kanban se često spominje i kao alat usko vezan sa već spomenutim „Just-in-time“ alatom, jer je princip vrlo srodan, odnosno pokušava se na što jednostavniji način doći do određenog materijala, informacije i slično.



Slika 17. Kanban [19]

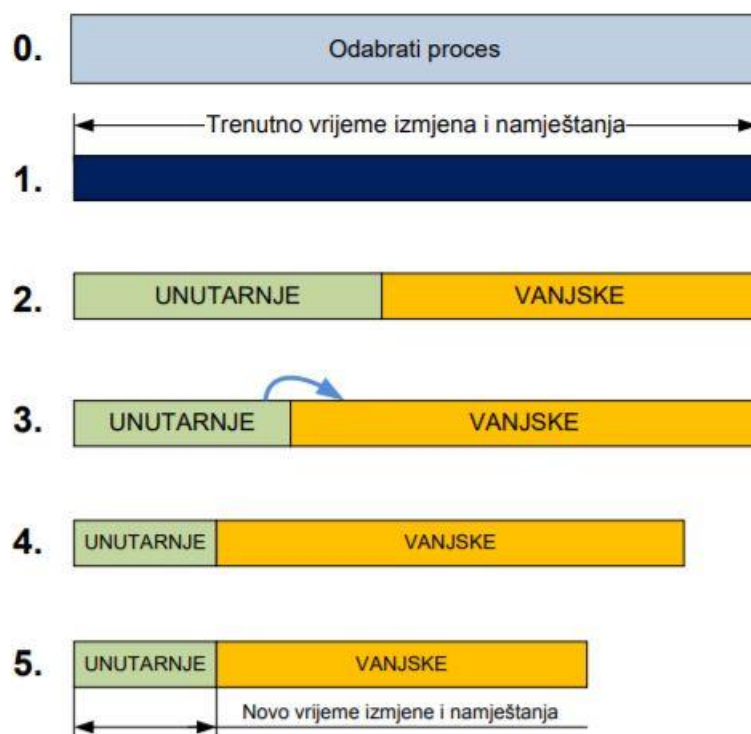


## 4.9. SMED

SMED (eng. Single - minute exchange of die) metoda, u kojoj „single-minute“ predstavlja jednoznačen broj minuta, je još jedna metoda unutar lean „portfelja“, koja je mnogo „opipljivija“ od nekih drugih. SMED predstavlja alat kojim se smanjuje, odnosno skraćuje vrijeme izmjene alata. Dakako, ova metoda ograničena je što se tiče primjene zbog toga što je primjenjiva isključivo na proces izmjene alata.

Kako je već ranije opisivano, današnje poslovanje, posebice u proizvodnom sektoru, mora biti usko vezano sa fleksibilnošću. Svijet je postao „globalno selo“, informacije su široko dostupne, pa samim time i želja ljudi za posebnim zahtjevima raste. Kako bi bili fleksibilni mora postojati mogućnost efikasnog prebacivanja sa izrade jednog, na izradu drugog proizvoda.

Također, prije su strojevi bili specijalizirani za jednu vrstu posla, dok se danas pokušava „izvući“ maksimum iz onoga što je dostupno, te se tako proizvode strojevi koji se određenim podešavanjima mogu prenamijeniti za drugu namjenu. Kao primjer može se navesti obradni centar koji omogućuje proces obrade tokarenja, glodanja, bušenja, brušenja, urezivanja i narezivanja navoja itd. u samo jednom stezanju, što je, ne tako davno, bilo nezamislivo, te su se u vidu toga za svaku pojedinu operaciju upotrebljavali drugi uređaji, odnosno strojevi.



Slika 18. SMED [24]

SMED metoda kazuje nam kako postoje dvije vrste aktivnosti pri procesu izmjene alata, a to su: [24]

- Vanjske (eng. external) – aktivnosti koje se mogu obaviti i kada je stroj u pogonu
- Unutarnje (eng. internal) – aktivnosti koje se obavljaju samo kada stroj stoji

Začetnik SMED-a je Shigeo Shingo, koji je predložio osam tehnika koje bi se trebale koristiti prilikom primjene SMED alata: [36]

1. Odvojiti unutarnje od vanjskih aktivnosti
2. Pretvoriti unutarnje aktivnosti u vanjske
3. Standardizirati operacije
4. Koristiti funkcionalne stezaljke ili potpuno ukloniti zatezače
5. Koristiti prijelazne prihvate
6. Radnje izvoditi paralelno
7. Eliminirati podešavanja
8. Koristiti mehanizaciju

Jasno je kako je, za početak, potrebno prepoznati koje radnje spadaju u vanjske, a koje u unutarnje aktivnosti. Nadalje, važno je i vanjske aktivnosti obaviti dok stroj još uvijek radi, kako unutarnje aktivnosti ne bi čekale na vanjske koje su se mogle obaviti i paralelno.

Poseban naglasak stavlja se na prve dvije točke, jer se u drugoj mogu postići značajne uštede vremena. Dakle, ključ je u odvajanju vanjskih aktivnosti od unutarnjih, kako bi se nakon toga unutarnje mogle pretvoriti u vanjske. Naravno, ne mogu se sve unutarnje aktivnosti pretvoriti u vanjske, ali sa nekima je moguće to izvesti. Samom promjenom unutarnjih aktivnosti u vanjske, dolazi se do mogućnosti eliminacije nepotrebno utrošenog vremena, jer se unutarnje i vanjske aktivnosti mogu obavljati simultano.

Za lakše dočaravanje SMED alata, dovoljno je priložiti činjenicu kako je 1950. godine „pit-stop“ u utrci formula iznosio oko 65 sekundi, dok se danas isto obavlja za otprilike 3 sekunde. Jasno je i da su neke okolnosti bile drugačije, ali razlika je svejedno više nego značajna. [37]

Alati navedeni u ovom, 4. poglavlju, samo su neki od nekolicine koje nam plasira lean menadžment. Neophodno je za bilo koju ozbiljniju organizaciju da prihvati, u najmanju ruku, neke od njih. Jedino na taj način poslovanje može biti lean, ili vitko, u doslovnom prijevodu. U ovom kontekstu riječ „vitko“ predstavlja vitku proizvodnju tj. poslovanje, što je najuže povezano sa gore objašnjenim principom „six sigma“. To znači poslovanje uz mala rasipanja i gubitke, minimalni škart te odličnu organizaciju rukovanja ljudskim resursima, materijalima, opremom koju poduzeće posjeduje itd.

Kako bi došlo do unaprjeđenja nekog segmenta poduzeća, neophodno je upotrijebiti barem neku od metoda navedenih u ovom poglavlju. Kako bi se na praktičnom primjeru, na ispravan način moglo primijeniti neko od navedenih znanja i tehnika, potrebno je vrlo dobro poznavati teoretsku pozadinu tih alata. U daljnjem dijelu ovoga rada biti će opisana primjena nekih od spomenutih metoda na realnom primjeru u proizvodnom sektoru.

