

# Optimizacija poslovnog procesa simulacijom primjenom IBM WebSphere Modeler softvera

---

Vidović, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:100458>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**

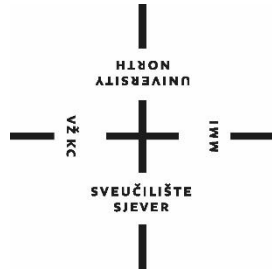


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR KOPRIVNICA**



**DIPLOMSKI RAD**

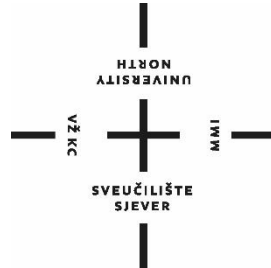
**Optimizacija poslovnog procesa simulacijom  
primjenom IBM WebSphere Modeler softvera**

Domagoj Vidović, 3698/336

Koprivnica, rujan 2024. godine



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR KOPRIVNICA**  
**Studij održiva mobilnost i logistički menadžment**



DIPLOMSKI RAD

**Optimizacija poslovnog procesa simulacijom  
primjenom IBM WebSphere Modeler softvera**

Student:  
Domagoj Vidović, 3698/336

Mentor:  
prof.dr.sc. Krešimir Buntak

Koprivnica, rujan 2024. godine

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za logistiku i održivu mobilnost		
STUDIJ	Diplomski sveučilišni studij Održiva mobilnost i logistički menadžment		
PRISTUPNIK	Domagoj Vidović	MATIČNI BROJ	3698/336
DATUM	15.09.2024.	KOLESIJ	Upravljanje poslovnim procesima u logistici
NASLOV RADA	Optimizacija poslovnog procesa simulacijom primjenom IBM WebSphere Modeler softvera		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Business process optimization by simulation using IBM WebSphere Modeler software		

MENTOR	dr.sc. Krešimir Buntak	ZVANJE	redoviti profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv.prof.dr.sc. Miroslav Drljača, predsjednik		
	2. doc. dr. sc. Saša Petar, član		
	3. prof.dr.sc. Krešimir Buntak, mentor		
	4. doc. dr. sc. Ivana Martinčević, zamjenska članica		
	5. _____		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	218/OMIL/2024
OPIS	<p>Simulacije su alati u analizi i optimizaciji poslovnih procesa. One omogućuju modeliranje složenih sustava i procesa kako bi se predvidjeli njihovi rezultati pod različitim uvjetima, bez potrebe za stvarnim izvođenjem tih promjena u stvarnom okruženju. Kao važna faza u logistici i upravljanju lancem opskrbe, procesa komisioniranja predstavlja proces prikupljanja i pripreme proizvoda za isporuku prema detaljnim potrebama kupaca. Zadatak diplomskog rada je istraživanje i optimizacija poslovnog procesa komisioniranja primjenom IBM WebSphere Modeler softvera.</p> <p>U radu je potrebno obraditi slijedeće teme:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- opći pregled poslovnih procesa i procesne orijentacije,</li><li>- pregled metoda optimizacije procesa,</li><li>- opisati softver IBM WebSphere Modeler-a i njegovu primjenu u postupcima simulacije</li><li>- primjeniti softver IBM WebSphere Modeler na odabranom procesu</li></ul>

ZADATAK URUČEN

15. 9. 2024

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE  
SIEVER



## **Predgovor**

Na početku ovog diplomskog rada želim izraziti zahvalnost svima koji su na bilo koji način doprinijeli njegovom nastanku i realizaciji. Izrada ovog rada predstavljala je značajan izazov i iskustvo, a uspjeh koji smo postigli ne bi bio moguć bez podrške i pomoći mnogih osoba.

Prvo, želim se zahvaliti svom mentoru prof.dr.sc. Krešimiru Buntaku, čija stručnost, podrška i cijenjeni savjeti su mi omogućili da istražim temu ovog rada s povjerenjem i odlučnošću. Njegov doprinos u oblikovanju i usmjeravanju istraživanja bio je neprocjenjiv.

Posebnu zahvalnost dugujem svojoj obitelji, majci i ocu koji su mi bili moralna podrška tijekom cijelog procesa izrade diplomskog rada, a pogotovo tokom svih mojih studentskih dana. Njihova strpljivost i ohrabrenje su mi bili od najveće pomoći. Želim se zahvaliti svojim prijateljima koji su bili uz mene i pružali mi uvid, smjernice i korisne savjete. Na kraju, želim se zahvaliti osobi koja je bila uz mene tokom najstresnijih i najsretnijih dana, svojoj djevojci Elizabeti.

Nadam se da će ovaj rad pružiti korisne informacije i uvid u temu koju sam istraživao i da će doprinijeti daljnjem razvoju u ovome području.

