

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ivan Čičak

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Metode poboljšanja proizvodnih procesa

Mentori:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Student:

Ivan Čičak

Zagreb, 2019

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

Zahvala

Tijekom same razrade zadatka nailazio sam na niz problema pa bih stoga posebno zahvalio svom mentoru **Prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću** na razumijevanju, podršci i korisnim savjetima.

Osim toga, želio bih se zahvaliti svim prijateljima i rodbini, a posebno svojim roditeljima na pruženoj potpori te strpljenju i razumijevanju koje su imali za mene tijekom svih ovih godina školovanja.

Ivan Čičak



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	
Ur. broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **IVAN ČIČAK** Mat. br.: **0035189486**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Metode poboljšavanja proizvodnih procesa**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Methods of improvement production processes**

Opis zadatka:

Proizvodnja predstavlja preobrazbu ulaznih resursa (sirovina, materijal, energija, informacije) u poluproizvode ili proizvode. Prilikom transformacije pojavljuje se veliki broj procesa: strojna obrada, obrada bez odvajanja čestica, logistika, održavanje, kontrola i drugi. Da bi poduzeće održalo svoju poziciju na tržištu, treba kontinuirano raditi na poboljšavanju svojih procesa. U području Industrijskog inženjerstva razvijen je značajan broj vrlo efikasnih metoda za kontinuirano poboljšavanje proizvodnih procesa.

U radu je potrebno:

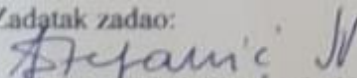
- Sistematizirati metode za poboljšavanje proizvodnih procesa te odabrati tri metode koje su pogodne za primjenu u industriji Republike Hrvatske.
- Detaljno opisati odabrane tri metode poboljšavanja proizvodnih procesa (definicija, matematičke osnove, alati, metrika, primjenjivost...).
- Na proizvoljno odabranom proizvodnom poduzeću primijeniti jednu od odabranih metoda (analiza postojećeg načina rada, prijedlozi za poboljšavanje, prijedlog novog načina rada).
- Kvantificirati postignute rezultate (metrika procesa).
- Razraditi softversku podršku za primjenu odabrane metode.

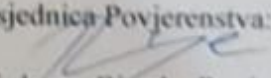
U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
02. svibnja 2019.

Rok predaje rada:
04. srpnja 2019.

Predviđeni datum obrane:
10. srpnja 2019.
11. srpnja 2019.
12. srpnja 2019.

Zadatak zadao:

prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednica Povjerenstva:

prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. KARAKTERISTIKE PROIZVODNIH PROCESA	2
2.1. Pojedinačna proizvodnja.....	2
2.2. Masovna proizvodnja	3
2.3. Vitka proizvodnja	4
2.4. Proizvodni pristup.....	6
2.4.1. BPR	6
2.4.2. ERP.....	6
2.4.3. BPM	8
2.5. Lanac vrijednosti proizvodnog procesa	9
2.6. Poboljšanje procesa	11
2.7. Pull sustav.....	11
3. METODE OPTIMIZACIJE PROIZVODNIH PROCESA.....	14
3.1. Dosadašnja primjena pojedinih metoda.....	18
3.2. Lean metodologija	20
3.2.1. Načelo <i>Lean</i> metodologije	22
3.2.2. Gubici <i>Lean</i> proizvodnje.....	24
3.3. Six Sigma.....	25
3.3.1. Metodologija Six Sigme.....	27
3.3.2. Hijerarhija Six Sigme	29
3.4. Kaizen metodologija.....	31
4. OPTIMIZACIJA PROIZVODNOG PROCESA NA PRIMJERU PODUZEĆA KFK... 35	
4.1. Općenito o poduzeću	35
4.2. Raspored i opis operacija.....	37

4.3. Pristup poboljšanju	39
4.3.1. Definiranje potencijalnih područja unaprjeđenja	39
4.3.2. Informativni razgovori s osobljem u svrhu definiranja problema	40
4.3.3. Pregledavanje trenutnog stanja oko proizvodnih linija	41
4.3.4. Provedba Kaizen radionice.....	44
4.3.5. Postupci poduzeti u svrhu primjene 5S metode	45
4.3.6. Rad dvaju proizvodnih linija prije uvođenja promjena	47
4.3.7. Rad dvaju proizvodnih linija nakon uvođenja promjena	48
5. ZAKLJUČAK	51

POPIS SLIKA

Slika 1. Shematski prikaz proizvodnih procesa	2
Slika 2. ERP sustav	7
Slika 3. BPM	8
Slika 4. Lanac vrijednosti [6]	10
Slika 5. Proizvodni sustav [5]	10
Slika 6. Kontinuirana poboljšanja [5]	11
Slika 7. Nadopunjavajući <i>pull</i> sustav [7]	12
Slika 8. Sekvencijalni <i>pull</i> sustav [7]	13
Slika 9. Mješoviti <i>pull</i> sustav [7],	13
Slika 10. Pokazatelji efektivnosti [8]	18
Slika 11. Model povezanosti suvremenih metoda poboljšanja poslovnih procesa i poslovne uspješnosti [8]	19
Slika 12. 22 prakse <i>Lean</i> sustava [10].....	21
Slika 13. Osnovna <i>Lean</i> načela [12].....	22
Slika 14. Karakteristike <i>Lean</i> proizvodnje [13]	23
Slika 15. Rasipanje procesa i pomak centra rasipanja	27
Slika 16. DMAIC ciklus.....	28
Slika 17. DMADV ciklus	29
Slika 18. Hijerarhija Six Sigme.....	30
Slika 19. Kaizen pristup poboljšanja [17]	31
Slika 20. PDCA ciklus [18].....	33
Slika 21. Proizvodno skladište KFK poduzeća [19]	36
Slika 22. Nepotreban materijal i smeće oko proizvodnih linija	42
Slika 23. Neuredan ormarić zbog nedostatka mjesta	42
Slika 24. Neurednost oko kontrolne ploče	43
Slika 25. Odlaganje smeće na nepredviđeno mjesto	43
Slika 26. Plan Kaizen radionice	45
Slika 27. Uređen prostor oko kontrolne ploče.....	45
Slika 28. Uredna proizvodna linija.....	46
Slika 29. Nove kante za sortiranje otpada	46
Slika 30. Dijagramski prikaz rada proizvodnih linija	48

Slika 31. Dijagramski prikaz proizvodnih linija	49
---	----

POPIS TABLICA

Tablica 1. Usporedba proizvodnje [1].....	5
Tablica 2. Sigma razina.....	26
Tablica 3. 5S Formular.....	41
Tablica 4. Broj gotovih proizvoda proizvodnih linija nakon svakog dana u tjednu	47
Tablica 5. Broj gotovih proizvoda nakon svakog dana u tjednu	49

SAŽETAK

Tema diplomskog rada su "Metode poboljšanja proizvodnih procesa". U današnje vrijeme proizvodni sustavi se moraju prilagođavati svakodnevnim promjenama koje zahtijevaju inovativnosti i veće zahtjeve kupaca za kvalitetom. Potrebno je kontinuirano poduzimati mjere kao što su povećanje efikasnosti i produktivnosti, smanjenje troškova proizvodnje, razvoj novih tehnologija, skraćenje protoka kroz proizvodnju uz poboljšanja kvalitete proizvoda. U radu je napravljena analiza poduzeća KFK d.o.o. koja je postala lider na tržištu aluminijskih i staklenih fasada.

Ključne riječi: optimizacija, lean, kaizen, six sigma

SUMMARY

The thesis topic is "Methods of Improvement of Production Processes". Nowadays, production systems have to adapt to day-to-day changes that require innovativeness and greater customer demand for quality. Continuous measures such as increasing efficiency and productivity, reducing production costs, developing new technologies, shortening production flows, and improving product quality, are needed. The paper analyzes the company KFK d.o.o. which has become the market leader in aluminum and glass facades.

Key words: optimization, lean, kaizen, six sigma

1. UVOD

U današnje vrijeme svjetski proizvodni sustavi se moraju prilagođavati svakodnevnim promjenama koje zahtijevaju sve veće inovativnosti i veće zahtjeve kupaca za kvalitetom. Potrebno je kontinuirano poduzimati mjere kao što su povećanje efikasnosti i produktivnosti, smanjenje troškova proizvodnje, razvoj novih tehnologija, skraćivanje protoka kroz proizvodnju uz poboljšanja kvalitete proizvoda.

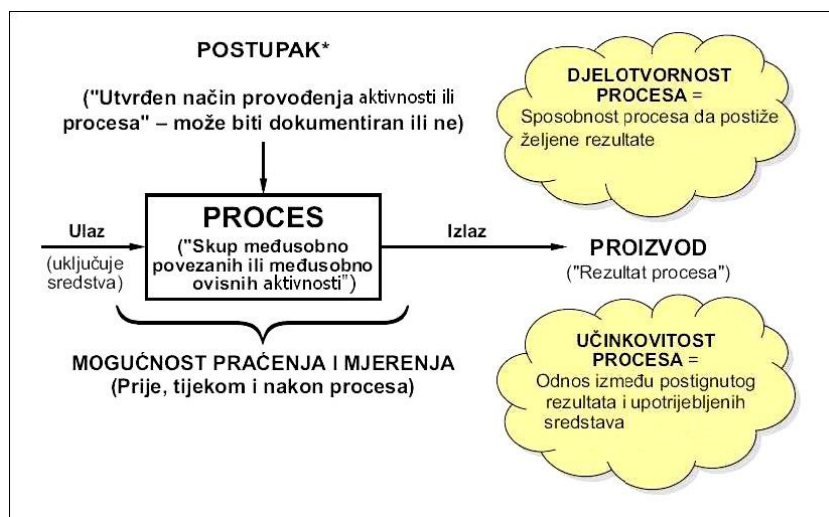
Cilj ovog rada bio je istražiti primjenu i utjecaj metoda poboljšanja na poslovnu uspješnost poduzeća, te uvidjeti koriste li se poduzeća nekom od danas poznatih suvremenih metoda poboljšanja, te je li njihova primjena ima pozitivan utjecaj na pokazatelje efikasnosti i pokazatelje efektivnosti. Analiza je napravljena na primjeru poduzeća KFK d.o.o. koja je postala lider na tržištu aluminijskih i staklenih fasada. Rad se sastoji od sljedećih poglavlja:

1. Karakteristike proizvodnih procesa
2. Metode optimizacije proizvodnih procesa
3. Optimizacija proizvodnog procesa na primjeru poduzeća KFK d.o.o.

U prvom poglavlju su opisane karakteristike proizvodnih procesa, dok su u drugom poglavlju opisane metode optimizacije proizvodnih procesa pri čemu je naglasak stavljena na *Lean* metodologiju, *Six Sigma* i *Kaizen* metodologiju. U trećem poglavlju je napravljena analiza optimizacije za poduzeće KFK d.o.o. Na kraju rada su izneseni zaključci na temelju prethodno razrađene tematike.

2. KARAKTERISTIKE PROIZVODNIH PROCESA

Procesni pristup podrazumijeva svaku organizaciju, odnosno svaki njen dio kao proces koji pretvara ulazne komponente u izlazne veličine. Procesnim pristupom se procesi pokušavaju učiniti vidljivima, te se time unaprjeđuje organizacija. Horizontalni pristup organizaciji je temelj razumijevanja poslovnih aktivnosti. Na slici 1 prikazan je shematski prikaz proizvodnih procesa.



Slika 1. Shematski prikaz proizvodnih procesa

Proizvodni proces, odnosno sustava je u čestoj interakciji sa svojom unutarnjom i vanjskom okolinom što može dovesti do odgovarajućih promjena u proizvodnim inputima, outputima ili transformacijskom sustavu. Upravljanje proizvodnjom stoga uključuje i kontinuirano nadgledanje sustava i okoline. Proizvodnja se na vrstu i količinu proizvodnih jedinica dijeli na:

- pojedinačna ili maloserijska proizvodnja,
- masovna ili velikoserijska proizvodnja,
- procesna proizvodnja.

2.1. Pojedinačna proizvodnja

Ovom vrstom proizvodnje proizvode se visokospecijalizirani proizvodi kao što su energetske transformatori, parne turbine, brodovi i slično. U pravilu je radno intenzivna i veoma zahtjevna naspram visokokvalificiranog rada što ne znači da se ne koristi određena standardizirana oprema. Ovaj tip proizvodnje nema veliku efikasnost te je ona u odnosu prema drugim tipovima proizvodnje na najnižoj razini.

Karakteriziraju je:

- izrada prema zahtjevima kupca,
- svaki proizvod je različit,
- visokokvalificirani radnici,
- nestalna kvaliteta,
- male zalihe,
- veliki troškovi.

2.2. Masovna proizvodnja

Poslovni sustav razvijen u ranom 20. stoljeću za organiziranje i upravljanje razvojem proizvoda, proizvodnih operacija, nabave i odnosa s kupcima. Karakteriziraju je:

- podjela poslova na „one koji misle“ i „one koji rade“
- velike serije
- mala raznolikost
- niski troškovi i cijena proizvoda
- zamjenjivi dijelovi
- velike zalihe
- visok stupanj automatizacije
- kruta hijerarhija
- sekvencijalna proizvodnja
- neredovita isporuka sirovina, materijala i poluproizvoda u velikim količinama
- prognoze u planiranju proizvodnje koje se često pokazu pogrešnim što dovodi do guranja proizvoda kupcima kako bi se ispraznile zalihe

Masovnu proizvodnju možemo podijeliti na:

- krutu masovnu proizvodnju
- fleksibilnu masovnu proizvodnju

Krutu masovnu proizvodnju karakterizira visok stupanj standardizacije rada i svih procesa unutar organizacije. Ona uključuje visoka kapitalna ulaganja u opremu i tehnologiju kojom se dolazi do velikih količina proizvoda. Iziskuje je visoka razina znanja i iskustva prilikom projektiranja tehnološkog procesa te u održavanju radne sposobnosti tehničkog sustava za razliku od radnika u proizvodnji koji su većinom niže stručne osposobljenosti. Poduzeća koja imaju krutu masovnu

proizvodnju moraju uvjetovati kupcima da prilagode svoj ukus i potrebe uskom asortimanu proizvodnje. Jedino uz taj uvjet ovaj tip proizvodnje može polučiti visoku razinu proizvodne, a time i ekonomske efikasnosti.

Fleksibilna masovna proizvodnja predstavlja poboljšanje krute masovne proizvodnje koje se sastoji u tome da se proizvodi velika količina proizvoda koji nisu standardne kvalitete i standardne vrste. Neke tvrtke vozila u proizvodnji glavnih komponenti vozila ima krutu masovnu proizvodnju, a u fazama finalizacije svojih vozila provodi i nudi proizvode prilagođene ukusima i preferencijama brojnim i raznovrsnim grupama potrošača kojima je svojstvena nejednaka i veoma disperzirana kupovna snaga. Zbog te svoje fleksibilnosti ovaj se tip proizvodnje sve više nameće i postaje snažno prisutan u velikim industrijskim poduzećima koja postižu veoma visoku proizvodnu i ekonomsku efikasnost.

2.3. Vitka proizvodnja

Vitka proizvodnja (*Lean Production*) omogućava da se odredi točna vrijednost proizvoda iz perspektive kupca, poslože sve aktivnosti koje dodaju vrijednost u najboljem mogućem redoslijedu te se provode te aktivnosti bez smetnji kad god se ukaže potreba za njima, što dovodi do znatnog povećanja efikasnosti svih procesa u poduzeću. Ukratko, vitka proizvodnja omogućava da se ostvari više toga uz manje ljudskog rada, manje opreme, manje vremena i manje prostora, istovremeno se približavajući željama kupaca. Može se definirati kao pristup poslovanju koji zapošljava široko osposobljene i educirane radnike, podržava rad u među funkcionalnim timovima, koristi moderne komunikacijske sustave, njeguje partnerstvo s dobavljačima i podizvođačima te koristi visokofleksibilne automatizirane strojeve za proizvodnju raznovrsnih proizvoda. Koncept vitke proizvodnje podrazumijeva širenje poslova i zadaća zaposlenika do maksimuma te jačanje njihove odgovornosti. To je u potpunoj suprotnosti s drugim proizvodnjama kod kojih se uvelike smanjuje odgovornost zaposlenika i njihova potreba za razmišljanjem sve u cilju kako bi se posao pojednostavio do maksimuma.

Usporedba pojedinačne, masovne i vitke proizvodnje je prikazana u tablici 1.