## 5. PRIMJENA CJELOVITOG PRISTUPA NA REALNOM PRIMJERU

Kao što je već i spomenuto, praktični dio ovog diplomskog rada bio je rađen u poduzeću „Feroimpex automobilska industrija d.o.o.“. Kako bi se što lakše opisalo obavljeno, prvo će se spomenuti par riječi općenito o poduzeću, te će se postepeno ulaziti u centar problematike i opisivanje pristupa koji je implementiran u poduzeću.

### 5.1. O poduzeću

Poduzeće Feroimpex nastalo je 1976. godine iz bravarske radionice, koja je proizvodila vijke i opruge, te je tijekom godina preraslo u radionicu za proizvodnju dijelova za strojeve za tekstilnu industriju. Danas, poduzeće Feroimpex bavi se proizvodnjom ležajeva, dijelova za autoindustriju, željezničku industriju, te proizvodnjom alata i komponenata ležajeva za vjetroelektrane. Feroimpex broji tim od preko 360 zaposlenih koji djeluju na površini od oko 10 000m<sup>2</sup> proizvodnog pogona. Poduzeće se može pohvaliti svojim dobrim poslovnim rezultatima, a vlasništvo je 100% privatno. [38]



Slika 19. Feroimpex [38]

Konkretno, od strojne obrade poduzeće ima uvjete za postupke tokarenja (na klasičnim i CNC tokarilicama), bušenja, brušenja, glodanja, piljenja, blanjanja, prešanja, zavarivanja itd. Od procesa toplinske obrade najzastupljeniji su postupci kaljenja, poboljšavanja, bajnitnog kaljenja i cementacije. Slike ispod prikazuju neke od proizvoda poduzeća Feroimpex.



**Slika 20. Prsten i valjak**



**Slika 21. Proizvodi za željezničku industriju**

## 5.2. Cjeloviti pristup

Ulaskom u poduzeće „Feroimpex automobilska industrija d.o.o.“, tj. određeni dio pogona proizvodnje poduzeća, uvidjelo se kako postoji potreba za provođenjem određenih alata u cilju poboljšavanja nekih segmenata poput produktivnosti, čistoće, urednosti, organizacije, izmjene alata, praznih hodova i slično. U dogovoru sa profesorom dr. sc. Nedeljkom Štefanićem dipl. ing., ujedno i mentorom ovoga rada, odlučeno je kako će se na određenim linijama, u svrhu unapređenja proizvodnog procesa, provoditi cjeloviti pristup poboljšanja proizvodnje u poduzeću. Pod cjelovitim pristupom misli se na pristup izrađen posebno za ovaj primjer, koji objedinjuje nekoliko metoda objašnjenih u 4. cjelini pod naslovom "Lean menadžment". Stoga, ponajprije će biti objašnjen spomenuti cjeloviti pristup unapređenja proizvodnog procesa, redoslijed operacija i razlog zbog kojeg bi se uopće trebao uvesti.

Pregledavanjem i analizom poduzeća i proizvodnog sustava, te „snimanjem“ samog procesa rada zaposlenika, zaključeno je kako postoji mogućnost, ali i potreba, za provođenjem metode 5S. Iako poduzeće vodi brigu o urednosti, organizaciji i čistoći, ipak su postojali segmenti koje je trebalo doraditi i poboljšati.

Iako se standardizacija vodi kao alat uključen u samu metodu 5S, često se, zbog svoje kompleksnosti i široke primjenjivosti, navodi i kao zaseban alat. Kako u poduzeću Feroimpex, odnosno u pogonu poduzeća postoji određeni broj linija koje služe istoj svrsi, te su samim time i vrlo sličnog izgleda, postoji opravdana mogućnost, ali i potreba, za uvođenjem standardiziranog izgleda linija.

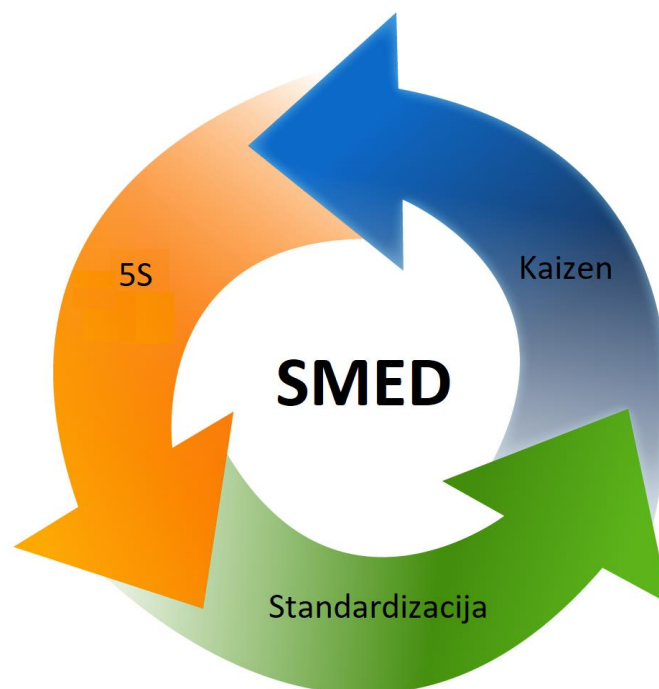
Nadalje, uočena je i potreba za boljom komunikacijom kako bi se na što lakši način došlo do što većih postignuća. Slijedom navedenoga, alat kaizen jedan je od alata koji će biti primijenjeni pri unapređenju proizvodnog procesa. Kaizen je alat kojeg je potrebno kontinuirano implementirati, te će veliki naglasak biti upravo na boljoj komunikaciji, protoku informacija, mogućnosti prijavljivanja eventualnih poteškoća ili nepravilnosti na radnom mjestu itd. Bitno je da postoji kolektivna svijest o činjenici da je uvijek moguće nekome se obratiti u vezi bilo kojeg segmenta unutar proizvodnog procesa.

Zadnja metoda koja će se koristiti je SMED metoda koja se bavi smanjenjem vremena potrebnog za izmjenu alata. Poduzeće Feroimpex ima relativno velik asortiman proizvoda, te je jasno kako za proizvodnju puno različitih proizvoda postoji potreba i za velikim brojem alata koji se mijenjaju po potrebi. U razgovoru sa nadležnim osobama u poduzeću, došlo se do zaključka da je broj izmjena alata dovoljno velik kako bi se išlo u proceduru

implementacije SMED metode. Nadalje, sama vremena izmjene alata nisu zanemarivog iznosa kako bi se eventualno ignoriralo zbog premale moguće uštede.

Nakon detekcije metoda koje bi bilo dobro primijeniti u samom proizvodnom sustavu, potrebno ih je ukomponirati u jednu cjelinu koja će imati logičan slijed. Kako i sama implementacija raznih alata iziskuje određene resurse poput vremena, financijskih troškova i slično, poželjno je potreban posao odraditi na optimalan način. Upravo zato kreirana je ideja o cjelovitom pristupu koja će sadržavati metode 5S, kaizen, standardizaciju i SMED. Primjenom svake metode zasebno, zasigurno bi se utrošilo više vremena i snage, te bi eventualno došlo i do zasićenja volje i ambicija zaposlenika za daljnjim provođenjem alata u poduzeću. Stoga, navedeni alati će se povezati i primjenjivati određenim redosljedom, a neki i simultano.