## **Sažetak**

Simulacije su alati u analizi i optimizaciji poslovnih procesa. One omogućuju modeliranje složenih sustava i procesa kako bi se predvidjeli njihovi rezultati pod različitim uvjetima, bez potrebe za stvarnim izvođenjem tih promjena u stvarnom okruženju. Ovaj rad istražuje kako simulacijski alati mogu unaprijediti poslovne procese. Simulacije se koriste za repliciranje stvarnih operacija u virtualnom okruženju, omogućujući analizu performansi procesa i identifikaciju mogućih poboljšanja. U kontekstu optimizacije poslovnih procesa, simulacija pomaže u razumijevanju utjecaja promjena u resursima, kao što su broj zaposlenika, na ukupnu učinkovitost i produktivnost.

Simulacija igra značajnu ulogu u modernom logističkom sektoru, pružajući organizacijama da poboljšaju učinkovitost svojih operacija kroz različite aspekte. Osim toga, simulacijski alati pomažu u identifikaciji i rješavanju uskih grla unutar lanca opskrbe, što poboljšava brzinu i učinkovitost procesa. Kroz optimizaciju protoka materijala i informacija, simulacija doprinosi smanjenju kašnjenja i povećanju preciznosti logističkih operacija. Ovi aspekti zajedno omogućuju organizacijama da unaprijede svoje logističke performanse, smanje troškove i poboljšaju uslugu korisnicima te u konačnici, omogućuju organizacijama biti što konkurentniji na tržištu.

**Ključne riječi:** simulacija, optimizacija, logistika, poslovni procesi

## **Summary**

Simulations are tools used in the analysis and optimization of business processes. They enable the modeling of complex systems and processes to predict their outcomes under various conditions, without the need for actual implementation in a real-world setting. This study explores how simulation tools can enhance business processes. Simulations are used to replicate real-world operations in a virtual environment, allowing for performance analysis and identification of potential improvements. In the context of business process optimization, simulation aids in understanding the impact of changes in resources, such as the number of employees, on overall efficiency and productivity.

Simulation plays a significant role in the modern logistics sector, enabling organizations to improve the effectiveness of their operations through various aspects. Additionally, simulation tools assist in identifying and resolving bottlenecks within the supply chain, thereby enhancing the speed and efficiency of processes. By optimizing the flow of materials and information, simulation contributes to reducing delays and increasing the precision of logistics operations. These aspects collectively allow organizations to enhance their logistical performance, reduce costs, and improve customer service, ultimately enabling them to be more competitive in the marketplace.

**Keywords:** simulation, optimization, logistics, business processes



# Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.1. Predmet rada .....	1
1.2. Svrha i ciljevi rada .....	1
1.3. Istraživačka pitanja.....	1
1.4. Metodologija rada .....	2
1.5. Struktura rada.....	2
2. Opći pregled poslovnih procesa i procesne orijentacije.....	3
2.1. Definiranje poslovnog procesa i procesne orijentacije.....	3
2.2. Dokumentiranje i mapiranje procesa.....	11
2.3. Upravljanje poslovnim procesima.....	13
2.4. Alati i metode za poboljšanje upravljanja poslovnim procesom.....	15
2.5. DMAIC metoda i njena primjena.....	17
3. Metode optimizacija poslovnog procesa .....	22
3.1. Analitičke metode za optimizaciju procesa .....	23
3.2. Softverska rješenja za optimizaciju procesa .....	34
4. Opis softvera IBM WebSphere Modelera i njegova primjena .....	41
5. Optimizacija procesa komisioniranja primjenom IBM WebSphere Modelera.....	46
5.1. Opis procesa komisioniranja.....	47
5.2. Dokumentiranje i mapiranje procesa komisioniranja.....	47
5.3. DMAIC analiza.....	53
5.3.1. Opis problema .....	53
5.3.2. Faza definiranja.....	53
5.3.3. Faza mjerenja .....	55
5.3.4. Faza analize.....	59
5.4. Primjena IBM WebSphere Modeler u optimizaciji procesa komisioniranja .....	63
6. Diskusija.....	70
7. Zaključak.....	72
8. Literatura.....	74
Popis tablica .....	76
Popis slika.....	77

# **1. Uvod**

## **1.1. Predmet rada**

Predmet ovog rada je istraživanje i optimizacija poslovnog procesa komisioniranja primjenom IBM WebSphere Modeler softvera. Kao važna faza u logistici i upravljanju lancem opskrbe komisioniranje predstavlja proces prikupljanja i pripreme proizvoda za isporuku prema detaljnim potrebama kupaca. Učinkovitost ovog procesa ima direktan utjecaj na ukupnu operativnu efikasnost, troškove, zadovoljstvo kupaca te utjecaj na uspješnost organizacije i njenu konkurentnost na tržištu. Pomoću detaljnog definiranja poslovnih procesa i uvidom u procesne orijentacije, metode optimizacija te samo definiranja IBM WebSphere Modeler softvera. IBM WebSphere Modeler softvera može poboljšati učinkovitost procesa komisioniranja, smanjiti gubitke i unaprijediti operativnu učinkovitost. Uz detaljno modeliranje i simulaciju poslovnih procesa moguće je identificirati eliminirati uska grla unutar postavljenih procesa i nepotrebnih.