Tablica 1. Usporedba proizvodnje [1]

	Pojedinačna proizvodnja	Masovna proizvodnja	Vitka proizvodnja
Fokus	Zadatak	Proizvod	Kupac
Aktivnost	Pojedinačni proizvodi	Velike količine	Sinkronizirani tok i povlačenje
Cilj	Vještina	Smanjenje troškova i povećavanje efikasnosti	Eliminiranje gubitaka i dodavanje vrijednosti proizvodu
Kvaliteta	Dio vještine (integrirana)	Kontrola (faza nakon proizvodnje)	Ugrađena u proizvod u fazi konstrukcije i proizvodnje
Poslovna strategija	Prilagođavanje korisniku	Ekonomija obujma i automatizacija	Fleksibilnost i prilagodljivost
Poboljšanja	Konstantan rad na poboljšavanju vještine	Periodično i ciljana edukacija stručnjaka	Kontinuirano usavršavanje zaposlenika

Rasipanje u proizvodnji dolazi iz sljedećih razloga [2]:

- škart – prekid toka, dodatni troškovi zbog analize i uklanjanja pogrešaka,
- prekomjerna proizvodnja – stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati na tržište,
- čekanje – čekanje materijala, čekanje radnika, čekanje na isporuku,
- neiskorišteni potencijali – neiskorišteni potencijali zaposlenika, njihovih znanja i vještina,
- transport – nepotreban transport proizvoda i materijala,
- zalihe – višak proizvoda i materijala na skladištu,
- nepotrebni pokreti – nepotrebni pokreti zaposlenika,
- prekomjerna obrada – dodatna obrada ili bolja kvaliteta nego što kupac zahtjeva.

2.4. Proizvodni pristup

Proizvodne pristupe dijelimo na:

- BPR (*Business Process Reengineering*),
- ERP (*Enterprise Resource Planning*),
- BPM (*Business Process Management*).

2.4.1. BPR

Val reinženjeringa poslovnih procesa (BPR) je krenuo u ranim 90-tim, poslovni procesi nisu bili eksplicitno definirani i upravljačke teorije su se fokusirale na optimizaciju funkcionalnih procedura unutar tvrtki. Izvedba je bila kritična komponenta koja se nije mogla realizirati. Neki od vodećih razloga praktičnog neuspjeha BPR su:

- financijski upitna isplativost u odnosi vrijeme/troškovi,
- nejasna definicija što se *BPR* -om zapravo postiže,
- nerealna očekivanja,
- nedostatni resursi,
- neprikladno vremensko trajanje procesa redizajna,
- pomanjkanje podrške unutar organizacije,
- pogrešno definiran cilj (ili preuzak ili preširok),
- prejako ili preslabo oslanjanje na IT,
- nedostatak efikasne metodologije.

2.4.2. ERP

Enterprise Resource Planning (ERP) sistemi integriraju sve podatke i procese organizacije u ujedinen sustav. To je paket modula koji u potpunosti pokrivaju poslovne zahtjeve organizacija, bilo kojeg profila. ERP sustav koristi višestruke komponente softvera i hardvera kako bi se postigla integracija. Ključni dio svih ERP sustava je unificirana baza podataka gdje se pohranjuju podaci za različite module sustava. Na slici 2 je ERP sustav.



Slika 2. ERP sustav

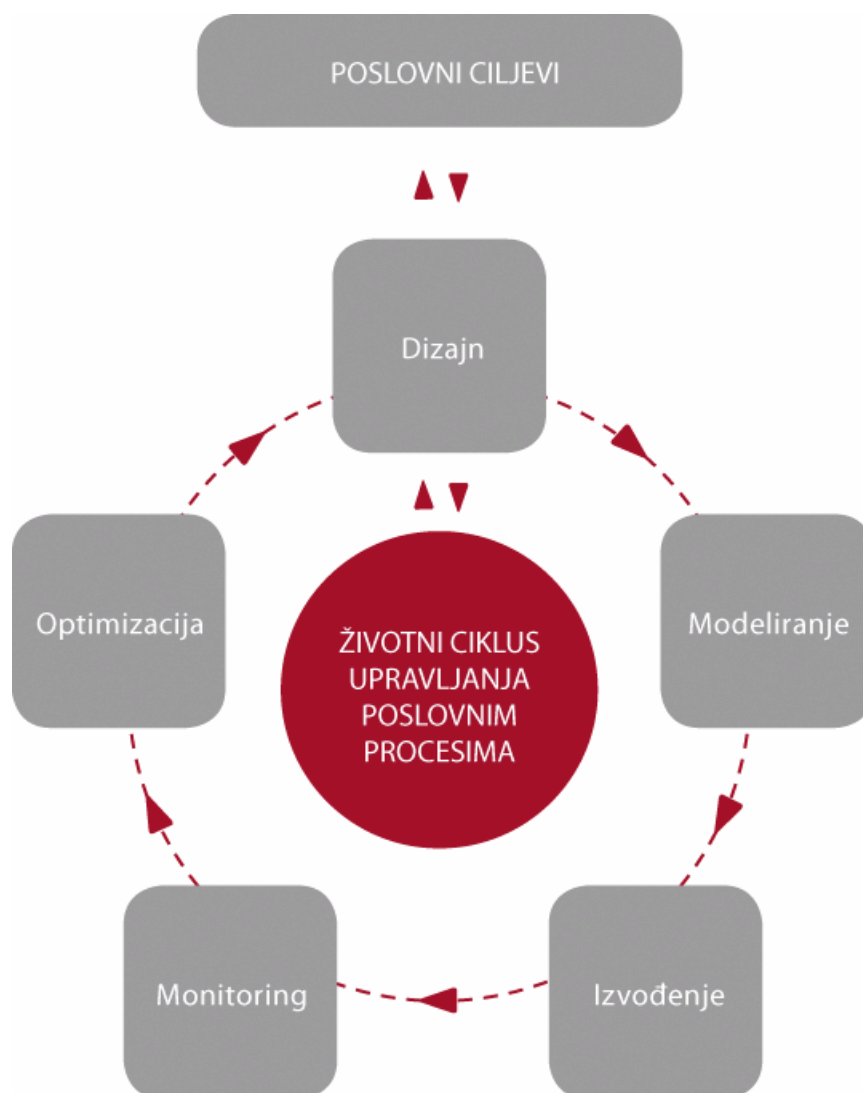
ERP je zapravo evoluirani oblik MRP, koji se zasnivao na upravljanju proizvodnjom gradeći materijalno skladište ispred svakog proizvodnog koraka. Iako je to dalo izvanredne rezultate u MRP pristupu, preslikavanje na ERP je podrazumijevalo takvu gradnju sačinjenu od ljudskog i vremenskog potencijala te financija. Takav pristup je čak bio učinkovitiji od samog MRP-a. Ali samo kada je implementacija ERP sustava bila učinkovita. Jedna od glavnih poteškoća implementacije ERP-a je potreba za društvenom transformacijom sustava organizacije.

Pored opće rečenog, neki od glavnih razloga neuspjeha ERP-a u dijelu realizacije, mogu se prikazati prema slijedećoj podijeli:

- Neprikladno odabrano rješenje ERP sustava = 15,6%,
- Nedovršenost implementacije tj. loše postavljene sustava = 19,1%,
- Nekorisnost sustava, odnosno neiskorištenost funkcionalnosti = 42,17%,
- Neefikasna uporaba sustava, loša obučanost djelatnika = 23,13%.

2.4.3. BPM

BPM vodi prema bržem povratu investicije i podržavanju postojeće organizacijske strukture i poslovnih procesa te prati ovisnost o postojećim korporativnim potencijalima. Na slici 3 je prikazan shematski prikaz BPM-a.



Slika 3. BPM

Osigurava pojednostavljenje poslovnih zahtjeva ka razvoju kompleksnih poslovnih logika i pretvaranje u aplikativno podržani oblik bez potrebe za razvojem tradicionalnih računalnih programa kroz izraz *Zero Code Design*. BPM ne zahtjeva koncept aplikativnog razvoja koji se odnosi na *lifecycle* pristup kako je tradicionalno definiran: dizajn aplikacija, implementacija, testiranje i razvoj.

BPM ispunjava prazninu između organizacije i IT-a, pribjegavajući bitno drugačijoj strategiji. Umjesto da pokušava obrnuti prirodni lanac komandi između organizacijskih jedinica i IT-a,

BPM usmjerava međudnos organizacije i IT-a osiguravajući objema sličan jezik koji omogućava poslovnim jedinicama izreći što one žele, a IT organizacijama pitati što organizaciji treba.

BPM se zasniva za arhitekturi koja osigurava da jedan model može biti dijeljen i održavan tijekom čitavog životnog ciklusa nekog procesa. Umjesto da se zasniva na mnogostrukim modelima i višestrukim transformacijskim mehanizmima, BPM koristi jedinstveni model i projekciju tehnologije koja nudi višestruke poglede.

2.5. Lanac vrijednosti proizvodnog procesa

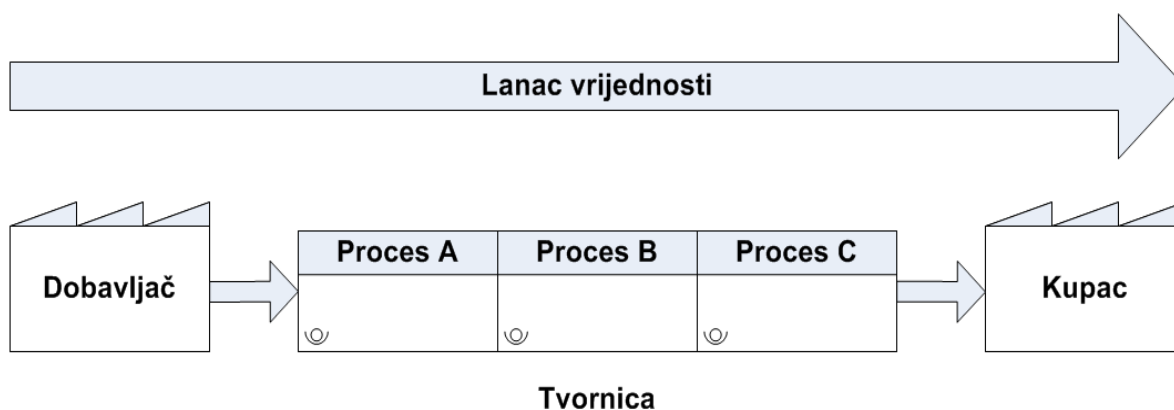
Lanac vrijednosti predstavlja skup specifičnih aktivnosti kako bi se određeni proizvod isporučio kupcu. Takav proces se odvija kroz tri ključne menadžerske zadaće u poduzeću:

- rješavanje problema kroz koncepte do detaljnog projektiranja gotovih proizvoda i lansiranja proizvodnje,
- upravljanje informacijama od primanja narudžbi do planiranja proizvodnje i dostave gotovih proizvoda,
- fizička transformacija sirovih materijala u gotove proizvode.

Identifikacija lanca vrijednosti bitan je korak koji omogućuje prepoznavanje ogromnih količina rasipanja i gubitaka unutar procesa proizvodnje. Postoje tri osnovne vrste aktivnosti unutar poduzeća:

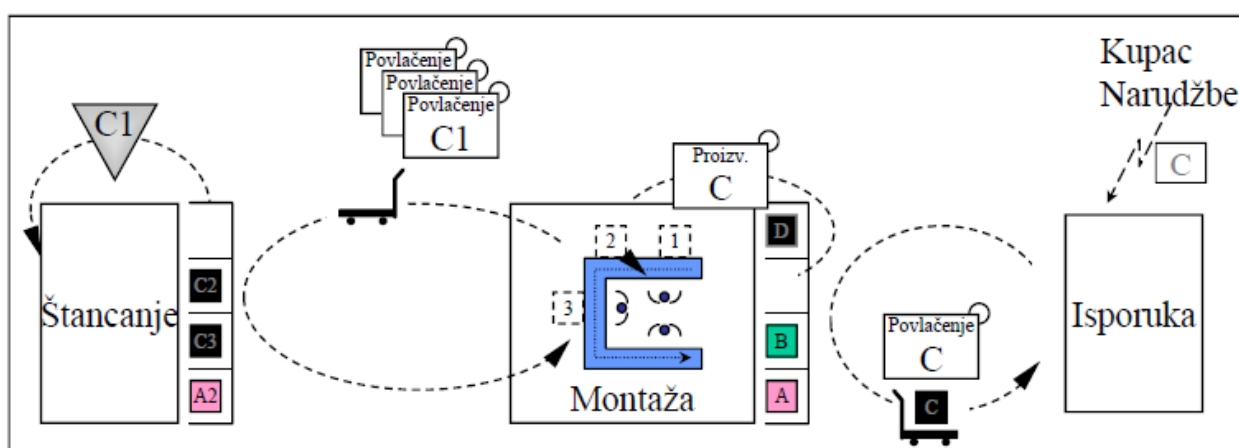
- aktivnosti koje dodaju vrijednost,
- aktivnosti koje ne dodaju vrijednost ali su neizbježne zbog ograničenja u tehnologiji,
- aktivnosti koje ne dodaju vrijednost i mogu se odmah eliminirati.

Na slici 4 se nalazi lanac vrijednosti proizvodnog procesa.



Slika 4. Lanac vrijednosti [6]

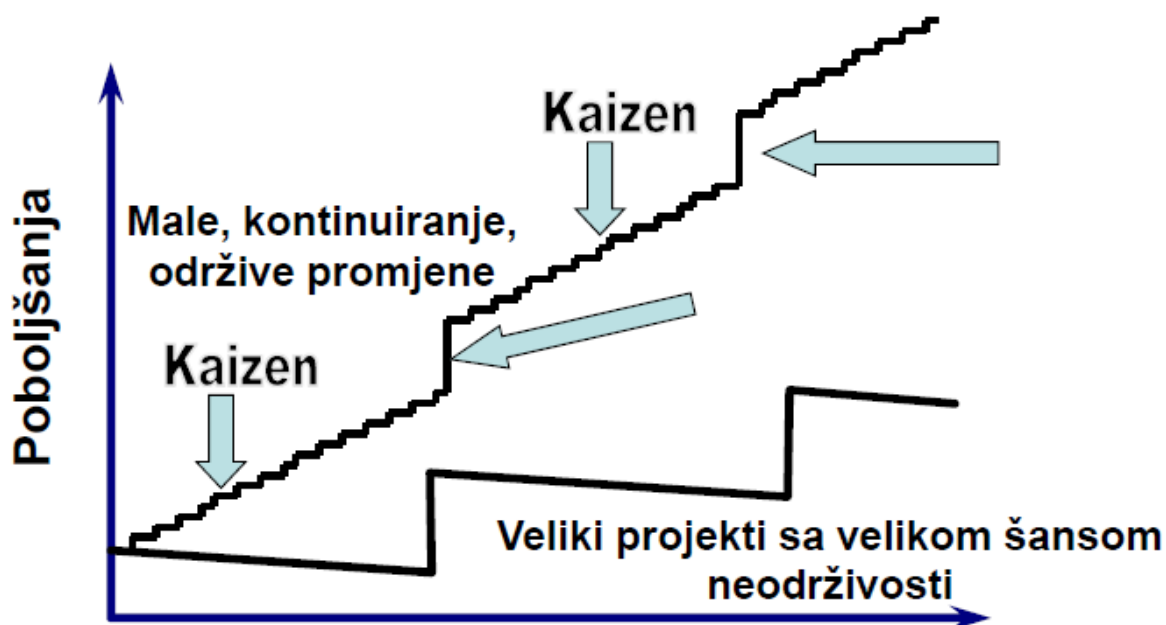
Jedan od glavnih problema u ovom koraku je manjak međusobnog povjerenja između različitih poduzeća koja sudjeluju unutar cjelokupnog lanca vrijednosti za pojedini proizvod. Kako bi se proizvodnja optimizirala po principima vitke proizvodnje potrebna je velika doza međusobne suradnje i povjerenja između svih karika u lancu vrijednosti počevši od proizvođača osnovnih sirovina i ruda, transportnih i logističkih poduzeća, proizvođača gotovih proizvoda, distribucijskih poduzeća te ostalih dobavljača. Poželjno je da jedno poduzeće unutar lanca vrijednosti preuzme vodeću ulogu, a ta uloga se obično prepušta proizvođačima gotovih proizvoda, te potom ohrabruje i uči svoje dobavljače kako primijeniti principe vitke proizvodnje, a zatim ti dobavljači rade isto svojim dobavljačima i tako sve do samog početka lanca vrijednosti čime se stvara ogromna konkurentna prednost i temelj dugogodišnjeg uspješnog poslovanja. Na slici 5 je prikazan proizvodni sustav u kojem jedan proces povlači prethodni.



Slika 5. Proizvodni sustav [5]

2.6. Poboljšanje procesa

Uvijek dolazi do shvaćanja kako ima mjesta za poboljšanja postojećih procesa nakon što organizacije počnu sve točnije definirati vrijednost i identificirati cjelokupan lanac vrijednosti te organizirati proizvodnju u kontinuiranom toku i omogućavati kupcima da sami povlače vrijednost. Nema kraja procesima smanjivanja potrebnog rada, vremena, prostora, troškova i pogrešaka u proizvodnji, istovremeno nudeći kupcima proizvode koji su sve bliži njihovim stvarnim potrebama i željama. Važan preduvjet poboljšanju procesa je potpuna transparentnost u sustavu, odnosno mogućnost da svi vide sve tako da postaje vrlo lako otkriti nove i bolje načine kako stvarati vrijednost. Na slici 6 je prikazana krivulja kontinuiranih poboljšanja.