Cjeloviti pristup unapređenja proizvodnog procesa primijenjen je na nekoliko linija, no biti će opisan primjer na jednoj liniji. Pošto su same linije u velikoj mjeri slične, nisu ni velike razlike u samoj primjeni cjelovitog pristupa. Upravo je ta sličnost bila jedan od razloga pokretanja realizacije ideje cjelovitog pristupa. Prikazani primjer rađen je na liniji 28, koja je specijalizirana za jednog stalnog kupca, te će poslužiti kao idealan primjer za provođenje pristupa. Dodatno je potrebno spomenuti kako je proizvodni sustav poduzeća Feroimpex vrlo dobro organiziran, no svejedno postoje neki detalji koje je moguće promijeniti ili poboljšati, što je i u cilju ovoga diplomskog rada.



Slika 22. Cjeloviti pristup



## 5.2.1. Korak 1

Prije samog početka primjene bilo koje metode, od ključne važnosti je detaljan razgovor sa nadređenima u poduzeću, jer se na taj način mogu u samom startu otkriti najveći nedostaci i potencijalni problemi koje bi trebalo ukloniti. U tome smislu, obavljene su grupne konzultacije sa nadređenima u proizvodnom sustavu kako bi se dogovorili odakle krenuti i na koji način bi se implementacija trebala odvijati.

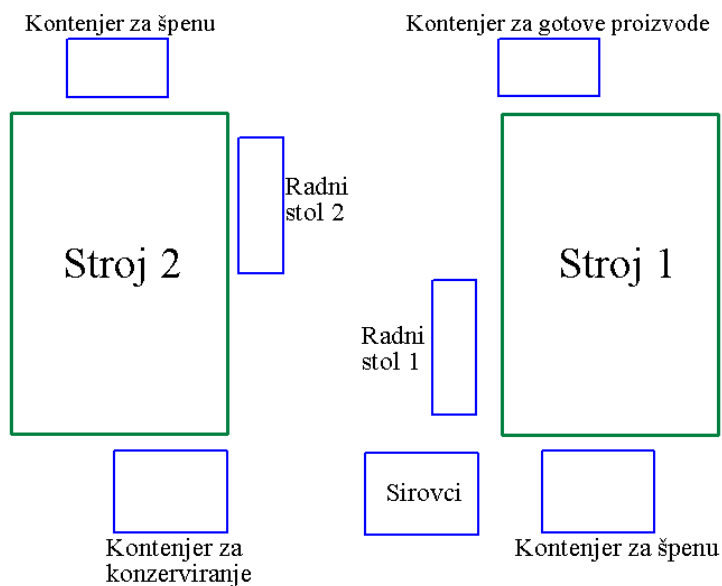
Iako je početak procesa primjene pristupa obilježen metodom 5S, važno je napomenuti kako se kroz cijeli postupak provođenja cjelovitog pristupa koristila metoda „kaizen“, u vidu detaljnih konzultacija sa zaposlenicima, od radnika na liniji pa sve do direktora poduzeća. Vrlo je važno uspostaviti otvorenu komunikaciju među svim slojevima zaposlenih u poduzeću, jer se jedino tako može doći do važnih informacija. Zaposlenik koji radi na samoj liniji definitivno najbolje zna što mu eventualno smeta, ali i što mu odgovara. Po tome principu, kontinuirano su se obavljali informativni razgovori kako bi se maksimalno prilagodilo stvarnim potrebama svih zaposlenika.



Slika 23. 5S princip



Kako bi se moglo početi sa samom praktičnom primjenom metode 5S, potrebno je biti teoretski spreman i potkovan. Slika iznad prikazuje sliku koja je podijeljena zaposlenicima kako bi se ukratko mogli upoznati sa metodom koja će se implementirati na njihovim radnim mjestima. Vrlo je važno i da se sami zaposlenici uvjere kako je ono što se primjenjuje nešto što će njima samima olakšati rad, a samim time doprinijeti zadovoljstvu i ergonomiji na radnom mjestu. Nadalje, navedena slika je i vodilja provoditeljima kako bi uvijek imali podsjetnik na koji način je najbolje provoditi ovaj postupak, te kojih se principa treba držati. Kako bi se omogućila što bolja percepcija, slika ispod prikazivati će tlocrt proizvodne linije.



**Slika 24. Tlocrt proizvodne linije**

## 5.2.2. Korak 2

Nakon konzultacija i kratkog upoznavanja sa pogonom slijedi pregledavanje linije 28 te poduzimanje daljnjih postupaka.



Slika 25. Prvotno stanje linije 28 (1)

Na slici 25 prikazano je stanje linije 28 u trenutku kada se počinjalo sa primjenom cjelovitog pristupa. Jasno je kako je potrebna intervencija alata 5S u određenoj mjeri, jer je očito kako ne postoji jasno definirano mjesto za stvari kao što je krpe, materijal za pakiranje, stanicu za konzerviranje itd. Iz tog razloga, nakon detaljnog pregledavanja linije i njezine okoline, ispunjen je formular akcijskog plana metode 5S, u kojem se zapisuje koje se sve radnje moraju poduzeti kako bi se liniju dovelo u idealno stanje. Akcijski plan koji se ispunjava ručno na licu mjesta, relativno je neuredan i nepregledan, te se za potrebe prikazivanja kasnije prepisuje na računalo. Iz tog razloga, ovdje će biti prikazan 5S akcijski plan izrađen na računalu, bez potpisa nadležnih osoba.

## 5S - Akcijski plan

**Cilj:** Osigurati čisto i uredno radno mjesto na kojem zaposlenici neće biti izloženi opasnostima koje prije u neuređenom prostoru. Cilj je zaposlenicima olakšati traženje pozicija i alata savjesnim vraćanjem istih na označena mjesta. Čisto i uredno radno mjesto ogledalo je poduzeća kao i radnika koji radi na njemu.

| Br | Datum       | Oznaka | Opis  | Odgovoran | Rok         | Izvršeno Datum | Potpis | Primjedbe / Komentari |
|----|-------------|--------|---|-----------|-------------|----------------|--------|-----------------------|
| 1  | 05.12.2018. | 1      | Odrediti mjesto za mjerne ure                                   |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 2  | 05.12.2018. | 2      | Odrediti mjesto za privatne stvari                              |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 3  | 05.12.2018. | 3      | Odrediti mjesto za gotove komade                                |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 4  | 05.12.2018. | 4      | Odrediti mjesto za škart  |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 5  | 05.12.2018. | 5      | Odrediti mjesto za komade za doradu                             |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 6  | 05.12.2018. | 6      | Odrediti mjesto za dokumentaciju                                |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 7  | 05.12.2018. | 7      | Odrediti mjesto za poluproizvode                                |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 8  | 05.12.2018. | 8      | Odrediti mjesto za krpu   |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 9  | 05.12.2018. | 9      | Označiti stanicu za konzerviranje                               |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 10 | 05.12.2018. | 10     | Postaviti podlogu na radni stol                                 |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 11 | 05.12.2018. | 11     | Označiti mjesto za pakirni materijal                            |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 12 | 05.12.2018. | 12     | Označiti mjesto za sirove komade (na stolu i na podu za sanduk) |           | 15.12.2018. |                |        |                       |
| 13 | 05.12.2018. | 13     | Postaviti sliku idealnog izgleda linije                         |           | 15.12.2018. |                |        |                       |

**Tablica 1. Akcijski plan**



Tijekom izrade akcijskog plana, naišlo se i na nekoliko predmeta koji nisu potrebni na toj liniji, te im se dodijelila crvena oznaka. Na crvenoj oznaci vrlo je važno označiti zbog čega je predmet dobio crvenu oznaku, te da li ga je potrebno premjestiti na neko drugo mjesto ili baciti.

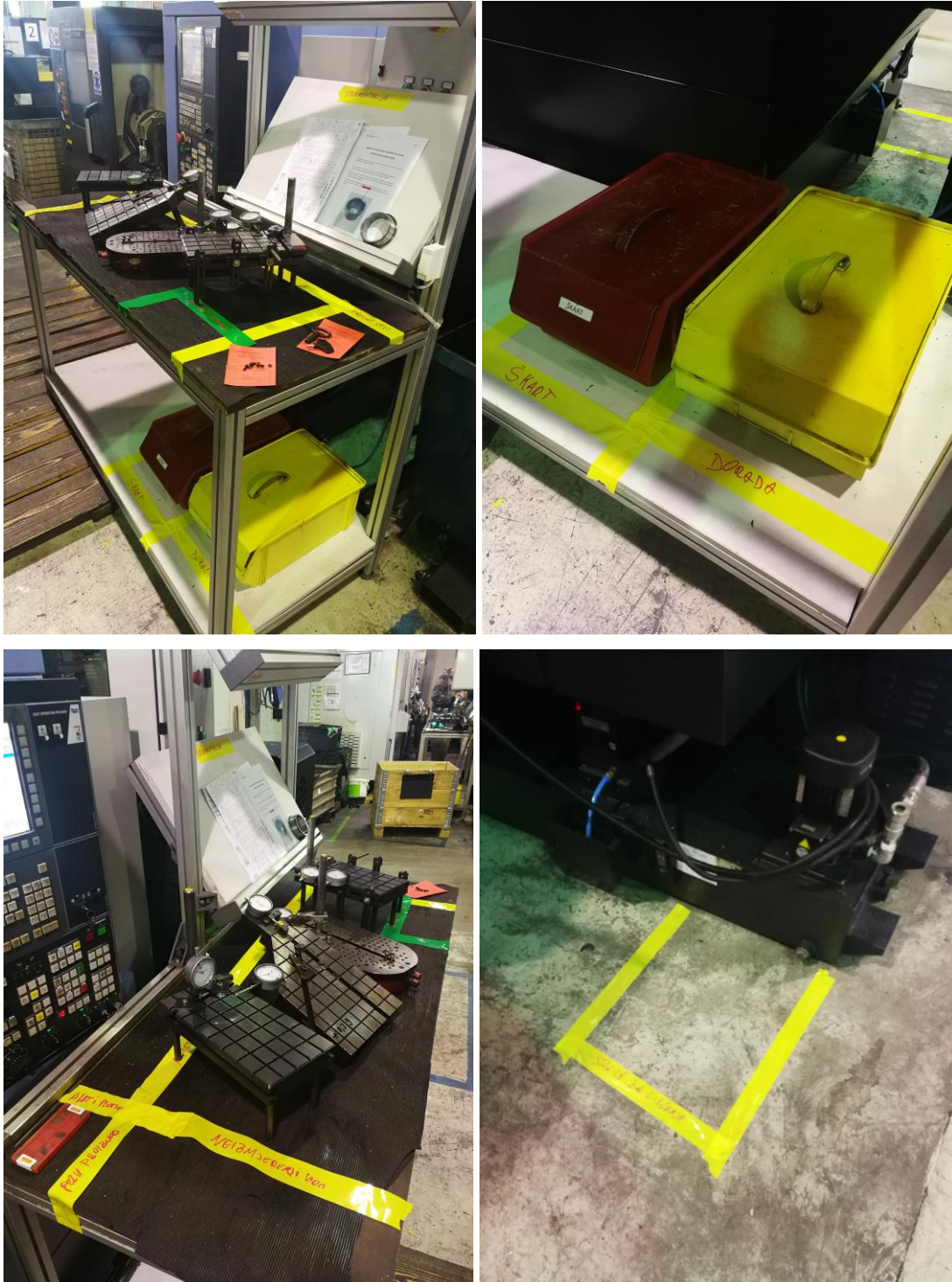


**Slika 26. Predmeti označeni crvenim oznakama**

Kao što se može vidjeti, na ovoj liniji nije bilo mnogo nepotrebnih predmeta, ali bez obzira na to, potrebno je na samoj liniji ostaviti samo ono što je stvarno potrebno za rad, a ostale predmete premjestiti na neko drugo mjesto. Konkretno, ovdje se radilo o dijelovima i alatima koji su potrebni za podešavanje strojeva za rad, te ih je bilo potrebno vratiti osobi koja je taj posao obavljala.

### 5.2.3. Korak 3

Nakon zapisivanja potrebnih intervencija na liniji, kreće se u okvirno označavanje različitih zona. Primjerice, potrebno je označiti prostor za privatne stvari, prostor za alate, stanicu za čišćenje i slično. U početku se to radi sa običnim selotejpom u raznim bojama, da bi se kasnije, na temelju toga, moglo bojama označiti prostore za pojedine predmete, uređaje itd.



Slika 27. Postavljanje oznaka

#### 5.2.4. Korak 4

Nakon postavljanja traka, kreće se u detaljno čišćenje linije. Jasno je da se radi o proizvodnji, te da higijena ne može biti na najvišoj razini, ali mora se dati sve od sebe kako bi okolina bila „zdrava“ za ugodan rad. Zbog toga je poželjno da se održava određeni stupanj čistoće i urednosti na linijama i u cijelom proizvodnom sustavu. Nadalje, kompletan postupak je poželjno standardizirati kako bi, u određenoj mjeri, bio primjenjiv u potpunom pogonu. Kako je već spomenuto, proizvodne linije u halama u velikoj mjeri slične jedna drugoj. Naravno da postoje izuzeci, ali kada pričamo o standardizaciji bitno je zahvatiti najveći dio sustava, što u ovom slučaju svakako i jest. Od naše strane obavljena je potrebna edukacija i pokazivanje na primjerima u proizvodnji. Konkretno, obrađene su 3 linije od početka do kraja kako bi zaposlenicima na pravilan način „sjela“ metoda 5S, te kako bi se dovoljno upoznali sa njom da je i sami znaju primijeniti. Poduzeće je ozbiljno pristupilo implementaciji cjelovitog pristupa, te su sa primjenom 5S metode nastavili sami, uz povremenu kontrolu kako bi svi bili sigurni da se izvedba provodi na ispravan način.