Slika 6. Kontinuirana poboljšanja [5]

2.7. Pull sustav

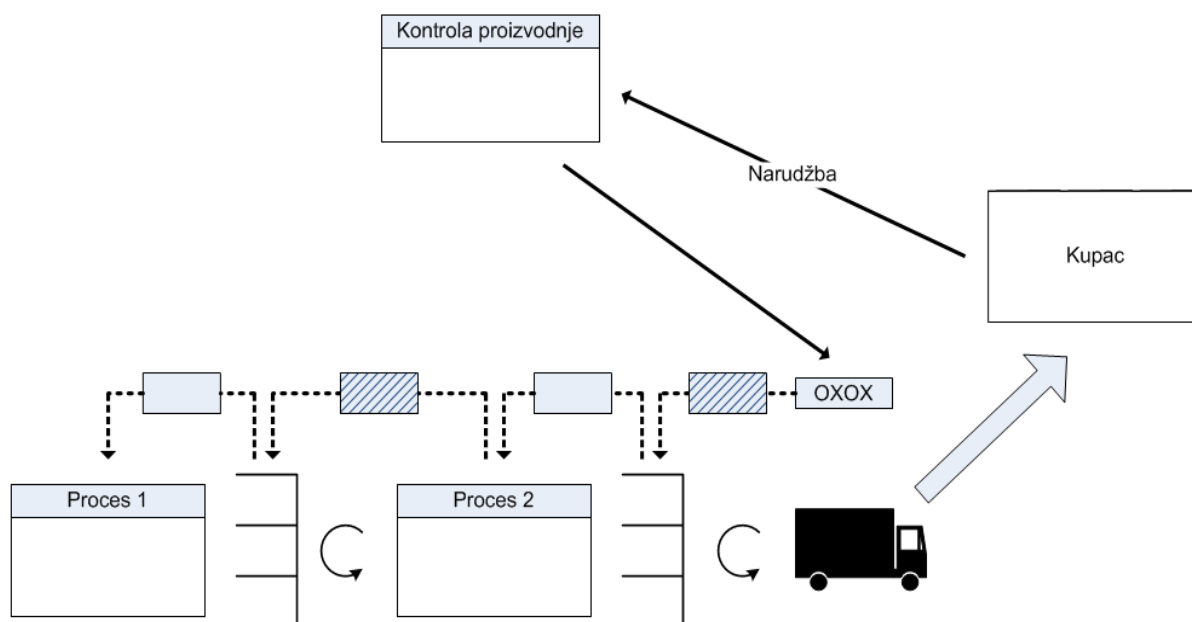
Tehnički elementi za uspjeh sustava su :

- tok proizvoda u malim serijama,
- usklađivanje procesa s vremenom takta,
- signaliziranje nadopunjavanja putem kanban kartica,
- niveliranje proizvodnje tijekom vremena.

Postoje tri vrste *pull* sustava:

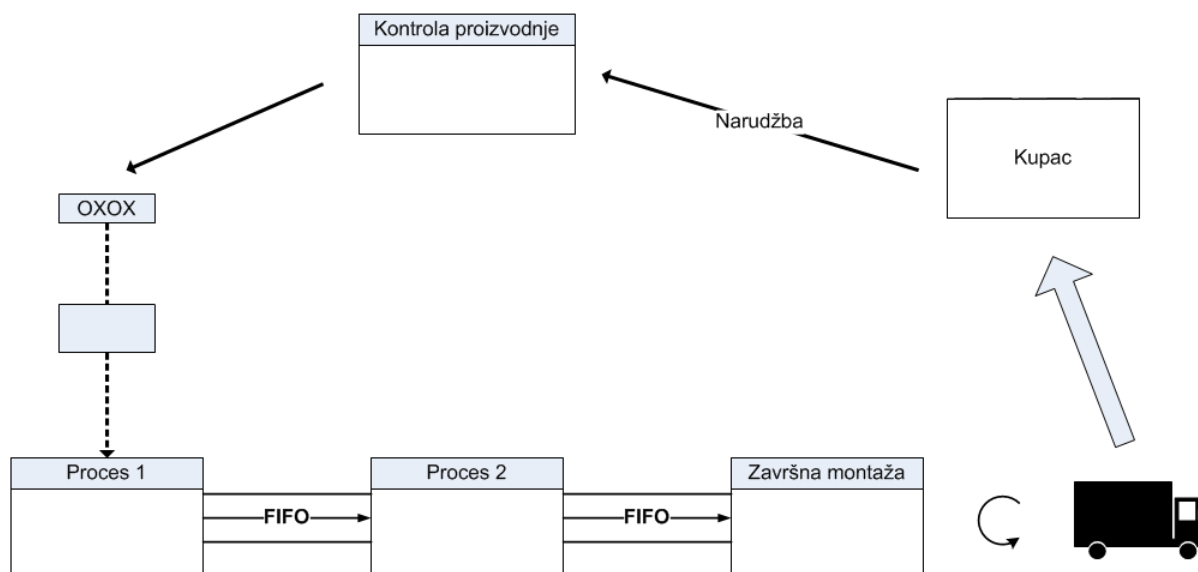
- nadopunjavajući *pull* sustav,
- sekvencijalni *pull* sustav,
- mješoviti *pull* sustav.

Nadopunjavajući *pull* sustav je najrašireniji oblik *pull* sustava. U nadopunjavajućem *pull* sustavu svaki proces ima svoj prostor za skladištenje određene količine svakog tipa proizvoda koji taj proces proizvodi. Svaki proces proizvodi samo ono što se konzumiralo iz njegovog prostora. Skladištenje svih tipova gotovih proizvoda i korištenje povlačenja za signaliziranje proizvodnje glavne su karakteristike nadopunjavajućeg *pull* sustava unutar vitke proizvodnje – jedino konzumacija gotovih proizvoda pokreće ponovnu proizvodnju. Nedostatak ovakvog sustava je što skladištenje svakog tipa proizvoda u prostoru između procesa može biti neizvedivo ako se radi o većem broju proizvoda. Na slici 7 je prikazan nadopunjavajući *pull* sustav.



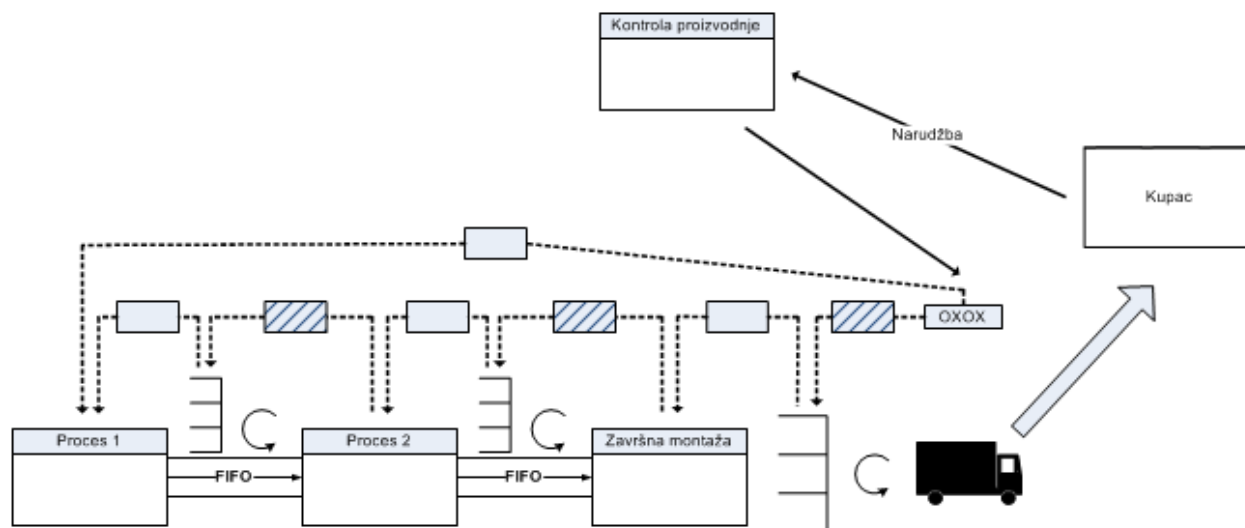
Slika 7. Nadopunjavajući *pull* sustav [7]

Sekvencijalni *pull* sustav može se koristiti kada postoji previše različitih tipova proizvoda kako bi se mogli skladištiti u prostorima između procesa. Proizvodi se u osnovi proizvode isključivo po narudžbi, a ukupne zalihe unutar sustava su minimizirane. U sekvencijalnom *pull* sustavu, odjel kontrole proizvodnje raspoređuje koje proizvode i u kojoj količini treba proizvesti. Sekvencijalni *pull* sustav zahtijeva snažan menadžment kako bi se održao, a poboljšanja unutar pogona mogu biti izazovna. Na slici 8 je prikazan sekvencijalni *pull* sustav.



Slika 8. Sekvencijalni *pull* sustav [7]

Nadopunjavajući i sekvencijalni *pull* sustav mogu se koristiti zajedno kao mješoviti *pull* sustav. Takav mješoviti *pull* sustav omogućuje selektivnu primjenu nadopunjavajućeg i sekvencijalnog *pull* sustav te obuhvaća prednosti oba sustava, čak i u sredinama složene i raznolike potražnje. Dva sustava mogu se izvoditi zajedno, vodoravno, rame uz rame, tokom cijelog lanca vrijednosti, ili se mogu koristiti za određeni tip proizvoda na različitim lokacijama duž njegovog individualnog lanca vrijednosti. Na slici 9 je prikazan mješoviti *pull* sustav.



Slika 9. Mješoviti *pull* sustav [7],

3. METODE OPTIMIZACIJE PROIZVODNIH PROCESA

U suvremenom svijetu pojam optimizacije ili poboljšanja je široko rasprostranjen te ga koriste mediji, stručnjaci, proizvodna poduzeća te pojedinci. Najbolji primjer uspješne primjene metoda optimizacije je Japan, zemlja u kojoj su metode poboljšanja jedna od temeljnih odrednica i karakteristika poslovanja. Gospodarski razvoj Japana doživio je vrhunac te su procese proizvodnje usavršili do te mjere da ih svi kopiraju. Primjer dobre upotrebe metode optimizacije je automobilska industrija u Japanu koja se zahvaljujući time uzdigla na tron ove prestižne industrije. Poboljšanja proizvodnih i poslovnih procesa se postižu raznim metodama među kojima su neke od najpoznatijih [8]:

- Kaizen,
- *Toyota Production System*,
- *Just in Time*,
- *Lean* metodologija,
- SMED,
- Kanban,
- *Total Quality Management*,
- *Supply Chain Management*,
- *Benchmarking*,
- *Six Sigma*,
- 5S,
- *Continuous Improvement*,
- Monozukuri,
- *20 Keys Method*.

Kaizen metodologija definira filozofiju koja se usmjerava na stalna unaprjeđenja poslovnih procesa proizvodnje i menadžmenta, a prihvaćena i primjenjiva je i u velikom broju sektora. Temelj ove metodologije je da se njezinom primjenom postižu stalna i neprekidna unaprjeđenja poslovnih procesa uz zajedničko djelovanje znanja i iskustva svih zaposlenika.

Toyota Production System je metoda koja se koristi u tvornici Toyota koja se osnovana 1937. Godine, a definiraju je sljedeći elementi [8]:

- proizvesti ono što kupac treba u vremenu u kojem treba i u traženoj količini,
- minimalizirati zalihe,

- odvojiti rad strojeva od ljudskog rada ali u potpunosti iskoristiti oboje,
- ugraditi kvalitetu u procese i spriječiti nastajanje pogrešaka,
- smanjiti vrijeme od zaprimanja narudžbe do isporuke kako bi se osigurao brži i fleksibilniji proces proizvodnje,
- proizvesti veći mix proizvoda manjih volumena na efektivan način.

Karakteristika ovakvog sustava proizvodnje je naglasak na obrazovanju pojedinaca koji rade na liniji, te se može poistovjetiti s Kaizenom primijenjenim u automobilskoj industriji i to u poslovanju na proizvodnoj liniji.

Just in Time (JIT) je filozofija proizvodnje koja se temelji na identifikaciji i eliminaciji što više pogrešaka ili viškova, a kroz poboljšanja proizvodnih procesa unutar poduzeća. JIT je i efektivan alat koji pomaže poduzeću u redukciji troškova i postizanju većeg profita.

Pojam *Lean Manufacturing* ili vitka proizvodnja prvi je put opisan u knjizi "The machine that changed the world" (Womack, J.P., Jones, D.T., 1990.) koja je rezultat istraživačkog rada IMVP-a (eng. *International Motor Vehicle Program*), gdje su autori prvi put opisali razlike između japanske i zapadne automobilske industrije te po prvi put upotrijebili izraz *Lean* za Toyotin način proizvodnje [8]. *Lean* podrazumijeva manje pogona, manje investicija, napora i kapitala, odnosno redukciju troškova na minimalno moguće. *Lean* je proizvodna filozofija koja skraćuje vrijeme od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda, eliminirajući sve izvore rasipanja u proizvodnom procesu. Osnovno načelo *Lean* proizvodnje je da se proizvodi točno ono što kupac želi, odnosno postići kvalitetu i količinu koju zahtijeva tržište. [8]

Često korištena metoda je i SMED (*Single minut exchange of die*) koja osigurava brzu i učinkovitu izmjenu alata čime se smanjuje vrijeme od proizvodnje jednog do proizvodnje drugog proizvoda. Ovakva brza izmjena je ključ smanjenja zaliha proizvodnje, a samim time i poboljšanja fluktuacije proizvodnje.

Kanban je koncept poboljšanja koji se oslanja na *Just in Time* proces proizvodnje kao i na *Lean* proizvodnju. Ovu metodu se može nazvati još metoda odobravanja proizvodnje i kreiranja materijala. Kanban je sistem kontrole proizvodnje koji povlači JIT proizvodnju dopuštajući proizvodnju s malim zalihama. [8]

Total Quality Management (TQM) ili potpuno upravljanje kvalitetom je pristup upravljanju koji podrazumijeva dugoročnu orijentaciju na kontinuirana poboljšanja kvalitete koja će zadovoljiti i premašiti očekivanja kupaca, a zahtijeva potpunu participaciju svih zaposlenika na svim organizacijskim razinama. Najzaslužniji za razvoj je Edwards Deming koji je definirao elemente poboljšanja koja se moraju dogoditi u poduzeću kao posljedica primjene ove metode.

Supply Management (SCM) ili upravljanje opskrbnim lancem je menadžment svih funkcija, postrojenja, aktivnosti koje čine lanac vrijednosti. Upravljanje opskrbnim lancima znači kako svi u tome sudjeluju od prvih dobavljača do proizvodnih poduzeća i distributera. Suradnja zahtijeva razmjenu podataka o prodaji, željama kupaca, kapacitetima, troškovima i drugim relevantnim podacima. Cilj SCM-a je zadovoljavanje potreba kupaca uz korištenje najefektivnijeg načina proizvodnje i upotrebe resursa kao što su kapacitet, radna snaga i zalihe. Jedna od glavnih ciljeva je maksimizacija vrijednosti proizvoda, a preduvjet uspješne primjene je uočavanje obostrane koristi za sve sudionike lanca. [8]

Benchmarking je alat kojim se omogućuje analiza i usporedba temeljena na činjenicama kroz rezultate usporedbe i realno poboljšanje poslovnih procesa, odnosno riječ je o standardu uz pomoć kojeg se nešto može ocijeniti ili prosuditi. *Benchmarking* predstavlja sistematično istraživanje najboljih praksi iz bilo kojeg izvora koje se može iskoristiti za unaprjeđenje procesa poslovanja poduzeća. Riječ je o procesu identificiranja i razumijevanja najboljih poslovnih praksi svjetskih organizacija te njihova prihvaćanja i razumijevanja s ciljem poboljšanja vlastitih poslovnih procesa. [8]

Six Sigma je poslovna strategija razvijena u tvornici Motorola kojoj je cilj poboljšanje kvalitete gotovih proizvoda identificirajući i uklanjajući uzroke grešaka te minimizirajući varijabilnosti u proizvodnji i poslovnom procesu. *Six Sigma* ima izvor u statističkim metodama gdje se razvijeni poslovni proces može opisati kao sigma, odnosno standardna devijacija koja označava veličinu odstupanja u grupi podataka. Statistički se očekuje 99,99% kvalitete proizvodnje, odnosno 3 do 4 pogreške na milijun proizvoda. [8]

5S je suvremena metoda poboljšanja poslovnih procesa poboljšanja poslovnih procesa koja je razvijena u Japanu. Temelji se na efikasnoj i efektivnoj organizaciji radnog mjesta koristeći pet koraka [8]:

- sortiranje - eliminiranje nepotrebnih alata, dijelova i materijala,
- stabiliziranje - sve treba biti na svojem mjestu i sve mora imati svoje mjesto,

- sistematsko čišćenje - radno mjesto treba biti čisto i sve mora biti vraćeno na svoje mjesto,
- standardizacija - radne aktivnosti trebaju biti konzistentne i standardizirane,
- samokontrola - održavanje i revizija standarda.

Glavni cilj metode je poboljšanje kvalitete, zdravlja, sigurnosti i proizvodnosti radnika.

Continous Improvement Process (CIP) je proces stalnih poboljšanja koji se temelji na prijedlozima zaposlenika, a definira se kao neprestani proces poboljšanja proizvoda, usluga ili procesa. CIP čine male promjene procesa i proizvoda, ali s dugotrajnim efektom.