#### 5.2.5. Korak 5

Nakon što je metoda 5S na određenim linijama implementirana do kraja, od velike je važnosti usvajanje plana održavanja. Planovi održavanja mogu biti interno dogovoreni, planirani itd., no važno je da se održavanje provodi redovito i na pravilan način. Metoda 5S, kao i većina drugih, gubi smisao ako se ne pridržavamo svih pravila. Zadnji princip kod alata 5S je upravo održavanje, koji predstavlja kraj implementacije samog postupka metode, ali i nastavak brige o stroju, liniji, proizvodnom sustavu i slično.

### 5.2.6. Korak 6

Nakon usvajanja metode 5S, te nakon što je linija bila spremna za provedbu SMED alata na njoj, nastavilo se sa cjelovitim pristupom unapređenja proizvodnog sustava. Već je ranije objašnjena SMED metoda, i njezini učinci u proizvodnji, tj. kod postupka izmjene alata. Kako bi se ova metoda uopće mogla primijeniti, potrebno je vrlo dobro poznavati procedure pri procesu izmjene alata. Prije samog početka implementacije, održavani su kraći sastanci gdje je cilj bio upoznavanje sa samim postupcima izmjene alata pod određenim okolnostima. Vrsta strojeva, proizvoda i alata u poduzeću Feroimpex jednostavno je previše da bi se moglo na jednom primjeru objasniti kompletno funkcioniranje procesa izmjene alata, ali se od nekuda mora krenuti. Nakon kompletnog dogovora o provođenju SMED alata u poduzeću Feroimpex, pričekalo se do prve potrebe za zamjenom alata. Prvi korak je bio snimanje procesa zamjene alata do najsitnijeg detalja, kako bi se što bolje upoznali sa procesom, te kako bi se lakše uvidjela potencijalna poboljšanja ili greške. U tu namjenu, isprintani su predlošci za SMED analizu na radnom mjestu, na kojima se zapisuju svi koraci, vrijeme trajanja aktivnosti, napomene itd. Kompletan proces izmjene alata, a samim time i snimanje tog procesa, trajalo je 3 sata i 13 minuta. Sve gore navedeno prikazano je u tablici ispod.

| <b>SMED TABLICA</b>                     |  |                    |               | Stroj # <input type="text" value="8, HALA 3"/> |         |           | <b>Prije Kaizen Analize</b>   |             |                     |          |
|---|--|--------------------|---------------|--|---------|-----------|---|-------------|---------------------|----------|
| Minute <input type="text" value="193"/> |  |                    |               | Dio # <input type="text"/>                     |         |           | Datum : <input type="text" value="27.12.2018"/>   |             |                     |          |
|   |  | Operativno vrijeme |               | SMED kategorija                                |         |           | Cilj Plan poboljšavanja   |             |                     |          |
| Redni broj                              | Aktivnost izmjene alata                      | Element            | Vrijeme       | Unutarnja                                      | Vanjska | Gu bita k | Plan poboljšanja  | Eliminirati | Unutarnje u vanjsko | Smanjiti |
| 1                                       | Uzimanje i upisivanje radnog naloga u sustav |                    | 10:45 - 10:48 |  |         |           |   |             |                     |          |
| 2                                       | Provjera dostupnosti otkivaka kod bravara    |                    | 10:48 - 10:58 |  |         |           | Provjera dostupnosti otkivaka ranije  |             |                     |          |
| 3                                       | Čekanje na završetak radnika na liniji       |                    | 10:49 - 10:51 |  |         |           |   |             |                     |          |
| 4                                       | Izmjena pakni na stroju 1                    |                    | 10:51 - 11:34 |  |         |           | Aku - bušilica sa potrebnim nastavcima, standardizacija položaja pakni kako se ne bi pogađalo pri namještanju |             |                     |          |



|    |  |  |               |               |              |  |  |  |  |
|----|--|--|---------------|---------------|--------------|--|--|--|--|
| 5  | Zamjena mjernih urica  |  | 10:54 - 11:28 |               |              |  |  |  |  |
| 6  | Upisivanje "nule" reznog alata u računalo  |  | 11:33 - 11:34 |               |              |  |  |  |  |
| 7  | Upisivanje koda u računalo i provjera da li su alati isti  |  | 11:36 - 11:38 |               |              |  |  |  |  |
| 8  | Simulacija na računalu i puštanje u pogon smanjenom brzinom                                      |  | 11:38 - 11:48 |               |              | Obavezno nošenje zaštitnih naočala, popravak tastatura |  |  |  |
| 9  | Zamjena stezne glave i pločica na stroju 2   |  | 11:48 - 12:04 |               |              |  |  |  |  |
| 10 | Simulacija na računalu i puštanje u pogon smanjenom brzinom                                      |  | 12:04 - 12:07 |               |              |  |  |  |  |
| 11 | Provjera obratka na mjernim urama i korigiranje na strojevima 1 i 2                              |  | 12:07 - 12:31 |               |              |  |  |  |  |
| 12 | Obrada drugog komada pri maksimalnoj brzini i provjera na mjernim urama (prvi komad ide u škart) |  | 12:32 - 12:38 |               |              |  |  |  |  |
| 13 | Pospremanje alata  |  | 12:35 - 12:44 |               |              |  |  |  |  |
| 14 | Obrada trećeg komada pri maksimalnoj brzini  |  | 12:38 - 12:43 |               |              |  |  |  |  |
| 15 | Mjerenje izratka na mjernim urama  |  | 12:43 - 12:44 |               |              |  |  |  |  |
| 16 | Kontrola kvalitete   |  | 12:45 - 13:02 |               |              |  |  |  |  |
| 17 | Izradak nije zadovoljio, povratak na liniju korigirati program                                   |  | 13:04 - 13:07 |               |              |  |  |  |  |
| 18 | Obrada četvrtog otkivka i provjera na mjernim uricama  |  | 13:07 - 13:12 |               |              |  |  |  |  |
| 19 | Kontrola kvalitete - četvrti izradak nije zadovoljio   |  | 13:12 - 13:20 |               |              |  |  |  |  |
| 20 | Korekcija programa, obrada petog otkivka i provjera na mjernim uricama                           |  | 13:21 - 13:52 |               |              |  |  |  |  |
| 21 | Kontrola kvalitete petog komada  |  | 13:52 - 13:56 |               |              |  |  |  |  |
| 22 | Peti izradak je zadovoljio, odlazak do operatera sa dozvolom za puštanje linije u pogon          |  | 13:56 - 13:58 |               |              |  |  |  |  |
|    | <b>Ukupno</b>  |  | <b>193min</b> | <b>149min</b> | <b>90min</b> |  |  |  |  |

Tablica 2. SMED tablica

### 5.2.7. Korak 7

Nakon detaljno ispunjene tablice sa svim napomenama i kompletnom kronologijom događaja, bilo je potrebno analizirati koje su aktivnosti unutarnje, a koje vanjske. Pregledavanjem i zbrajanjem vremena, došlo se do izračuna da je pri spomenutoj izmjeni alata bilo 149 minuta unutarnjih, te 90 minuta vanjskih aktivnosti. Ono što je vrlo važno kod primjene SMED metode, jest upravo težnja prema što manjem omjeru unutarnjih i vanjskih aktivnosti. Kod ovog primjera spomenuti omjer iznosi oko 1,66, što je poprilično visok iznos. Općenito govoreći, uspješnim se smatraju koeficijenti od oko 0,5 na niže. Stoga, jasna je zadaća kod ovog primjera – što više unutarnjih aktivnosti pretvoriti u vanjske.

Nadalje, izrađena je kratka prezentacija koja je bila namijenjena dijelu zaposlenika koji su uključeni u cijelu provedbu procesa SMED metode, te je dogovoren termin sastanka u prostorijama poduzeća kako bi se ista prezentirala. Prezentacija je sadržavala prikazanu tablicu iznad, sa nekim napomenama i predloženim eventualnim poboljšanjima koje je potrebno dodatno prokomentirati sa samim zaposlenicima.

### 5.2.8. Korak 8

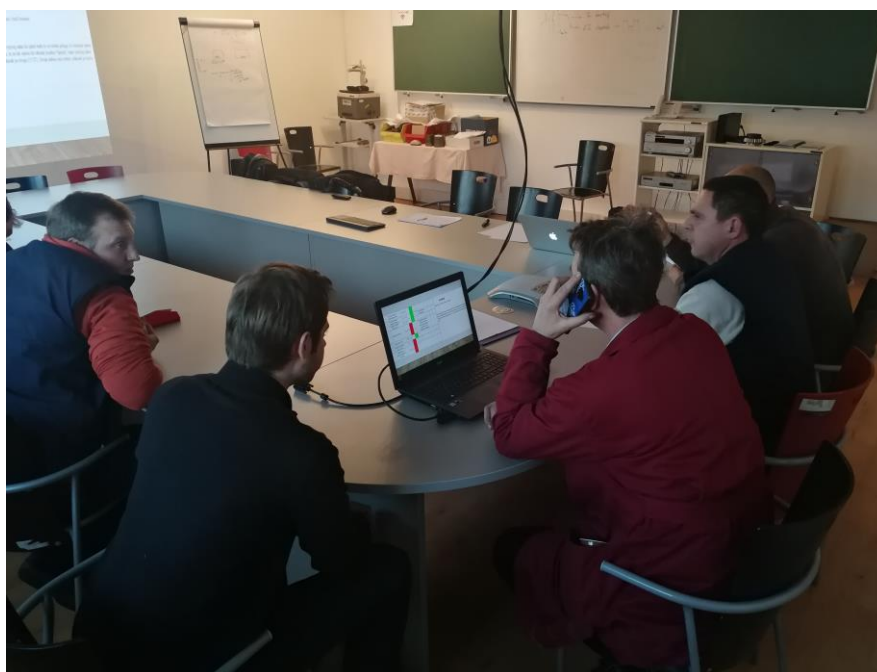
Zakazani sastanak počeo je u 12:00h uvodnim razgovorom i dogovorom o samom tijeku sastanka. Sama prezentacija sa komentiranjem svakog segmenta u procesu opisane izmjene alata trajala je do 12:40h. Osim eventualnih poboljšanja navedenih u tablici iznad, cilj je bio napraviti sukus SMED analize, odnosno sjediniti spomenuta poboljšanja sa idejama zaposlenika, koji su svakako iskusniji na radnom mjestu gdje se analiza provodila, te definitivno znaju pojedine detalje čijom bi se izmjenom došlo do skraćanja vremena izmjene alata, a samim time i unapređenja proizvodnog procesa.

Upravo iz tog razloga, održana je Kaizen radionica, koju je predvodio prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić. Sama radionica trajala je oko 45 minuta, a glavni cilj bio je uvođenje zaposlenika u detalje provedbe cjelovitog pristupa unutar proizvodnog sustava poduzeća Feroimpex.

Grupa od 8 ljudi podijeljena je na dva tima, od kojih su TIM 1 činili zaposlenici Feroimpex-a Vlado H., Zoran L., Hrvoje H. i Danijel G, dok su TIM 2 činili zaposlenici Feroimpex-a Danijel P. i Tomislav V., te Petar G. i Tino D.



**Slika 28. TIM 1**



**Slika 29. TIM 2**

Podjela na timove bila je upravo iz razloga kako bi se stvorile različite ideje potencijalnih poboljšanja, ali i razna gledišta na prezentirana potencijalna poboljšanja pomoću SMED metode. Nakon što su timovi potvrdili da su gotovi sa zapisivanjem ideja, počelo se sa zapisivanjem istih na ploču.

| PRIJEDLOZI KAIZEN RADIONICA  |  |
|--|--|
| TIM 1: HREN H. / HODVATZ   | TIM 2: VITKO   |
| 1. <del>OPREMA</del> ODBRANJE SPECIFIČNIH ZAHTEVA DA PAKUJE PREMA LINIJAMA (POBLOŠKE, ČEPONI!)<br>→ U RN UNIJETI TE ZAHTEVE<br>ŠTELER + TEHNOLOGI<br>UŠTEDA: 140-150 | 1. U INFORMACIJSKOM SUSTAVU OSIGURATI ŠTELERU UVID U BROJ OTKIVAKA<br>KRISTINA KAVALIĆ                     |
| 2. U ALATNICI POSTAVITI TRV. ŠTELETSKI AMERIKANER ZA<br>HREN H., DGRGEO  | 2. PRI DOSTAVI MJERNIH UREĐAJA JOŠ JEDANPUT PROUVJERITI MJERNI INSTRUMENT<br>KONTROLOR                     |
| 3. UREĐAJ ZA ISPITIVANJE UZATRA DONIJETI NA STROJ<br>FRANCISKOVIĆ R. / HAJDUK HANJE  | 3. PROVESTI DODATNA 3-4 MJERE TRAJANJA IZMJENE PAKETNI, TE STANDARDIZIRATI PROLES I ODREĐITI OČEKIVANO VRI |
| 4. UVESTI PRIZEMOSNI KONTUROGRAFI (2 kom.)<br>BLEGAC   | DANIEL GRGEO   |
| UŠTEDE 39' 64"   | UŠTEDE 30"   |
| N. VEDENE   SMED = 1,5 h   |  |

Slika 30. Prijedlozi kaizen radionice

Vidljivo je kako je sveukupno pronađeno sedam potencijalnih poboljšanja, što od jednog, što od drugog tima. Nadalje, imenovane su i nadležne osobe za provedbu određenih zadataka, ovisno o nadležnosti zaposlenika i vrsti potencijalnog poboljšanja. Ono što je možda i najvažnije za spomenuti, jest da su upravo zaposlenici ti koji su, na kraju krajeva, rekli kolika su eventualna skraćanja vremena izmjene alata kod konkretnog slučaja. Tako je TIM 1 za svoja poboljšanja procijenio da bi skraćenje iznosilo oko 60 minuta, dok je TIM 2 procijenio kako bi se implementacijom njihovih promjena došlo do 30ak minuta uštede. Tako se, na kraju ove SMED analize može proglasiti kako se potencijalno ukupno smanjenje trajanja procesa izmjene alata kreće oko 90 minuta, odnosno  $T_{SMED} = 1,5h$ . Dakle, sa 3h i 13 minuta došlo bi se na oko 1h i 40 minuta utrošenih za ovakvu izmjenu alata.