Monozokuri predstavlja imanje duha za proizvodnju odličnih proizvoda i sposobnost za stalno poboljšanje proizvodnih sistema i procesa. Monozokuri se može objasniti kao kreativnost i umješnost u proizvodnji, a ističe izvrsnost, vještinu, duh, užitak i ponos zbog sposobnosti da se dobre stvari učine odličnima. Nije riječ o bezumnom ponavljanjem rutinskih operacija već se zahtijeva kreativan um i često je povezan s kreativnošću i iskustvom zaposlenika koji se stječu godinama rada u praksi.

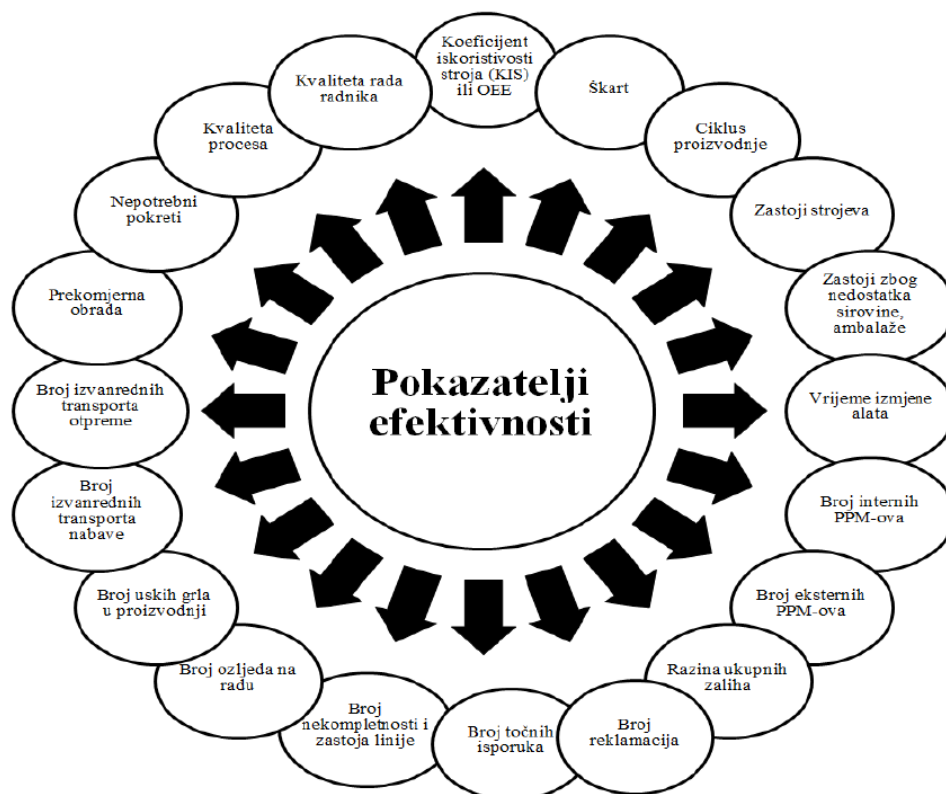
20 Keys Method predstavlja dinamičan i sveobuhvatan program neprekinutog unaprjeđenja poslovanja gdje 20 ključeva predstavlja 20 poslovnih područja a koristi se za postizanje sljedećih ciljeva [8]:

- brže i lakše postizanje strateških ciljeva,
- uključivanje i poticanje svih zaposlenika kako bi se razvio njihov pun potencijal,
- promjena kulture,
- povećanje proizvodnosti i skraćanje ciklusa proizvodnje,
- smanjenje troškova,
- smanjenje broja pogrešaka u proizvodnji,
- povećanje zadovoljstva kupaca i dobavljača,
- povećanje inovativnosti.

Poslovnu uspješnost pokazuje veliki broj pokazatelja, te se njima ocjenjuje i uspoređuje uspješnost korištenja raspoloživog resursa. Pokazatelji uspješnosti poslovanja dijele se u dvije temeljne skupine:

- oni koji mjere efektivnost,
- oni koji mjere efikasnost.

Efikasnost i efektivnost se međusobno ne isključuju. Menadžment će se češće radije odlučiti za efikasnost u odnosu prema efektivnosti jer su pokazatelji efikasnosti jače primijećeni i brže se uočava efekt utjecaja promjena na pokazatelje efikasnosti u odnosu prema pokazateljima efektivnosti. Kada je riječ o pokazateljima efektivnosti, riječ je o pokazateljima koji se dobivaju jasnim i preciznim mjerenjima u procesima proizvodnje kao posljedica niza poduzetih aktivnosti. Takve aktivnosti su definirane suvremenim metodama poboljšanja. Na slici 10 su prikazani pokazatelji efektivnosti. [8]



Slika 10. Pokazatelji efektivnosti [8]

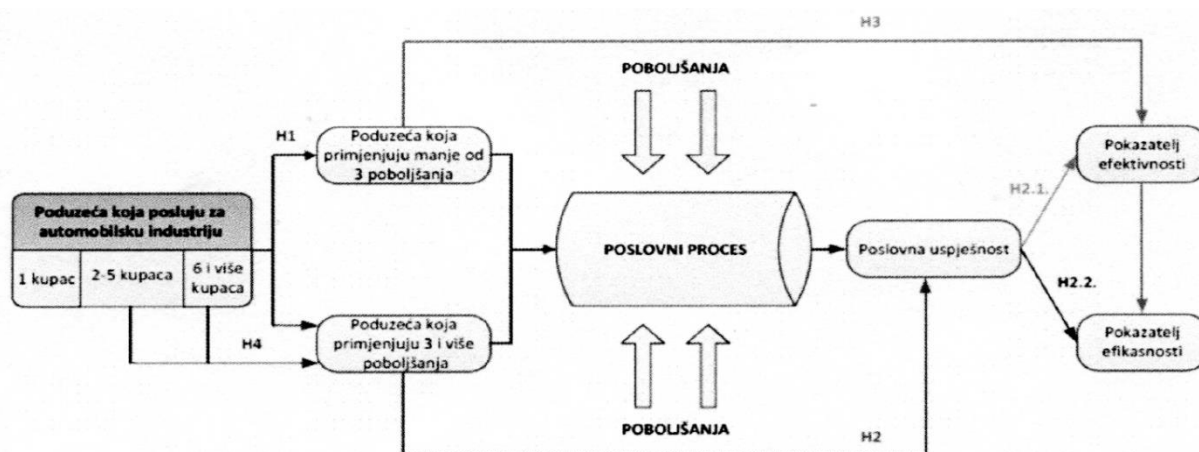
3.1. Dosadašnja primjena pojedinih metoda

Jedno od istraživanja se provelo u Jidosha Kiki *Company* pri čemu se ispitivao utjecaj primjene proizvodnje bez zaliha. Rezultati su pokazali kako se primjenom JIT metode smanjila količina zaliha i to osnovnog materijala s 3,1 na jedan dan, kupovnih dijelova s 3,8 na 1,2 dana, gotove robe s 8,6 na 3,7 dana. Ukupno prosječno stanje zaliha smanjeno je s 19,5 na 6,9 dana. Indeks proizvodnosti je u promatranom razdoblju povećan za 87% a interna stopa pogrešaka je pala s 0,34% na 0,01%, dok je stopa pogrešaka od dobavljača smanjena s 2,6% na 0,11%. [8]

Slično istraživanje je provedeno i u još četiri poduzeća gdje su dobiveni rezultati pokazali kako se stanje zaliha smanjilo na 20 do 40% dok je proizvodnost povećana u rasponu od 50 do 80% ovisno o poduzeću. [8]

Istraživanjima provedenima u Hrvatskoj na primjeru od 300 poduzeća u elektroenergetskom sektoru Republike Hrvatske i tražen je utjecaj osposobljenosti tvrtke za implementaciju TQM-a na efikasnost poslovanja tvrtke. Iako se isključivo ne promatra utjecaj uvedene metode poboljšanja na neki od elemenata poslovne uspješnosti, jedan od promatranih parametara istraživanja je kvaliteta i operativni rezultati. Jedan od temeljnih ciljeva je utvrditi postoji li statistički značajna veza između osposobljenosti tvrtke za implementaciju TQM-a i efikasnosti poslovanja. Hipoteze kojima se ovaj cilj dokazivao su potvrđene te je ustanovljeno kako osposobljenost tvrtke za primjenu TQM-a utječe na efikasnost poslovanja tvrtke, da je intenzitet veze između osposobljenosti tvrtke za primjenu TQM-a i efikasnosti poslovanja tvrtke značajan. [8]

Veliki broj istraživanja provedenih u svijetu je proveden u cilju pokazivanja efekta primjene suvremenih metoda poboljšanja poslovnih procesa na poslovnu uspješnost poduzeća. Na slici 11 je prikazan model povezanosti suvremenih metoda poboljšanja poslovnih procesa i poslovne uspješnosti.



Slika 11. Model povezanosti suvremenih metoda poboljšanja poslovnih procesa i poslovne uspješnosti [8]

Pretpostavlja se kako će poduzeća koja rade za više različitih proizvođača imati u primjeni veći broj različitih suvremenih metoda poboljšanja poslovnih procesa. Također su istaknuti pokazatelji efektivnosti jer se očekivalo da se zbog krize u vrijeme istraživanja pokazatelji efikasnosti neće povećavati ali da se pokazatelji efektivnosti mogu i trebaju povećati. Prema [8] postavljene su četiri osnovne i dvije pomoćne hipoteze:

- većina poduzeća u Republici Hrvatskoj koja posluju za automobilsku industriju primjenjuju suvremene metode poboljšanja poslovnih procesa,
- poduzeća koja primjenjuju više suvremenih metoda poboljšanja poslovnih procesa imaju veću poslovnu uspješnost od poduzeća koja koriste manji broj suvremenih metoda poboljšanja poslovnih procesa,
 - poduzeća koja primjenjuju više suvremenih metoda poboljšanja poslovnih procesa pokazuju veću efektivnost,
 - poduzeća koja primjenjuju više suvremenih metoda poboljšanja poslovnih procesa pokazuju veću efikasnost,
- suvremene metode poboljšanja poslovnih procesa imaju vidljiviji pozitivan utjecaj na pokazatelje efektivnosti, nego na pokazatelje efikasnosti,
- poduzeća koja proizvode dijelove za više različitih proizvođača automobila primjenjuju više suvremenih metoda poboljšanja.

3.2. Lean metodologija

Lean je cjeloviti program poboljšanja te je to ujedno eliminiranje svakog gubitka u cijelom lancu vrijednosti od svih članova organizacije. Jedna od karakteristika *Leana* je da se u praksi može sinergijski djelovati kako bi se stvorio i proizveo kvalitetan proizvod, onakav kakav kupci žele, s minimalnim brojem gubitaka. On predstavlja sustav pomoću kojeg se može proizvoditi po nižim cijenama veliki broj različitih proizvoda koji su bolje kvalitete i s manje sirovina koje se koriste u odnosu na neku tradicionalnu proizvodnju. Zahtjeva manje ljudskog rada, manje zauzima prostora i manje zahtijeva investicija te u konačnici je kraće vrijeme proizvodnje koje iskorištava zaposlenike tako da im udijeli više zadataka te uvede direktni i indirektni proizvodni rad i potakne ih na trajno usavršavanje. [9]

Prema kategorijama alata i tehnike *Lean* sustava s operativne razine dijeli se na četiri kategorije:

- kvaliteta,

- preventivno održavanje,
- upravljanje ljudskim potencijalima,
- JIT.

Na slici 12 su prikazane 22 prakse *Lean sustava*.



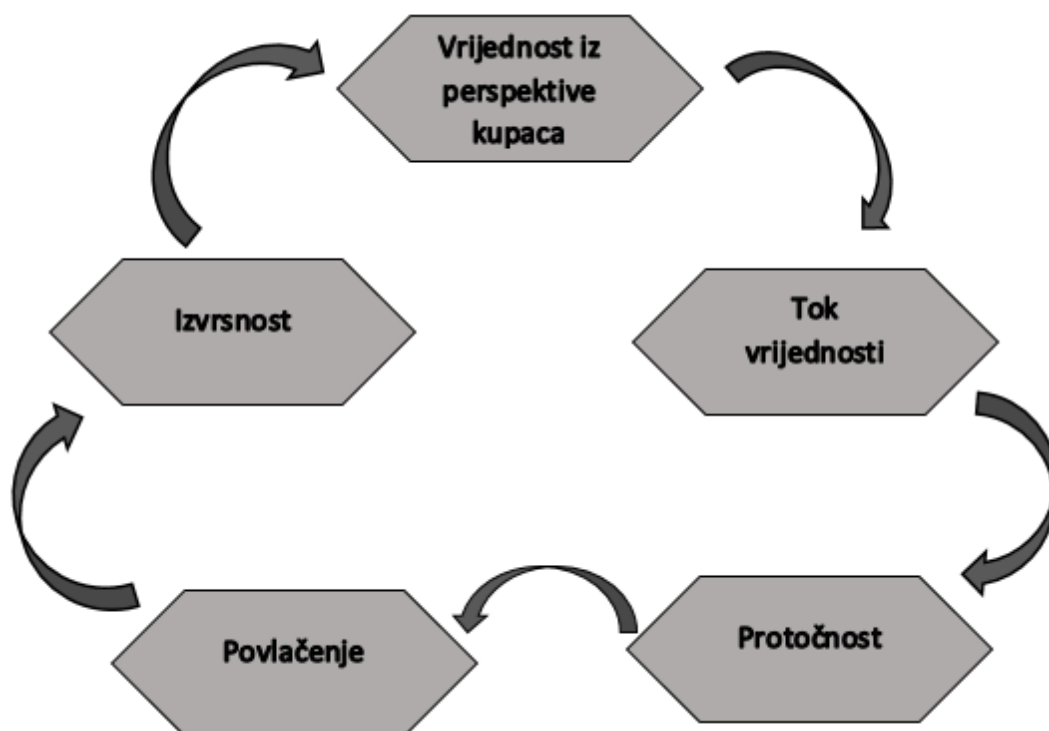
Slika 12. 22 prakse *Lean sustava* [10]

Iz svega prikazanog može se reći kako je to filozofija koja teži da se kreativnim uvođenjem postojećih koncepata i inovacija ostvaruju poboljšanja u svim poslovnim procesima nekog poduzeća. *Lean* stavlja kupce u fokus poslovanja i isključivo njima prilagođava sve procese kako bi stvorili i dodali vrijednost proizvodima ili uslugama te kako bi postali ono što kupci žele. U organizaciji *Leana* je bitna fleksibilna struktura, efikasno identificiranje i rješavanje problema, inovacije i kreativnost te poticati sve više da se poboljša efikasnost i efektivnost.

3.2.1. Načelo *Lean* metodologije

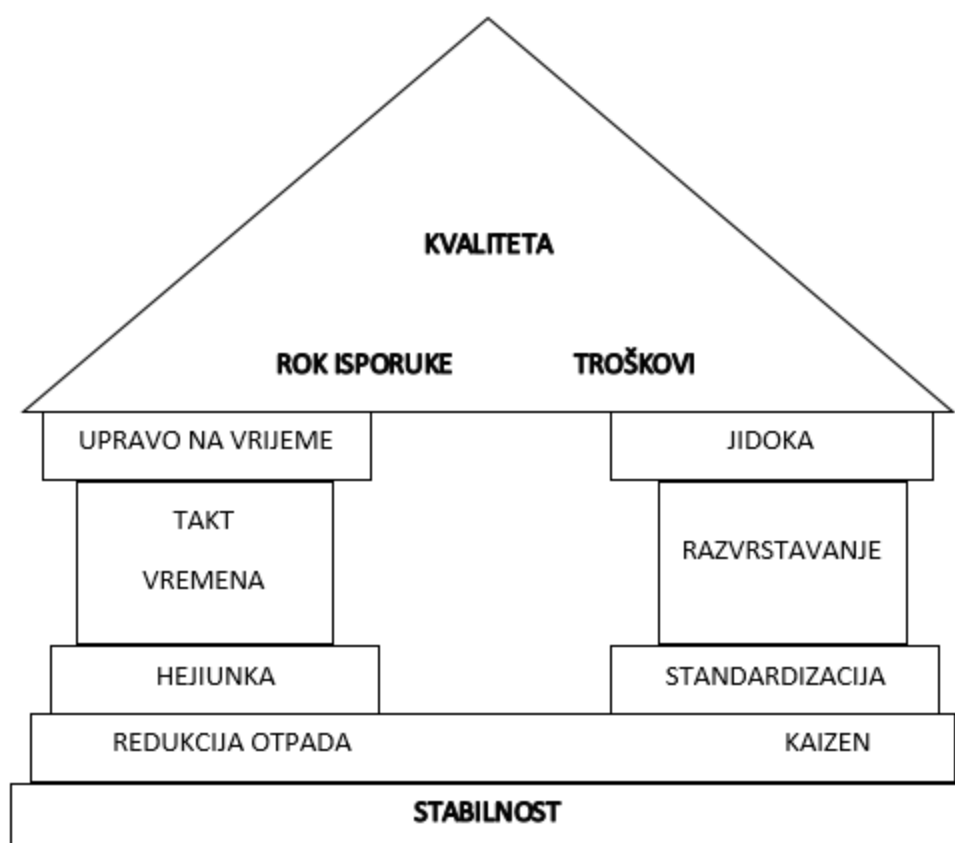
Načelo *Leana* je da se postigne napredak u zaposlenima, organizaciji i u konačnici proizvoda. Prvotno se mora utvrditi vrijednost za potrošače što se postiže na način da se prikupe istraživanjem na tržištu i utvrdi što potrošači žele i na temelju toga se definiraju proizvodi i usluge. Drugo načelo je da se mapira tok vrijednosti odnosno da se utvrdi tok vrijednosti u unutrašnjem okruženju poduzeća i takav tok vrijednosti se onda prikazuje u obliku dijagrama i koristi se za daljnju analizu procesa. Treće načelo je ostvarivanje toka vrijednosti, odnosno nakon što se provede analiza procesa dolazi do uvođenja promjena i izmjena u postojećem poslovnom sustavu prema onim ciljevima i zadacima koji su postavljeni. Četvrto načelo govori o uspostavljanju povlačenja nakon što se kroz proces ostvari tok proizvoda, svaka sljedeća aktivnost povlači određeni proizvod s prethodne aktivnosti. Peto načelo govori o težnji prema savršenstvu čiji je cilj da se kontinuirano poboljšava sustav i odvija na svim poslovnim razinama. [11]

Na slici 13 su prikazana osnovna *Lean* načela.



Slika 13. Osnovna *Lean* načela [12]

Odluke donese *Lean* metodologijom se temelje na dugoročnoj filozofiji bez obzira na kratkoročne ciljeve. Radno opterećenje mora biti izjednačeno te treba izbjegavati gomilanje proizvoda korištenjem prekida u sustavu. Od početka bi trebali dobiti kvalitetan proizvod na temelju kulture rješavanja problema i imati standardizirane zadatke za daljnje kontinuirano poboljšanje. U proizvodnji se koristi isključivo temeljito testirana tehnologija i vizualna kontrola te nadzornici odnosno voditelji koji razumiju filozofiju rada *Lean*-a i tu istu mogu prenijeti na druge te ih dalje razvijati. Ono što je još bitno da se odluke donose polako i temeljito je poštivati svoju proširenu mrežu partnera. Poduzeće koje primjenjuje ova načela je ono koje uči kroz neprekidna razmišljanja i kontinuirano se poboljšava. Na slici 14 je prikazana *Lean* proizvodnja kao sklad i povezanost njenih karakteristika. Temelje čini standardizacija poslova koja podrazumijeva da se smanje varijabilnost ritma i proces rada. Uvođenje takve proizvodnje učvršćuje se unutar organizacijski sustav i poboljšava se konkurentnost. Povećava se brzina odgovara na želje i zahtjeve kupaca a uključenost zaposlenika je sve veća što donosi bolje financijske i nefinancijske performanse.



Slika 14. Karakteristike *Lean* proizvodnje [13]

3.2.2. Gubici *Lean* proizvodnje

Postoji sedam glavnih vrsta gubitaka u proizvodnom procesu ili poslovanju te se oni mogu beskonačno otklanjati uz pomoć mnogih alata i metoda bez da se proizvodu ne dodaje vrijednost. Gubici *Lean* proizvodnje i njihovi izvori su:

- prekomjerna proizvodnja
 - stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati na tržište,
 - previše detaljna obrada,
 - izvođenje operacije koje nisu neophodne,
 - stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtijeva,
 - loše predviđanje prodaje odnosno zahtijeva tržište,
 - slanje uputa prema previše ljudi,
- transport
 - nepotrebno kretanje materijala između operacija ili između skladišnih površina,
 - korištenje starih, neučinkovitih kretanja materijala, potreba za boljim međusobnim rasporedom pojedinih operacija,
 - neučinkovit transport informacija,
 - neuspješna komunikacija kao što je gubitak podataka, nekompatibilnost, nepouzdanost informacija,
- čekanje
 - vrijeme čekanje materijala između operacija, čekanje radnika na strojevima, potreba za detaljnim proučavanjem koraka u operacijama, sinkronizirati i ujednačiti proizvodnju,
 - čekanje na podatke, rezultate testova, informacije, odluke, potpis, odobrenje,
 - čekanje na isporuku,
- prekomjerna obrada
 - predimenzionirani strojevi, kriva ili nedostajuća tehnološka oprema, pripremno završno vrijeme, čišćenje između obrade,
 - previše procesa obrade,
- zalihe
 - visoke zalihe su povezane s prekomjernom proizvodnjom,
- nepotrebni pokreti
 - loš raspored strojeva,
 - ljudi se trebaju micati kako bi došli do informacija,

- ručni rad kako bi se kompenzirali neki nedostaci u procesu proizvodnje,
- škart
 - prekid toka zbog grešaka, nepotrebna vremena, troškovi i prostor za analizu i otklanjanje,
 - nepotpune, netočne, nepravodobne informacije.

3.3. Six Sigma

Six Sigma se prvi put pokrenula u kompaniji Motorola. Rezultati su bili vidljivi na ogromnim uštedama koje je kompanija stvorila nakon implementacije metodologije, te su istu metodu primijenili drugi poslovni subjekti. Implementacija je tražila da se potpuno preda cilju i da svi sudjeluju u implementaciji tako da su ključne strategije implementacije bile trening zaposlenika, mentorstvo, vodstvo i usmjerena implementacija. Kod usmjerene implementacije je bilo važno da i vanjski dobavljači sudjeluju u metodologiji kako bi bili sigurni da je kvaliteta osigurana. Metodologija se počela primjenjivati u General Electricu te se nakon toga proširila Sjedinjenim Američkim Državama i zapadnim dijelom svijeta. Počeli su je primjenjivati i telekomunikacijske kompanije za pojedina fokus poslovanja. Glavna namjena Six Sigma koncepta u okviru metrike je mjerenje varijabilnosti poslovnih procesa. Six Sigma služi za mjerenje razine kvalitete jer ujedno služi i kao standard koji održava razinu kontrole nad bilo kojim procesom unutar granica zadanih za taj proces. [14]

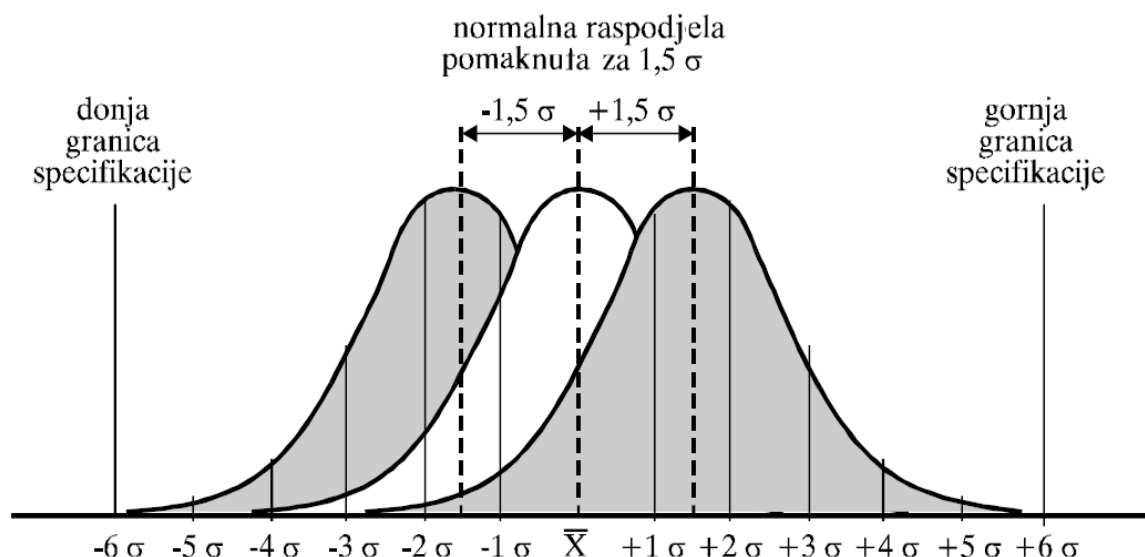
U provođenju metodologije je potrebno organizaciju dovesti do razine procesa, te se zatim ti procesi detaljno analiziraju. U takvim procesima je potrebno sniziti rasipanje jer se samim time postiže smanjeni vremenski ciklus procesa, bolji kvalitetniji i jeftiniji proizvodi i usluge. Osnovna mjerna jedinica Six Sigmje je DPMO (*Defects per million opportunities*) koja određuje broj grešaka na milijun događaja. Mjereći broj pogrešaka u procesu, može se pronaći rješenje za umanjivanje grešaka.

Sigma se sastoji od razina koje se žele dosegnuti te se određuje za svaki proces pojedinačno ovisno o samoj isplativosti. U nekom proizvodnom procesu je gotovo nemoguće postići maksimalni sigma razina ali se primjerice u zrakoplovnom očekuje da se ne događaju više od tri zrakoplovne nesreće na milijun letova. U tablici 2 su prikazane Sigma razine.

Tablica 2. Sigma razina

DPMO	Sigma razina
841300	0.5
691500	1.0
500000	1.5
308500	2.0
158700	2.5
66800	3.0
22700	3.5
6200	4.0
1300	4.5
230	5.0
30	5.5
3-4	6.0

Six Sigma prikazuje vrijednost varijacije u procesu na koji je stavljen fokus tako da taj proces djeluje na razini šest a varijacija je veoma niska te daje preciznost od 99,9997%. Na slici 15 je prikazano rasipanje procesa i pomak centra rasipanja.



Slika 15. Rasipanje procesa i pomak centra rasipanja

3.3.1. Metodologija Six Sigme

Tijekom implementacije Six Sigme u pojedine kompanije postoje tri primarna ulaza:

- transformacija poslovanja,
- strateško poboljšanje,
- rješavanje problema.

Six Sigma koristi dvije osnovne metode za poboljšanje procesa:

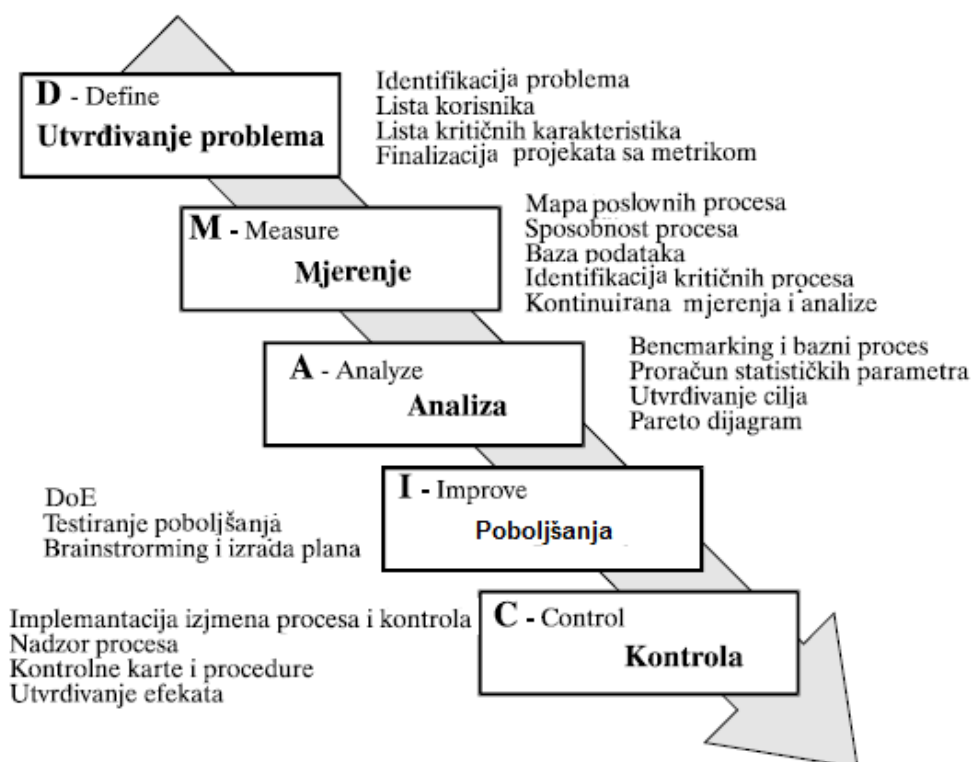
- DMAIC (*Define Measure Analyze Improve Control*) - metoda kojom se uči kako prikupiti podatke, kako ih koristiti i koliko ih često prebrojiti,
- DMADV (*Define Measure Analyze Design Verify*) - metoda koja se koristi kad proces ili proizvod ne postoji te ih je potrebno razviti.

Primjenom ciklusa DMAIC razlikuju se dvije etape implementacije metodologije Sigma Six:

- etapa karakterizacije (definiranje, mjerenje i analiza).
- etapa optimizacije (poboljšanje i kontrola).

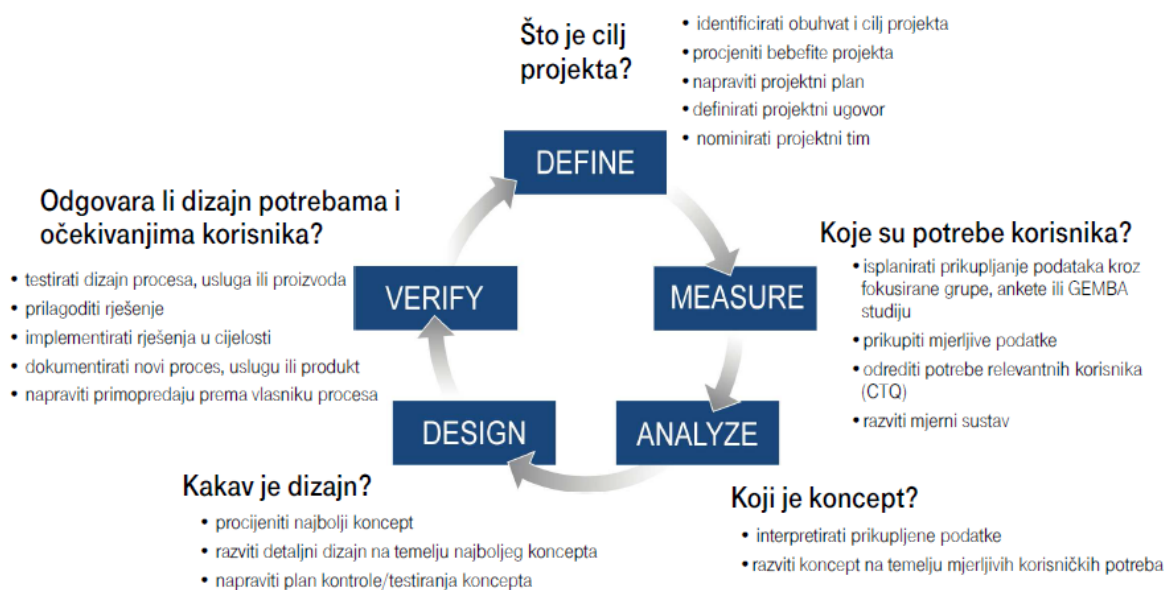
Tijekom utvrđivanja problema definira se cilj i okvir projekta uz identifikaciju problema koje treba riješiti. Po pitanju operacije to može biti povećanje obima proizvodnje bilo kojeg pogona. Za identifikaciju potencijalnih mogućnosti poboljšanja koriste se metode prikupljanja podataka. Mjerenje se osigurava prikupljanje podataka i informacija o tekućem stanju. Na

temelju informacija i podataka ocjenjuje se početni nivo pokazatelja rada i izdvajaju problemi koji zahtijevaju najveću pažnju. Analiza identificira glavne uzroke problema primjenom specijalnih alata analize podataka. Poboljšanjem se uvode rješenja orijentirana na otklanjanje problema utvrđenih tijekom analize. Cilj kontrole je ocjena i nadgledanje rezultata prethodnih faza. Na slici 16 je prikazan DMAIC ciklus.



Slika 16. DMAIC ciklus

DMADV metodologija detaljno utvrđuje sve potrebne podatke i informacije, njihovu strukturu, sadržaj i oblik potreban procesu inovacije. Sastoji se od pet koraka kao što to prikazuje slika 17. Prvotno se definiraju zahtjevi korisnika kojem je namijenjen proizvod, usluga ili proces te se zatim utvrđuju ciljevi i aktivnosti za proces kao i problemi s zahtjevima korisnika ili samom strategijom. Na temelju prikupljenih podataka utvrđuju se kritični procesi, sposobnost samog proizvodnog procesa, procjenjuju se mogući rizici te se kao takvi izdvajaju najveći potencijalni problemi. Zatim se provodi kvalitetna analiza i procjenjuje se sposobnost projekta te se izabire najbolji koncept, te se optimizira do sada izgrađeni projekt. Vrš se provjera rezultata i osigurava dugoročna održivost izgrađenog projekta. U rad se pušta pilot projekt te se vrši primopredaja projektne dokumentacije ovisno o rezultatima njegove provedbe, pa se projekt zatim implementira. Na slici 17 je prikazan DMADV ciklus.