Nadalje, pri samoj primjeni metode 5S, te prilikom održavanja kaizen radionice, naglasak se stavio i na povećavanje sigurnosti i ergonomije zaposlenika na radnom mjestu. U tom smislu metoda 5S evoluirala bi u metodu 6S, gdje bi novi, šesti S bila upravo sigurnost. Pod poboljšavanjem uvjeta sigurnosti i ergonomije na radnom mjestu uvrštena su određena rješenja kao što su nove palete na kojima operater linije stoji, prekrivanje radnog stola linoleumom koji se lakše čisti i održava nego dosadašnje rješenje, premještanje određenih alata na mjesta koja su optimalna za operatera, određivanje mjesta za jedinicu za čišćenje i slično. Osim toga, izrađeni su i određeni prijedlozi za osiguravanje lakšeg rada zaposlenika na radnom mjestu. Primjerice, osiguravanje dovoljnog broja akumulatorskih bušilica koje su potrebne pri procesu izmjene alata, koje bi, osim ergonomije i sigurnosti osigurale i brže izvođenje potrebnih operacija. Nadalje, predložena je i češća upotreba zaštitnih naočala, kao i popravak nekih tastatura na upravljačkim jedinicama, gdje se gubi vrijeme na alternativne načine pritiskanja gumba koji nisu u 100%-tnoj funkciji.



### 5.2.9. Rezultati

Opisani cjeloviti pristup kreće sa metodom 5S, tako da će prvo biti prikazani parcijalni učinci te metode. Spomenuti alat primjenjivao se na nekoliko linija, te se nakon toga prepustilo radnicima i voditeljima da sami nastave sa implementacijom. Poduzeće Feroimpex može se pohvaliti velikim brojem proizvodnih linija, što znači da će morati proći neko vrijeme kako bi sve linije bile obuhvaćene metodom 5S. Upravo zbog toga se provela standardizacija koja omogućava da se na temelju etalona, odnosno linije na kojoj je proveden alat 5S, u budućnosti može primjenjivati ista praksa na drugim linijama.



Slika 31. Rezultati metode 5S

Na slikama 31 i 32 prikazano je idealno stanje proizvodne linije nakon primjene 5S metode. U usporedbi sa ranije prikazanim slikama linije, prije implementacije alata 5S, vidljivo je poboljšanje u vidu urednosti i organiziranosti radnog mjesta, što uvelike doprinosi jednostavnosti obavljanja posla i smanjenju nepotrebnih kretnji zaposlenika. Osim toga, doprinosi se preglednosti radnog mjesta što je važno pri izuzimanju potrebnih predmeta i alata kod obavljanja posla, te se poboljšava ergonomija i samo zadovoljstvo djelatnika na radnom mjestu. Zaposlenici su ključ svakog poduzeća, te se treba držati izreke da je zadovoljan radnik najbolji radnik. Upravo zbog toga potrebno je kontinuirano ulagati napore kako bi se zaposlenicima omogućili što bolji uvjeti za rad.



Slika 32. Rezultati metode 5S (1)

Nakon provedenog kompletnog postupka implementacije cjelovitog pristupa unapređenja proizvodnog sustava, na liniji 27 pregledali su se učinci. Za izradu raznih tipova prstena postoje norme, te se na ovoj liniji izrađuju četiri razne vrste prstena.

| Linija | Tip Prstena | Norma | Prije | Poslije | Postotak poboljšanja |
|--------|-------------|-------|-------|---------|----------------------|
| L27    | Ar4213b     | 315   | 274   | 315     | 15%                  |
| L27    | lrQj314     | 280   | 233   | 276     | 18,5%                |
| L27    | IR3310b     | 180   | 155   | 180     | 16%                  |
| L27    | Ar4213b     | 315   | 274   | 320     | 16,8%                |

**Tablica 3. Broj izrađenih proizvoda**

Prije početka primjene cjelovitog pristupa ostvarivani proizvodni rezultati na toj liniji bili su poprilično ispod postavljene norme. Vidljivo je kako su rezultati nakon primjene cjelovitog pristupa značajno porasli, te je u 2 od 4 slučaja norma i premašena. Čak i uz određeni faktor sigurnosti zbog puno okolnosti koje utječu na broj proizvedenih komada, jasno je kako je poboljšanje ostvareno u svakom slučaju.

Nadalje, potrebno je istaknuti kako se pravi rezultati primjene cjelovitog pristupa još ne vide u punom svijetlu. Razlog tome je činjenica kako je pristup implementiran na svega nekoliko linija unutar proizvodnog sustava, te je potrebno dodatno vrijeme kako bi se proveo i na ostatku proizvodnje. Isto tako, sama primjena dijela pristupa koji se tiče SMED alata nije još potpuno uigran, te je također potrebno dodatno vrijeme kako bi se počeo provoditi pod optimalnim okolnostima.

Osim navedenoga, cjeloviti pristup predstavlja nešto novo u poduzeću, te samim time pruža i dodatne mogućnosti u smislu varijacija na temu i potpunog prilagođavanja pristupa stvarnim potrebama poduzeća. Najbolja potvrda navedenoga je upravo kaizen radionica koja je organizirana u prostorima poduzeća gdje su sami zaposlenici, vođeni temeljima cjelovitog pristupa, došli do spoznaje kako su određene promjene itekako moguće i, dapače, potrebne za ostvarivanje boljitka u cijelom sistemu. Pod boljitak se ne ubrajaju samo brojčane vrijednosti u vidu povećavanja profita, produktivnosti i slično, već i ergonomija, zadovoljstvo i sigurnost svih djelatnika na njihovim radnim mjestima.



## 6. Zaključak

Lean menadžment kao jedna od najpoznatijih metodologija u svijetu proizvodnje, ali i općenito u svijetu poslovanja, ponovno je pokazala svoje mogućnosti. 5S, standardizacija, kaizen i SMED, metode su koje su se upotrebljavale pri implementaciji u praktičnom dijelu ovoga rada. Cjeloviti pristup koji je izrađen kao kombinacija navedenih metoda, rađen je u svrhu olakšavanja primjene tih alata na realnom primjeru. Iako je pristup primijenjen na svega nekoliko linija, dobiveni rezultati vrlo su obećavajući, te garantiraju nastavak primjene istoga na ostatak proizvodnog sustava poduzeća. Dakako, primjena svake nove tehnike, metode ili alata, otvara vrata za implementacijom daljnjih poboljšanja i nadogradnji postojećeg sustava. Kao najveći dokaz tome poslužila je i kaizen radionica gdje su se predlagala i komentirala moguća daljnja poboljšanja u raznim segmentima, od produktivnosti pa sve do ergonomije zaposlenika na radnom mjestu. Vrlo je važan naglasak na osluškivanju potreba i prijedloga samih zaposlenika, jer su upravo oni ti koji su svaki dan na određenom radnom mjestu unutar proizvodnog pogona, te zasigurno najbolje znaju koje su to potencijalne promjene koje bi mogle dovesti do općenitog napretka za kompletan proces proizvodnje. Nadalje, postoji puno drugih metoda koje ovdje nisu obuhvaćene, a postojeće stanje im dopušta primjenu. Kako lean menadžment nadograđuje poslovne sustave, tako i nove metode nadograđuju lean menadžment. U prijevodu, ma koliko se neki sustav činio savršenim, uvijek će se naći mogućnost za dodatni napredak.