Slika 17. DMADV ciklus

3.3.2. Hijerarhija Six Sigme

Six Sigma se mora tretirati kao strateški prioritet, odnosno mora imati plan za postizanje organizacijskih ciljeva, raditi na razvoju, implementaciji i izvršenju strateških planova. Vizija, misija i vrijednosti organizacije moraju se donijeti učinkovitim ciklusom planiranja i izvršenja, to je jedini način na koji se mogu jasno prikazati. Primarna uloga strateškog planiranja je postaviti prave ciljeve za poslovanje, izabrati najbolja sredstva za postizanje ciljeva i olakšati učinkovitu provedbu i pregled sredstava da bude plan izvršen. Ovaj način zahtijeva da planeri trebaju raditi s svrhom zadovoljenja zahtjeva višeg menadžmenta, vlasnika ili dioničara, koji znaju biti vrlo specifični uključujući ponekad i osobne potrebe i želje vlasnika i dioničara. [16]

Na slici 18 je prikazana hijerarhija Six Sigme.



Slika 18. Hijerarhija Six Sigme

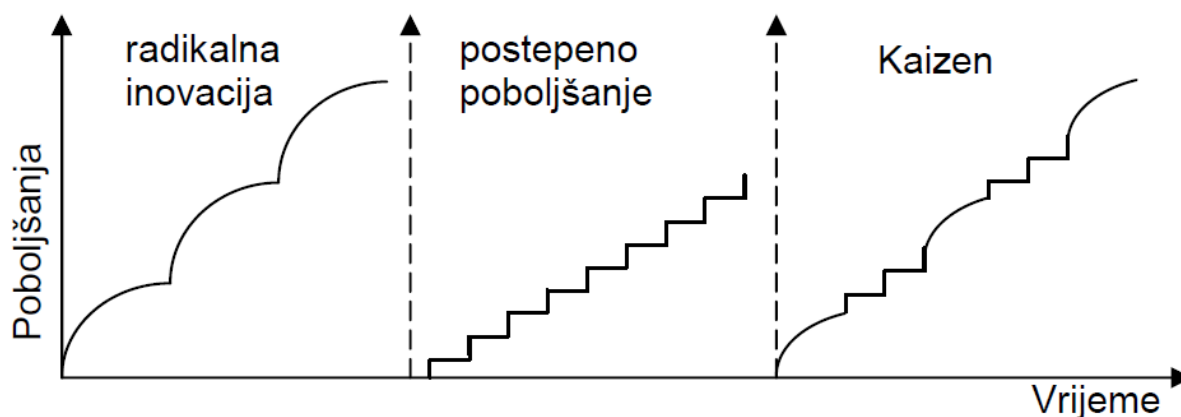
Slika 18 pokazuje hijerarhiju Six Sigme. Sponzori su dioničari ili vlasnici tvrtke te oni i odlučuju jer su vlasnici kapitala i upravljaju njime. Izvršno vodstvo predstavlja uprava tvrtke koju sačinjavaju direktori raznih odjela ili sektora na čelu s generalnim direktorom. Izvršno vodstvo je najodgovornije za implementaciju Six Sigme.

3.4. Kaizen metodologija

Kaizen metodologija dolazi od japanskih riječi Kai i Zen što znači promijeniti, odnosno napraviti bolje. Predstavlja japansku filozofiju rada koja se temelji na kontinuiranom poboljšanju procesa u proizvodnji. Osnovan je čak i Kaizen institut koji ima podružnice širom svijeta i kompanijama nudi mogućnost obuke za novi pogled menadžmenta. Cilj Kaizena je unaprjeđenje proizvodnih procesa i okoline za rad zaposlenih. Osnovna je ideja je da se standardizira proces, odnosno da se organizira rad i da eliminiraju nepotrebne stvari i prepreke koje ometaju proces proizvodnje. Kaizen označava inkrementalno, neprekidno i sveobuhvatno unaprjeđenje poslovnih procesa. Postoje dva pristupa Kaizena:

- radikalna inovacija,
- postepeno poboljšanje.

Na slici 19 je prikazan Kaizen pristup poboljšanja.



Slika 19. Kaizen pristup poboljšanja [17]

Kaizen proces ali uvodi promjene ali najčešće nije povezan s velikim financijskim ulaganjima. Kaizen se temelji na nekoliko principa [17]:

- ne smije se prihvatiti postojeće stanje,
- treba podržavati pozitivan pristup,
- ne smije se tražiti razgovor i opravdanjam
- treba akcije i sprovoditi ideje,
- treba koristiti svoje znanje u timskom radu,
- glavna prednost organizacije su njeni radnici,
- unaprjeđenje procesa će se dogoditi ako se unaprjeđuje malo po malo,

- unaprjeđenje treba implementirati čim se ukaže mogućnost za to,
- preporuke za unaprjeđenje moraju biti bazirane na kvantitativnim i statističkim metodama evolucije procesa,
- fleksibilna i univerzalno osposobljena radna snaga koja predstavlja nosioca svih promjena,
- sustav koji podržava kreativno mišljenje i inovativne ideje koje dolaze od zaposlenih u smislu iskorištenja sposobnosti i kreativnosti potencijala zaposlenih,
- autonomnost u smislu samostalne kontrole kvaliteta proizvoda ili usluga,
- standardizacija koju je nužno provesti jer se samo tako svi radnici mogu upoznati s najboljim načinom da se nešto napravi.

Kaizen se fokusira na eliminiranje perioda čekanja u procesu proizvodnje jer kada dođe do zastoja proizvodnje, u prosjeku 70% radne snage nema što raditi što dovodi do gubitka. Gubitak za kompaniju predstavlja i previše premještanja materijala, previše pokreta koje mora napraviti radnik, nepotreban obrada proizvoda od strane neadekvatnih strojeva, te oštećenja na proizvodu tijekom neadekvatnog proizvodnog procesa. Prednosti Kaizena [17]:

- poboljšanja zasnovana na mnogim malim promjenama,
- ideje dolaze od samih radnika,
- mala poboljšanja ne zahtijevaju velike investicije,
- poboljšanja proizlaze iz sposobnosti postojeće radne snage,
- svi zaposlenici traže način da poboljšaju svoje sposobnosti,
- neprestano isticanje procesa.

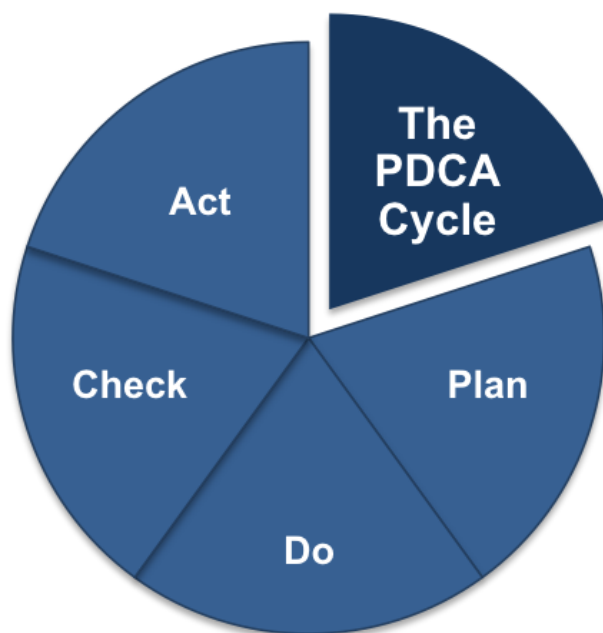
Uloga zaposlenika ovisno o položaju:

- top menadžment:
 - definiranje organizacije kaizena,
 - postavljanje ciljeva,
 - kreiranje kulture,
 - financijska podrška,
- srednji menadžment:
 - osigurava logističku podršku,
 - osigurava potrebne materijale,

➤ osigurava znanja i vještine

Upravitelj osigurava provedbu na grupnom nivou, dok radnici sudjeluju preko sistema prijedloga i aktivnosti malih grupa. Kaizen je u praksi orijentiran prema najvažnijim logističkim i strateškim pitanjima, osigurava potencijal za poboljšanje i održavanje radnog morala te predstavlja efikasno sredstvo za podizanje radnog morala.

Osnova za uspješno unaprjeđenje kvalitete predstavlja Demingov krug koji se sastoji od sljedećih faza: *Plan, Do, Check, Act*. PDAC krug predstavlja neprekidni ciklus koji se stalno ponavlja i samim time poboljšanja postaju dio svakodnevnog života. Na slici 20 je prikazan Demingov ciklus.



Slika 20. PDCA ciklus [18]

Plan - potrebno je definirati problem, odrediti uzroke problema i razraditi plan aktivnosti za njegovo rješavanje, odrediti ciljeve kvalitete i kritične faktore uspjeha.

Do - provodi se provjera predloženih unaprjeđenja i prikupljaju se dobiveni rezultati. Svi zaposlenici prolaze obuku koja se odnosi na primjenu metoda i tehnika u unaprjeđenju kvalitete. [18]

Check - izvršava se pilot projekt i prikupljaju se podatci o vrijednostima pokazatelja uspješnosti. Analiziraju se prikupljeni podatci i izvode se zaključci.

Act - pristupa se implementaciji poboljšanja. Procedure rada prihvaćenog rješenja se standardiziraju i zaposlenici moraju točno znati na koji način ih primjenjivati u budućem radu. Ciklus je potrebno ponoviti određeni broj puta pod različitim uvjetima u cilju utvrđivanja točnosti dobivenih rezultata. Postoji deset pravila Kaizena [18]:

- sumnjajte u status sadašnjeg stanja,
- mislite kako nešto napraviti a ne zašto se ne može napraviti,
- prestanite se ispričavati i počnite preispitivati svoje navike,
- ne tražite perfekciju preko noći,
- ispravite pogreške odmah,
- ne trošite novac na kaizen,
- mudrost izvire kad se suoči s teškoćom,
- pitajte se zašto nekoliko puta i tražite korijen problema,
- tražite mudrost deset ljudi radije nego znanje jednoga,
- zamislite da su mogućnosti za kaizen praktički beskonačne.

4. OPTIMIZACIJA PROIZVODNOG PROCESA NA PRIMJERU PODUZEĆA KFK

4.1. Općenito o poduzeću

Tvrtka KFK d.o.o. je tijekom godina završila mnoge projekte u Hrvatskoj i svijetu te je postala lider na tržištu aluminijskih i staklenih fasada u Europi zahvaljujući svojoj inovativnosti i konstantnom napretku i kvaliteti. Pružaju inovativna rješenja za klijente kroz zajednički pristup inovativnom dizajnu, detaljnim planiranjem i kvalitetom sastavljanja. Tvrtka je posljednjih godina u velikom investicijskom ciklusu i osvaja sve više stranih tržišta. Provedbom svih planiranih investicija i povećanjem kapaciteta KFK je postao jedna od najvećih tvrtki kada su pitanju aluminijske i staklene fasade u Europskoj uniji.

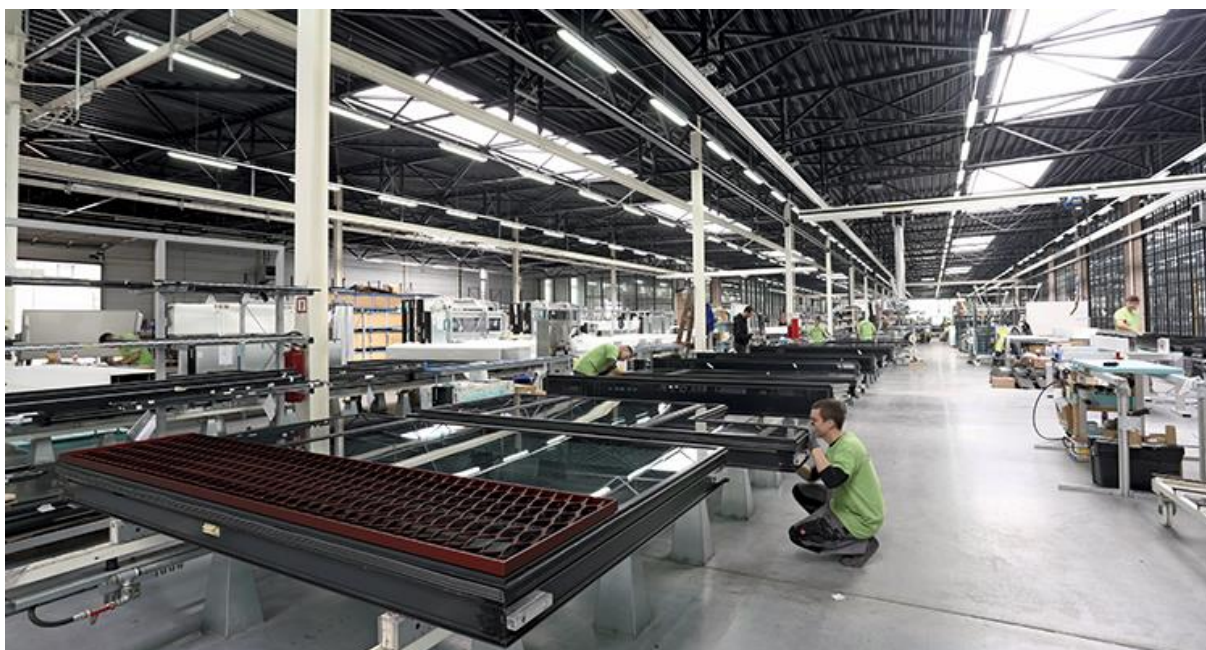
Srednjoročni plan je utrostručiti trenutačni promet i do 2020. pozicionirati se među tri najveća svjetska proizvođača fasada s proizvodnim kapacitetom od petstotinjak tisuća četvornih metara visokokvalitetnih aluminijsko-staklenih fasada. Danas najviše kupaca tvrtka ima na tržištu SAD-a, Velike Britanije, Austrije, Švicarske i Njemačke, a upiti stižu čak i iz Australije. U ovom trenutku ima nekoliko projekata na britanskom tržištu, koje joj je posebno zanimljivo i izazov zbog specifičnih regulativa i propisa. Cilja još nekoliko projekata na tom tržištu, ali još nisu u fazi odlučivanja. U igri su i novi projekti u SAD-u; potražnja se, kažu, povećava jer kupci sve više zahtijevaju kvalitetu proizvoda i kompletne usluge koju im KFK može pružiti. Njegov rast posljednjih nekoliko godina potaknut je stalnim ulaganjima u novu i sofisticiranu tehnologiju, vlastiti razvoj novih proizvoda te prodajnu mrežu diljem svijeta, ponajprije u SAD-u, Velikoj Britaniji i Europskoj uniji. [19]

Sve je to potaknulo znatan rast prihoda i neto dobiti, zbog čega u KFK-u ne skrivaju zadovoljstvo. Lani su došli na razinu od gotovo pola milijarde kuna prihoda (465,7 milijuna) uz dobit od 92,7 milijuna kuna i neto profitnu maržu od 19,9 posto. Prihod od prodaje u inozemstvu u 2016. porastao je za 127,8 posto. Na kraju ove godine, prema dosadašnjim pokazateljima opsega proizvodnje, novih projekata, rasta zapošljavanja itd., također očekuju vrlo dobre rezultate. Procjene se mijenjaju ovisno o situacijama na tržištu, ali i u idućim godinama u tvrtki kao i do sada očekuju stalan rast. KFK grupa, kažu u njoj, danas ima tristotinjak zaposlenih, ali taj se broj mijenja ovisno o potrebama na gradilištima i projektima. Broj zaposlenih stalno se povećava i ulaže se u proizvodna postrojenja i tehnologiju. [19]

Zadnji KFK-ov investicijski ciklus vrijedio je oko 150 milijuna kuna, a dio ulaganja poduprla je i Europska unija u sklopu svojeg Fonda za regionalni razvoj iz kojega mu je odobreno gotovo 15 milijuna kuna nepovratne potpore. Odobrenim projektom Europske unije nabavljeno je 30-ak strojeva i ostale opreme te softvera. Nakon svih tih ulaganja KFK ima suvremene proizvodne pogone i obradne centre, vlastiti pogon za industrijsku plastifikaciju, a nedavno je završen i pogon za obradu stakla. [19]

Ulaganje u nove strojeve donijelo je veće i kompleksnije poslove, a gradnjom staklane zaokružen je cijeli proizvodni proces pod vlastitim krovom, što je sad i jedna od ključnih KFK-ovih prednosti. Zasad ne planira proizvoditi staklo za prodaju, nego isključivo za vlastite fasadne elemente. Investicijski je plan daljnje proširivanje proizvodnih pogona, a namjerava investirati i u obnovljive izvore energije te sagraditi solarnu fotonaponsku elektranu. [19]

Ključni element dosadašnje strategije razvoja pravodobni je izlazak na strana tržišta, što je rezultiralo dobivanjem novih projekata, širenjem poslovanja i sveukupnim napretkom. Strategija je razvoja za iduće razdoblje, ističu u KFK-u, sinergija proizvodnih procesa nakon provedenog proširenja proizvodnje, daljnje ulaganje u tehnologiju i stručni kadar u proizvodno-tehnološkom procesu i projektiranju te dizajnu. Razvoj se financira iz vlastitih financijskih izvora, ali nastavit će upotrebljavati i sredstva fondova Europske unije, zbog čega se tvrtka i dalje prijavljuje na natječaje koji se objavljuju.



Slika 21. Proizvodno skladište KFK poduzeća [19]

Tvrtkin je cilj imati sve procese pod svojim krovom, od rezanja, savijanja, bojenja, sklapanja gotovog proizvoda do pakiranja. Taj zaokruženi proizvodni proces, u kojemu je najnovija, posljednja karika u lancu staklana, uvelike smanjuje rizik od nepoštovanja rokova i nepostizanja kvalitete te povećava efikasnost poslovanja. Uzevši u obzir snažnu orijentaciju na globalno tržište i dobre referencije, ne bi bilo čudno da se KFK-ovi proizvodni pogoni u Rugvici nastave jako širiti uz autocestu, prema Derventi.

4.2. Raspored i opis operacija

Postupak spajanja i priprema se sastoji od sljedećih koraka:

- ispuhivanje spene,
- izrezivanje zaštitne trake,
- postavljanje umetaka i dodatnih dijelova u profile,
- odmašćivanje profila,
- mazanje reznih površina 2K ljepilom,
- spajanje profila,
- obavezno provjeriti dimenzije elemenata,
- čišćenje,
- brtvljenje rupa na vertikalama butilnom trakom,
- brtvljenje gornjeg i donjeg dijela vertikale prema WicVAR uputama,
- zaštićivanje profila.

Postupak postavljanja limova sastoji se od sljedećih koraka:

- postavljanje leđnih limova,
- fiksiranje lima vijcima,
- odmašćivanje leđnog lima,
- silikoniranje,
- postavljanje svrtova.

Postupak postavljanja brtvi se sastoji od sljedećih koraka:

- odmašćivanje svih kutnih spojeva aktivatorom,
- silikoniranje svih kutnih spojeva SILCOSEAL-om,
- postavljanje brtve na predviđena mjesta,
- odmašćivanje brtve aktivatorom i ljepljenje iste WIC SILCOSEAL-om,

- izrezivanje brtve na vertikalama u zoni panela,
- postavljanje vertikalnih brtvi,
- postavljanje vulkanizirane brtve.

Postupak postavljanja izolacije se sastoji od sljedećih koraka:

- postavljanje odgovarajuće izolacije u zonu predviđenu za to,
- učvršćivanje izolacije čavlima

Postupak ostakljivanja se sastoji od sljedećih koraka:

- postavljanje ALU glashaltera - 4 kom po polju,
- glashaltere potrebno zaljepiti malom količinom WIC SILCOSEAL-a,
- na kutnim spojevima brtve staviti malu količinu WIC SILCOSEAL-a,
- ostakljivanje polja odgovarajućim staklom,
- kajlanje stakle,
- postavljanje spužvice na gornjoj strani + 100 mm po vertikali, silikoniranje istih dijelova DC 791.

Postavljanje okvira krila se sastoji od sljedećih koraka:

- postavljanje ALU glashaltera - 4 kom po polju,
- glashaltere potrebno zaljepiti malom količinom WIC SILCOSEAL-a,
- na kutnim spojevima brtve staviti malu količinu WIC SILCOSEAL-a,
- postavljanje okvira krila u odgovarajuće polje.

Postavljanje Glasslajsne se sastoji od sljedećih koraka:

- priprema glasslajsni brtve,
- postavljanje glasslajsni na predviđena mjesta,
- na spojeve horizontale i vertikala postaviti ekspandirajuću spužvicu,
- postavljanje brtve za pokrivnu lajsnu,
- postavljanje pokrivne lajsne,
- fiksiranje stoka vijcima i postavljanje kapica.

Ubacivanje krila se sastoji od sljedećih koraka:

- provlačenje kabela kroz stok na vanjsku stranu,
- postavljanje federa,

- fiksiranje skara na prvi i zadnji vijak,
- postavljanje distancera,
- zatvaranje krila pomoću motora,
- ubacivanje "bolcni" u pant.

Postupak čišćenja se provodi čišćenjem silikona na vidljivim dijelovima.

Pregled gotovog proizvoda se odvija u sljedećim koracima:

- pregled voditelja,
- potpisivanje kontrolne karte,
- postavljanje naljepnice,
- označavanje na fasadnom pogledu.

4.3. Pristup poboljšanju

4.3.1. Definiranje potencijalnih područja unaprjeđenja

Odlaskom u poduzeće KFK d.o.o. prvotno je provedeno upoznavanje osoblja te pregledavanje postrojenja u cilju prikupljanja što više informacija kako bi se razaznao cjelokupni pristup poslovanja poduzeća. Uviđeno je kako postoji potreba za provođenjem određenih alata u cilju poboljšanja segmenata kao što su urednost, organizacija, čistoća, izmjena alata, produktivnost i tako dalje. Razgovorom s profesorom dr. sc. Nedeljkom Štefanićem zaključeno je kako će se na pojedinim linijama u svrhu unaprjeđenja proizvodnog procesa, provoditi pristup poboljšanja proizvodnje u poduzeću. Zaključeno je kako postoji mogućnost provođenja 5S metode. Poduzeće obraća pozornost na urednost i organizaciju ali svejedno ima još prostora za poboljšanje. 5S kao alat uključuje standardizaciju procesa te se ona može primijeniti na proizvodnim linijama s obzirom na to kako služe istoj svrsi.

Također, težnja za što boljom komunikacijom dovodi do zaključka kako je Kaizen alat koji se može primijeniti pri unaprjeđenju proizvodnog procesa. Kaizen je potrebno kontinuirano implementirati te se naglasak stavlja na bolju komunikaciju, protoku informacija, mogućnosti prijavljivanja eventualnih poteškoća i nepravilnosti na radnom mjestu. Metoda koja se još može koristiti je SMED metoda koja se bavi smanjenjem vremena potrebnog za izmjenu alata. KFK ima veliki asortiman proizvoda te je jasno kako za proizvodnju različitih proizvoda postoji potreba i za velikim brojem alata koji se mijenjaju po potrebi.

Definiranjem svih segmenata na koje se može pozitivno utjecati u poslovanju KFK poduzeća, potrebno je implementirati metode i uvidjeti kako zadatak odraditi na optimalan način. Prijedlog unaprjeđenja proizvodnog procesa opisan je i na dvije proizvodne linije na kojima je mjereno vrijeme koje je potrebno svakoj od linija da sastavi proizvod. Osim samog rada proizvodne linije 1 i 2 u vidu minimaliziranja praznog hoda koji nastaje, potrebno je obratiti pozornost i na urednost i organizaciju oko proizvodnih linija. Proizvodni sustavi poduzeća KFK su dobro organizirani ali uvijek postoji dodatan prostor za unaprjeđenje trenutnog stanja.

4.3.2. Informativni razgovori s osobljem u svrhu definiranja problema

Od velike važnosti za uspješnu provedbu optimizacije je detaljan razgovor s nadređenima u poduzeću jer se time otkrivaju najveći nedostaci i problemi koji se mogu te se dogovara odakle krenuti i na koji način će se implementacija odvijati. Uspostava komunikacije između zaposlenih je izrazito važna jer se i od njih mogu saznati vrlo važne informacije. Zaposlenik koji radi na proizvodnoj liniji može ukazati na probleme koji mu smetaju tijekom rada te su se stoga obavljali informativni razgovori pri čemu se tokom razgovora ispunjavao formular sa svim problemima na koje je ukazao ispitivani zaposlenik. Formular je prvotno ispunjavan ručno ali je zbog urednosti kasnije prepisan na računalo.

Tablica 3. 5S Formular

Ime i prezime zaposlenika	Radno mjesto zaposlenika	Spremnost na promjene radnih navika	Problemi s kojima se susreće radnika	Potrebne mjere za saniranje problema	Datum
Zaposlenik 1	Proizvodna linija 1	DA	1. Nedostatak prostora oko radnog mjesta za privatne stvari 2. Nedostatak prostora oko radnog mjesta za dokumente potrebne za sastavljanje proizvoda 3. Prenatranost nepotrebnim stvarima oko proizvodnih linija	1. Narudžba dodatnih radnih ormarića, ugradnja dodatnih radnih stolića, 2. uklanjanje nepotrebnih materijala na za to prikladno mjesto 3. Postavljanje kanta za smeće za pravilno sortiranje	30.5.2019
Zaposlenik 2	Proizvodna linija 2	DA	1. Nedostatak prostora oko kontrolne ploče 2. Smanjeno vrijeme potrebno da proizvodna linija sastavi proizvod u odnosu na proizvodnu liniju 1	1. Uklanjanje viška nepotrebnih stvari 2. Smanjenje praznog hoda tijekom sastavljanja proizvoda na proizvodnoj liniji	30.5.2019

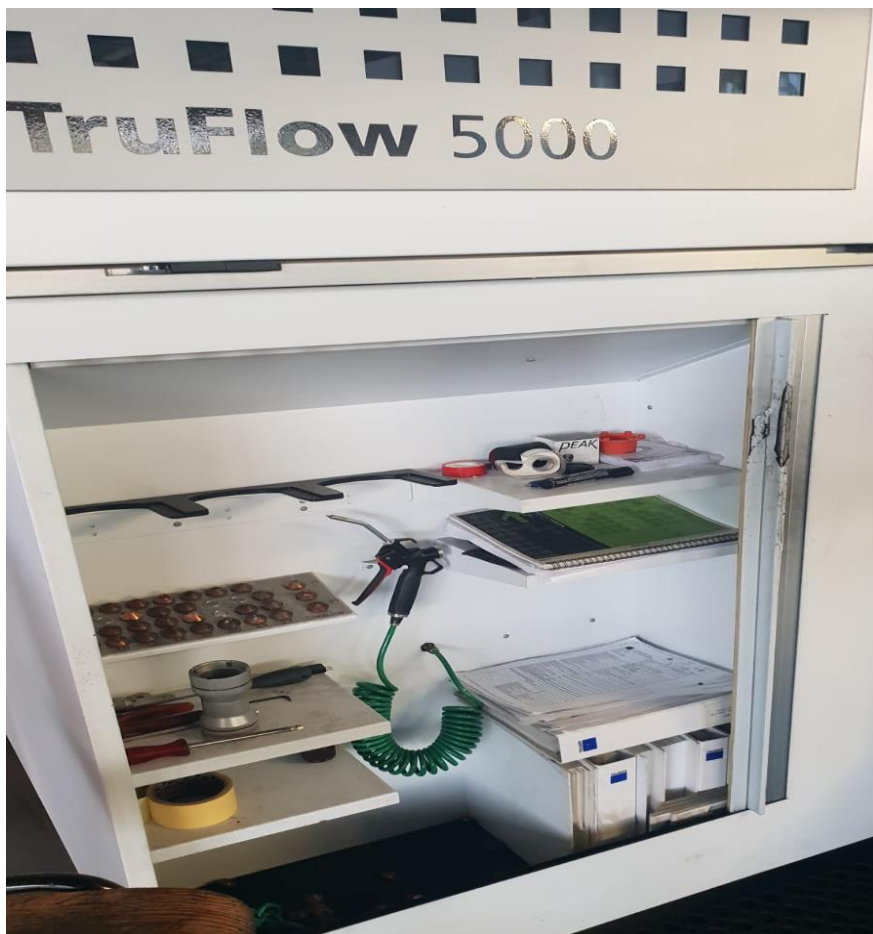
Iz formulara u tablici 3 vidljivo je s kojim se problemima susreću zaposlenici oko dvaju proizvodnih linija. Kako bi se moglo započeti s primjenom metode 5S potrebno je da zaposlenik bude upućen kakve se promjene događaju jer se iznimno važno da se zaposlenici uvjere kako će to što se primjenjuje uvelike olakšati njihov rad.

4.3.3. Pregledavanje trenutnog stanja oko proizvodnih linija

Nakon obavljanja razgovora sa zaposlenicima slijedi upoznavanje s pogonom i fotografiranje svih kritičnih područja na koje su se žalili zaposlenici. Na slikama od 22 do 25 je prikazano zatečeno stanje na proizvodnim linija.



Slika 22. Nepotreban materijal i smeće oko proizvodnih linija



Slika 23. Neuredan ormarić zbog nedostatka mjesta



Slika 24. Neurednost oko kontrolne ploče



Slika 25. Odlaganje smeće na nepredviđeno mjesto

Na slikama od 22 od 25 je prikazano stanje oko proizvodnih linija. Jasno je vidljivo kako je potrebno korištenje 5S metode jer ne postoje adekvatna mjesta za smeće i sve dodatne stvari koje koristi zaposlenik. U formularu je definirano što je sve potrebno napraviti kako bi se uredilo radno mjesto. Na temelju definiranih mjera koje je potrebno napraviti prema formularu iz tablice 3 poduzimaju se radnje kojima se želi urediti radno mjesto, odnosno primjenjuje se 5S metoda.

4.3.4. Provedba Kaizen radionice

Provedba Kaizen radionice mora se početi planirati barem četiri tjedna prije početka. Prvi korak je izrada osnovne tablice koja sadrži nekoliko osnovnih informacija o radnom mjestu i načinu na koji će se provoditi:

- aktivnosti koje će Kaizen tim provoditi tijekom radionice,
- točna definicija područja unaprjeđenja,
- mjerljivi rezultati kojima će se postići unaprjeđenje,
- granice unutar kojih Kaizen djeluje,
- prepreke koje tim može susresti,
- ljudi koji su uključeni u provedbu,
- termini održavanja Kaizen radionica.

Na slici 26 je prikazan plan Kaizen radionice.

tablica kaizen radionice					
opseg djelovanja		rukovodstvo		raspored	
tok vrijednosti		izvršni sponsor		datum	
ime radionice				početak/kraj	
posebni uvjeti		VSM šampion		lokacija	
okidač procesa rada		organizator		intrano informiranje	
prvi korak				trening radnika	
zadnji korak		vođa tima			
granice i ograničenja		koordinator		prezentacija tima	
pitanja o trenutnom stanju radionice			članovi tima		
1		funkcija		prezime i ime	
2		1			
3		2			
4		3			
5		4			
ciljevi i svrhe radionice					
1		5			
2		6			
3		7			
4		8			
5		9			
potencijali			potporni članovi		
1		funkcija		prezime i ime	
2		1			
3		2			
4		3			
5		4			
moguće prepreke			odobrenja		
1		izvršni voditelj	Menadžer financija	organizator	
2		potpis	potpis	potpis	
3		datum	datum	datum	

Slika 26. Plan Kaizen radionice

4.3.5. Postupci poduzeti u svrhu primjene 5S metode

Primjenom 5S metode uklonjene su nepotrebne stvari s radnog mjesta, uređene su radne površine te su stavljene kante za sortiranje otpada. Na slikama od 27 do 29 su prikazane uređene radne površine i kante kojima se osiguralo sortiranje smeća.



Slika 27. Uređen prostor oko kontrolne ploče



Slika 28. Uredna proizvodna linija



Slika 29. Nove kante za sortiranje otpada

Od izuzetne je važnosti detaljno čišćenje linije te se mora dati sve od sebe kako bi okolina bila ugodna za rad. Upravo zato je poželjno da se održava određeni stupanj čistoće i urednost na linijama. Postupak je poželjno standardizirati kako bi postupak bio primjenjiv za kompletan pogon.

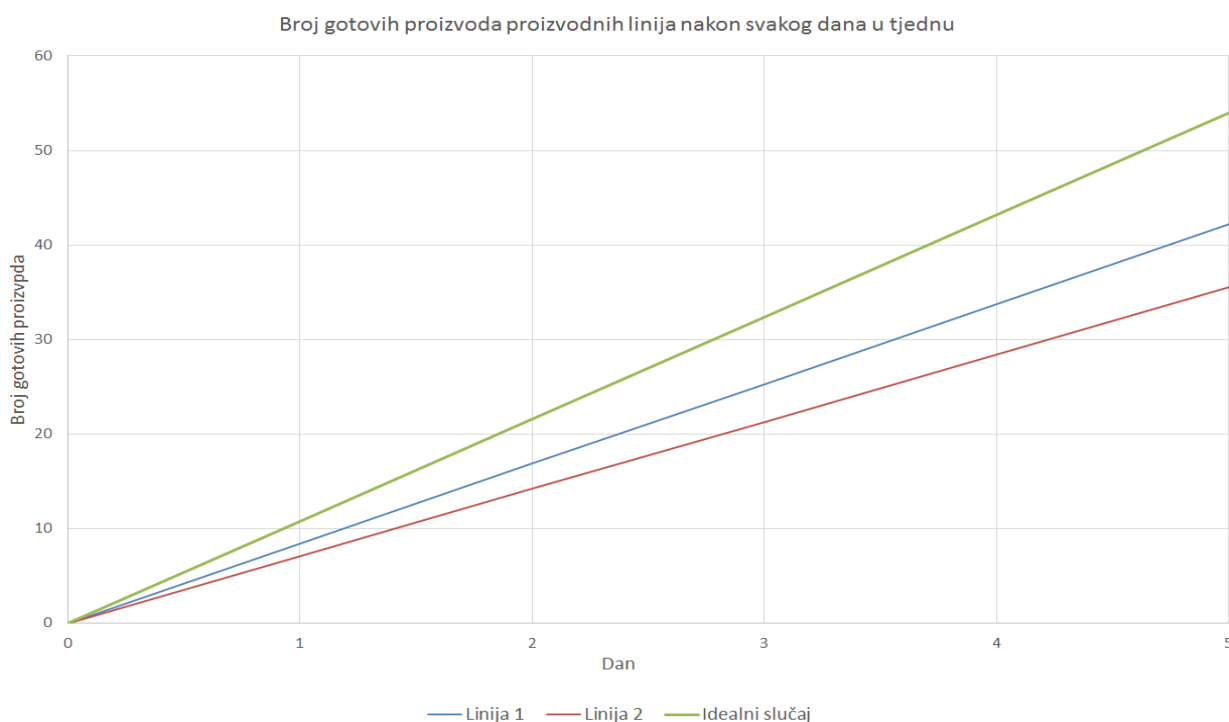
Zaposlenicima je na primjeru dvaju proizvodnih linija ukazano korištenje metode 5S kako bi se bolje upoznali s njom. Poduzeće je izrazito ozbiljno shvatilo primjenu metode 5S te su odlučili nastaviti s primjenom uz povremenu kontrolu kako bi svi bili sigurni da se izvedba provodi na ispravan način. Kada je 5S metoda uspješno implementirana, važno je usvajanje plana održavanja. Zadnji cilj metode 5S je održavanje koje predstavlja kraj implementacije samog postupka metode i brige o linijama i proizvodnom sustavu.