## 7. LITERATURA

- [1] Kjell B. Zandin.: MAYNARD'S INDUSTRIAL ENGINEERING HANDBOOK, FIFTH EDITION, The McGraw-Hill Companies, 2004.
- [2] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Industrijska\\_revolucija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Industrijska_revolucija) (27.11.2018.)
- [3] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Druga\\_industrijska\\_revolucija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Druga_industrijska_revolucija) (27.11.2018.)
- [4] <http://arhivanalitika.hr/blog/kraj-dugog-19-stoljeca-druga-industrijska-revolucija/> (27.11.2018)
- [5] [https://sh.wikipedia.org/wiki/Digitalna\\_revolucija](https://sh.wikipedia.org/wiki/Digitalna_revolucija) (28.11.2018.)
- [6] <https://culmena.hr/industrija-4-0/> (01.12.2018.)
- [7] <http://mfluid.blogspot.com/2016/04/seminar-industrija-40.html> (01.12.2018.)
- [8] <https://mreza.bug.hr/daleko-je-hrvatska-od-industrije-4-0/> (01.12.2018.)
- [9] [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/03\\_04\\_2012\\_16718\\_Industrijsko\\_Inzenjerstvo-FSB-Prof\\_Stefanic.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/03_04_2012_16718_Industrijsko_Inzenjerstvo-FSB-Prof_Stefanic.pdf) (02.12.2018.)
- [10] [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20\\_09\\_2011\\_14685\\_Upravljanje\\_znanjem\\_i\\_promjenama\\_VJEZBE.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20_09_2011_14685_Upravljanje_znanjem_i_promjenama_VJEZBE.pdf) (02.12.2018.)
- [11] [http://repositorij.fsb.hr/1099/1/16\\_11\\_2010\\_Diplomski\\_rad\\_Ivan\\_Simic.pdf](http://repositorij.fsb.hr/1099/1/16_11_2010_Diplomski_rad_Ivan_Simic.pdf) (03.12.2018.)
- [12] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Dendral> (03.12.2018.)
- [13] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Monte\\_Carlo\\_metoda](https://hr.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_metoda) (03.12.2018.)
- [14] [http://repositorij.fsb.hr/7347/1/Ma%C5%BEurani%C4%87\\_2017\\_zavrzni\\_preddiplomski.pdf](http://repositorij.fsb.hr/7347/1/Ma%C5%BEurani%C4%87_2017_zavrzni_preddiplomski.pdf) (03.12.2018.)
- [15] <https://repositorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1549/datastream/PDF/view> (04.12.2018.)
- [16] [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/01\\_04\\_2011\\_14696\\_Tehnike\\_mre\\_znog\\_planiranja.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/01_04_2011_14696_Tehnike_mre_znog_planiranja.pdf) (04.12.2018.)
- [17] <http://excelk.com/sr/izrada-gantograma/> (04.12.2018.)
- [18] [http://repositorij.fsb.hr/7944/1/Doroti%C4%87\\_2017\\_zavr%C5%A1ni\\_preddiplomski.pdf](http://repositorij.fsb.hr/7944/1/Doroti%C4%87_2017_zavr%C5%A1ni_preddiplomski.pdf) (05.12.2018.)

- [19] [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20\\_09\\_2011\\_14682\\_Osnove\\_menadzmenta-LEAN.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20_09_2011_14682_Osnove_menadzmenta-LEAN.pdf) (06.12.2018.)
- [20] [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/10\\_05\\_2012\\_16882\\_UZIP\\_-\\_Lean\\_proizvodnja.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/10_05_2012_16882_UZIP_-_Lean_proizvodnja.pdf) (07.12.2018.)
- [21] <http://www.the5sstore.com/5s-adhesive-redtag-50pack.html> (10.12.2018.)
- [22] Prezentacija: Just in time, Lean Operations, 2013., <https://www.slideshare.net/SINGHZEE/just-in-time-and-lean-operation-chapter-presentation> (11.12.2018.)
- [23] Točno-Na-Vrijeme, 2013., <https://hr.wikipedia.org/wiki/To%C4%8Dno-Na-Vrijeme> (11.12.2018.)
- [24] M. Hegedić, MODEL UPRAVLJANJA PROIZVODNJOM INTEGRIRANJEM VITKOGA I ZELENOGA MENADŽMENTA, Doktorski rad, Zagreb, 2017.
- [25] Kaizen, 2018., <https://en.wikipedia.org/wiki/Kaizen> (12.12.2018.)
- [26] TPS, LEAN i ostalo iz biznisa, 29. KAIZEN, 2013., <http://tps-lean-posao.blogspot.com/2013/01/29-kaizen.html> (14.12.2018.)
- [27] PDCA krug (Demingov krug), 2013., <http://www.svijet-kvalitete.com/index.php/upravljanje-kvalitetom/948-pdca-krug> (14.12.2018.)
- [28] <http://wandelweb.de/images/grafik/PDCA-Kaizen.png> (14.12.2018.)
- [29] 5 Whys, 2018., [https://en.wikipedia.org/wiki/5\\_Whys](https://en.wikipedia.org/wiki/5_Whys) (15.12.2018.)
- [30] A. Franz, The 5 Whys: Getting to the Root of the matter, 2016., <https://www.cx-journey.com/2016/09/the-5-whys-getting-to-root-of-matter.html> (15.12.2018.)
- [31] ŠEST SIGMA, [http://strojevi.grf.unizg.hr/media/Odabrana%20poglavlja%20upravljanja%20kvalitetom/Sest%20sigma%202011\\_12.pdf](http://strojevi.grf.unizg.hr/media/Odabrana%20poglavlja%20upravljanja%20kvalitetom/Sest%20sigma%202011_12.pdf) (17.12.2018.)
- [32] What is Lean Six Sigma?, <https://goleansixsigma.com/what-is-lean-six-sigma/> (19.12.2018.)
- [33] D. Petrovečki, PRIMJENA METODA VITKOG MENADŽMENTA I ŠEST SIGME, Završni rad, Zagreb, 2015.
- [34] A. Graves, What is DMAIC?, 2012., <https://www.sixsigmadaily.com/what-is-dmaic/> (19.12.2018.)

- 
- [35] A. Graves, What is DMADV?, 2012., <https://www.sixsigmadaily.com/what-is-dmadv/> (20.12.2018.)
- [36] Single-minute exchange of die, 2018., [https://en.wikipedia.org/wiki/Single-minute\\_exchange\\_of\\_die](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-minute_exchange_of_die) (21.12.2018.)
- [37] SMED – Creative Quick Changeover Exercises and Training, 2014., <https://www.allaboutlean.com/smed-exercises/> (21.12.2018.)
- [38] [http://feroimpex.hr/?page\\_id=3410&lang=hr-2](http://feroimpex.hr/?page_id=3410&lang=hr-2) (22.12.2018.)

## **PRILOZI**

I. CD-R disc