4.3.6. Rad dvaju proizvodnih linija prije uvođenja promjena

Tijekom analize dvaju proizvodnih linija mjereno je vrijeme potrebno da proizvodne linije sastavi proizvod. Mjerenjem je utvrđeno kako jedna linija sastavi proizvod za 64 minute, dok druga linija sastavi proizvod za 76 minuta. Isto tako, smatra se kako je idealno vrijeme potrebno da proizvodna linija sastavi proizvod 50 minuta što bi bilo tako kada ne bi postojalo praznog hoda. Uspoređujući te dvije linije želi se utvrditi koliko bi se povećala efikasnost kada bi te dvije proizvodne jedinice radile s maksimalnom brzinom ili kada bi barem najsporija proizvodna (76 minuta po proizvodu) linija postigla brzinu od 64 minute po proizvodu. Analiza je provedena u vremenskom periodu od tjedan dana pri čemu je izračunato koliko novih proizvoda nastaje nakon svakog radnog dana. Za radno vrijeme proizvodnih linija uzeto je 9 sati dnevno pet dana u tjednu. Na temelju prethodno spomenutih ulaznih podataka konstruiran je dijagram i tablica koji pokazuju broj gotovih proizvoda u tjednu. U tablici 4 su prikazani brojevi gotovih proizvoda nakon svakog dana u tjednu dok je na slici 30 prikazan dijagramski prikaz.

Tablica 4. Broj gotovih proizvoda proizvodnih linija nakon svakog dana u tjednu

vremenski period (dani)	radno vrijeme linije u danu (h)	vrijeme potrebno da linija 1 sastavi proizvod (h)	vrijeme potrebno da linija 2 sastavi proizvod (h)	Idealni slučaj - vrijeme potrebno	ukupno radno vrijeme nakon svakog dana (h)	Broj gotovih proizvoda linije 1	Broj gotovih proizvoda linije 2	Broj gotovih proizvoda u idealnom slučaju
0	0	0	0		0	0	0	0
1	9	1,07	1,27	0,83	9	8,4	7,1	10,8
2	9	1,07	1,27	0,83	18	16,9	14,2	21,6
3	9	1,07	1,27	0,83	27	25,3	21,3	32,4
4	9	1,07	1,27	0,83	36	33,8	28,4	43,2
5	9	1,07	1,27	0,83	45	42,2	35,5	54



Slika 30. Dijagramski prikaz rada proizvodnih linija

Dijagramski prikaz za slike 20 pokazuje koliko gotovih proizvoda naprave tri različite proizvodne linije u jednom tjednu, odnosno u 5 radnih dana. Rezultati pokazuju kako linija 1 (64 min/pr) u jednom tjednu proizvede 42 gotova proizvoda, dok linija 2 (76 min/pr) proizvede 35 gotova proizvoda. Iz toga proizlazi kako proizvodna linija 1 na tjednom bazi proizvede 7 proizvoda više od linije 2. S obzirom kako 2019 godina ima 250 radnih dana, iz toga proizlazi kako linija 1 na godišnjoj razini proizvede 350 proizvoda više što čini razliku od 18,75%. Iz toga proizlazi zaključak kako bi se postiglo povećanje efikasnosti za čak 18,75% kada bi proizvodna linija 2 radila jednakom brzinom kao proizvodna linija 1, te je ovo prvi pokazatelj kako povećati efikasnost poduzeća.

Kada bi se postigla brzina rada koju predviđa idealni slučaj (50 min/pr), proizvodna linija bi proizvela 54 gotova proizvoda u tjednu što je čak 12 proizvoda više od proizvodne linije 1 i 19 proizvoda više od proizvodne linije 2. Na godišnjoj bazi je to čak 950 proizvoda više u odnosu na proizvodnu liniju 2 i 600 proizvoda više u odnosu na proizvodnu liniju 1. Iz toga se zaključuje kako je riječ o gubitku 21,785% i 34,21%.

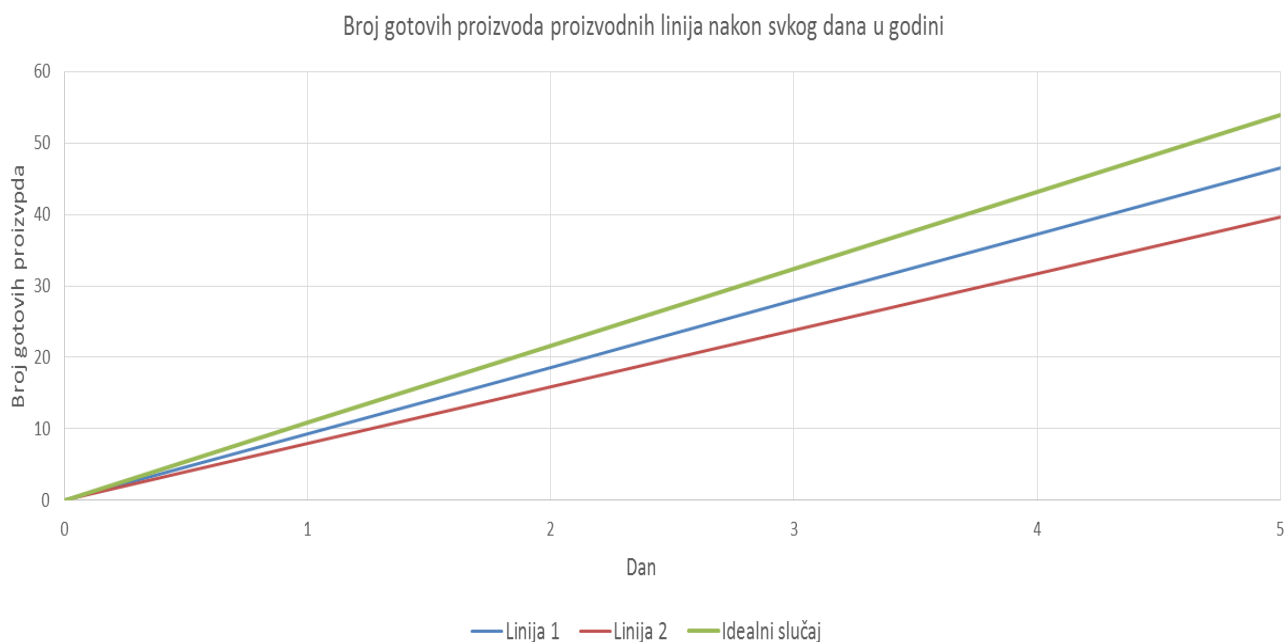
4.3.7. Rad dvaju proizvodnih linija nakon uvođenja promjena

Smanjivanjem nepotrebnih praznih hodova, izvršeno je još jedno mjerenje vremena potrebnog da proizvodne linije sastave gotov proizvod. Novo izmjereno vrijeme za liniju 1 iznosi 59

minuta po proizvodu dok vrijeme novo vrijeme izmjereno za liniju 2 iznosi 68 minuta. Tablica 5 pokazuje rezultate o broju gotovih proizvoda nakon radnog tjedna, dok je na slici 31 prikazan dijagramski prikaz rada linija.

Tablica 5. Broj gotovih proizvoda nakon svakog dana u tjednu

vremenski period (dani)	radno vrijeme linije u danu (h)	vrijeme potrebno da linija 1 sastavi proizvod (h)	vrijeme potrebno da linija 2 sastavi proizvod (h)	Idealni slučaj - vrijeme potrebno	ukupno radno vrijeme nakon svakog dana (h)	Broj gotovih proizvoda linije 1	Broj gotovih proizvoda linije 2	Broj gotovih proizvoda u idealnom slučaju
0	0	0	0		0	0	0	0
1	9	0,97	1,13	0,83	9	9,3	7,9	10,8
2	9	0,97	1,13	0,83	18	18,6	15,9	21,6
3	9	0,97	1,13	0,83	27	27,9	23,8	32,4
4	9	0,97	1,13	0,83	36	37,2	31,8	43,2
5	9	0,97	1,13	0,83	45	46,6	39,7	54



Slika 31. Dijagramski prikaz proizvodnih linija

Uspoređujući rezultate prije i poslije uvođenja promjena vidljivo je kako nakon uvođenja promjena proizvodna linija 1 proizvode 39 proizvoda dok proizvodna linija 2 proizvode 46 proizvoda na kraju tjedna. Vidljivo je kako proizvodne linije proizvode svaka po 4 gotova proizvoda više nego u prvom slučaju. Proizvodna linija 2 sada proizvodi 17,2413% manje nego proizvodna linija 1 što je za 1,5 posto manje nego u prvom slučaju. U odnosu na idealni

slučaj, gubitak proizvodne linije 1 je 13,793%, dok je gubitak proizvodne linije 2 26,471% što je u oba slučaja 8% manje nego u slučaju prije uvođenja promjena.

5. ZAKLJUČAK

Poboljšanja u poslovanju i proizvodnji su ključ uspjeha, napretka i opstanka, a izravno su vezana za primjenu adekvatnih metoda optimizacije. U radu su spomenute mnoge metode optimizacije proizvodnih procesa pri čemu su detaljnije obrađene tri metode kao što su *Lean* metodologija, Six Sigma i Kaizen metodologija. Metodologija njihove primjene dostupna svima, a njima se postižu značajna smanjenja troškova i povećanje efikasnosti i efektivnosti poslovanja.

Analiza poboljšanja proizvodnih procesa napravljena je na primjeru tvrtke KFK d.o.o. koja je tijekom godina završila mnoge projekte u Hrvatskoj i svijetu te je postala lider na tržištu aluminijskih i staklenih fasada u Europi zahvaljujući svojoj inovativnosti i konstantnom napretku i kvaliteti. U KFK poduzeću je implementirana 5S metoda pri čemu su obavljani razgovori s osobljem poduzeća. Pri tome su evidentirani svi problemi s kojima se zaposlenici susreću te su zajedničkim snagama donesene odluke i mjere što treba poduzeti kako bi se problemi riješili, odnosno kako bi se metoda uspješno implementirala. Uvedene su promjene kada je u pitanju čistoća, organizacija i urednost radnog mjesta te su uvedene kante za razvrstavanje otpada. Primjenjujući osnovne *lean* alate kao što su 5S, mapiranje toka vrijednosti i kaizen mogu se postići značajne promjene u poduzeću kao što su:

- smanjenje dokumentacije i birokracije,
- poboljšanje načina unosa podataka i suradnje s drugim odjelima,
- smanjenje potrebnog vremena za izvršenje određenog posla,
- povećanje točnosti dokumenata,
- eliminiranje zastoja radi nedostataka informacija,
- praćenje tržišta i pronalaženje novih načina pristupa kupcima, bolja kontrola kreditnih limita i naplate potraživanja od kupaca,
- smanjuje se razina zaliha,
- uvode se minimalne i maksimalne količine narudžbe.

Mapiranjem toka procesa se izrađuje mapa sadašnjeg, budućeg i idealnog stanja za određeni proces. Primjenom 5S uvode se standardizirana radna mjesta, bolje označavanje dokumenata, mjesta za dokumente, radne upute i slično. Primjenom Kaizena u poduzeću se postiže klima kontinuiranih promjena i naglasak se stavlja na zaposlenike jer su oni nositelji kontinuiranih promjena, a samim time i način kako efikasnije i bolje organizirati proizvodnju.

Analiza je provedena tako da je mjereno vrijeme potrebno da proizvodne linije sastave gotov proizvod prije uvođenja promjena pri čemu je ustanovljeno kako jednoj proizvodnoj liniji 64 minute da sastavi proizvod dok drugoj proizvodnoj liniji treba 76 minuta da sastavi proizvod. Već se samim mjerenjem moglo zaključiti kako se veća efikasnost i poboljšanje može postići kada bi sporija proizvodna linija mogla sastaviti proizvod barem jednakom brzinom kao druga linija. To proizlazi i iz analize koja pokazuje kako na tjednoj bazi, proizvodna linija 1 proizvede 7 gotovih proizvoda više od proizvodne linije 2, što je veća efikasnost za čak 18,75 % u odnosu na proizvodnu liniju 2. Pretpostavlja se kako je maksimalna teorijska brzina sastavljanja proizvoda koju mogu postići proizvodne linije iznosi 50 minuta po proizvodu. Analiza je pokazala kako proizvodna linija 1 u odnosu na idealnu proizvodnu liniju odstupa za 21,785%, dok proizvodna linija 2 odstupa za 34%. Mjerenjem vremena potrebnog da proizvodne linije sastave proizvod nakon uvođenja promjena pokazalo se kako sada proizvodna linija 1 sastavi gotov proizvod za 59 minuta, dok proizvodna linija 2 sastavi proizvod za 68 minuta. Rezultati su pokazali kako nakon uvođenja promjena svaka od proizvodnih linija proizvede po 4 proizvoda više u tjednu što je u odnosu na idealni slučaj manji gubitak za 8% u odnosu na slučaj prije uvođenja promjena.

Uvođenje *lean* metodologije u poduzeće KFK d.o.o. dovelo bih do znatnih poboljšanja u poslovanju i proizvodnji koje bi se mogle uočiti nakon godinu dana primjene. Preporuka je prvotno korištenje metode 5S kojom se uz pomoć kvalitetnijeg upravljanja i organiziranja rješavaju nepotrebni gubici koji nastaju tijekom proizvodnje gotovih proizvoda. Nakon toga se mapira tok proizvodnje pri čemu se konstruiraju mape sadašnjeg i budućeg stanja. Primjenom *Lean* metodologije u poduzeću se postiže klima kontinuiranih promjena i naglasak se stavlja na zaposlenike jer su oni nositelji kontinuiranih promjena, a samim time i način kako efikasnije i bolje organizirati proizvodnju.

LITERATURA

- [1] Art Byrne: The Lean Turnaround, McGraw Hill, USA, 2013.
- [2] The Lean Enterprise Institute: Lean Lexicon, Cambridge, MA, USA, 2008.
- [3] <https://www.lean.org/Downloads/BatchProcessesByArtSmalley.pdf>
- [4] Ćosić P.: predavanja iz kolegija „Projektiranje tehnoloških procesa“, Zavod za industrijsko inženjerstvo, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2012.
- [5] Štefanić N., Tošanović. N: Lean proizvodnja, Zavod za industrijsko inženjerstvo, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2013.
- [6] Štefanić N.: Mapiranje lanca vrijednosti, Lean Menadžment Inicijativa, 2013.
- [7] Art Smalley: Creating Level Pull, The Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA, USA, 2004.
- [8] Ana Pipunić, Dragana Grubišić; Suvremeni pristupi poboljšanjima poslovnih procesa i poslovna uspješnost, EKON. MISAO PRAKSA DBK. GOD XXIII. (2014.) BR. 2. (541-572)
- [9] Prester, J., Ivanko, F. (2011): Rasprostranjenost Lean koncepta u Hrvatskoj prerađivačkoj industriji. Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu, Vol.9, No.2. str. 105-122
- [10] Shah R., Ward P.T. (2003): Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. Journal of Operations Management. str.129-149
- [11] Hren, M., Hren, N. (2014): Sustavi poslovanja-Lean menadžment. CIDER-Hrvatski ogranak međunarodne elektodistribucijske konferencije. Trogir
- [12] Mihaljević, I., (2016): Model praćenja učinkovitosti procesa distribucija toplinske energije primjenom načela Lean. Doktorski rad. Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb
- [13] Bulatović, M., Đurović D. (2014): „5S“ kao alat Lean koncepta u održavanju. Zbornik radova 3. konferencije „Održavanje 2014“
- [14] McCarty, Daniels, Bremer, Gupta: The Six Sigma Black Belt Handbook, McGraw Hill, 2005
- [15] Goldsby, Martichenko (2005), Lean six sigma logistic, J.Ross Publishing
- [16] Knowles, Six sigma (2011), Graeme Knowles & Ventus Publishing ApS

[17] Pešić P., Kaizen koncept i njegova primjena u logistici, pp. 161-178

[18] <http://www.free-management-ebooks.com/news/plan-do-check-act-cycle/> pristup
30.06.2019

[19] <https://lider.media/aktualno/tvrtke-i-trzista/poslovna-scena/samozatajne-tvrtke-kfk-sasvim-neocekivana-izvozna-prica-iz-rugvice/> pristup 30.06.2019