Problematika ovog rada bavi se definiranjem, modeliranjem i simuliranjem poslovnog procesa odnosno procesa komisioniranja te na primjeni u praksi mogu se zaključiti izazovi te na osnovi provedenog donijeti prijedlog poboljšanja. Također, u ovome radu se naglašava značaj definiranja svakog poslovnog procesa, upravljanje istog te se razmatraju analitičke i softverske metode za njegovu optimizaciju.

## **1.2. Svrha i ciljevi rada**

Svrha ovog rada je analizirati i istražiti primjenu IBM WebSphere Modeler softvera u poslovnom procesu komisioniranja. Kroz detaljno modeliranje i simulaciju procesa, cilj je identificirati postojeća uska grla i provesti određene promjene kao prikaz za potencijalno poboljšanje strategije za njihovo otklanjanje. Rad također govori o važnosti optimizacije procesa i kako to može utjecati na uspješnost organizacije.

## **1.3. Istraživačka pitanja**

U sklopu ovog diplomskog rada, istraživačka pitanja koja će voditi istraživanje i analizu su sljedeća:

- Koje su bitne karakteristike i prednosti procesne orijentacije u poslovanju?
- Koje su najčešće metode i tehnike za optimizaciju poslovnih procesa?

- Koje su glavne funkcionalnosti i prednosti IBM WebSphere Modeler softvera u simulaciji poslovnih procesa?
- Kako IBM WebSphere Modeler softver omogućava modeliranje i optimizaciju procesa komisioniranja?
- Kako predložene optimizacije utječu na operativne troškove, brzinu isporuke i zadovoljstvo kupaca?

## **1.4. Metodologija rada**

Metodologija ovoga rada sastoji se od sljedećih aspekata:

- Pregled literature

Proučavanje literature bazirane na poslovnim procesima, poslovnoj orijentaciji i boljem razumijevanju IBM WebSphere Modeler softverskog rješenja za optimizaciju procesa kako bi se mogao donijeti zaključak o pozitivnom doprinosu optimizacije procesa koristeći navedeni softver.

- Studija slučaja

Predstavljanje organizacije koja će se koristiti kao primjer definiranja, modeliranja i simuliranja odabranog poslovnog procesa kao i sam utjecaj i mogućnosti simuliranja procesa. Studija će pružiti uvid u to kako simuliranje procesa djeluje na realnom slučaju.

- Sinteza

Kombiniranje različitih informacija, teorija i nalaza iz različitih izvora kako bi se došlo do sveobuhvatnog pregleda ili novih uvida u istraživanu temu. Omogućuje stvaranje cjeline koja obuhvaća i povezuje različite aspekte istraživanja.

- Analiza dokumentacije

Prikupljanje i proučavanje internih dokumenata proizvođača, uključujući tlocrte radnih prostora i pomoćnih prostorija. Ova analiza stvara mogućnost kvalitetnog uvida u trenutno stanje procesa i identifikaciju područja na kojima je moguće primijeniti poboljšanje.

## **1.5. Struktura rada**

Početak rada bavi se uvodom u poslovni proces i procesnu orijentaciju gdje će se definirati osnovni pojmovi i bitne prednosti, aspekti i neke zahtjeve koje bi organizacije trebala ispuniti kako bi njihovi poslovni procesi mogli kvalitetno obavljati svoju funkciju. U općem pregledu poslovnih procesa i procesne orijentacije, rad se fokusira na osnovne pojmove vezane uz

poslovne procese i procesnu orijentaciju. Ova poglavlja detaljno obrađuju definiciju poslovnog procesa, tehnike dokumentiranja i mapiranja procesa, kao i upravljanje poslovnim procesima. Pored toga, razmatraju se alati i metode za poboljšanje upravljanja poslovnim procesom, uključujući DMAIC metodu i njenu primjenu. Metode optimizacije poslovnog procesa istražuju različite pristupe i tehnike koje se koriste za optimizaciju poslovnih procesa. Ovdje se raspravlja o analitičkim metodama i softverskim rješenjima koja mogu unaprijediti efikasnost i učinkovitost procesa, pružajući temeljito razumijevanje dostupnih tehnika i alata. Poglavlje opis softvera IBM WebSphere Modelera i njegova primjena detaljno prikazuje funkcionalnosti IBM WebSphere Modelera. Ovdje se objašnjava kako ovaj softverski alat može biti korišten za modeliranje i analizu poslovnih procesa, s ciljem optimizacije i poboljšanja operacija. Optimizacija procesa komisioniranja primjenom IBM WebSphere Modelera predstavlja konkretan primjer primjene IBM WebSphere Modelera u optimizaciji procesa komisioniranja. Ova poglavlja uključuju detaljan opis procesa komisioniranja, tehnike dokumentiranja i mapiranja procesa, te DMAIC analizu koja pomaže u identificiranju i rješavanju problema. Također, razmatra se konkretna primjena IBM WebSphere Modelera u ovom kontekstu, pružajući praktične uvide u kako simulacija može poboljšati specifične poslovne procese. Na kraju, u diskusiji se analiziraju rezultati istraživanja i simulacija, raspravlja se o nalazima te njihovim implikacijama za optimizaciju poslovnih procesa. Ovdje se pružaju i preporuke za daljnja poboljšanja na temelju provedenih analiza.

## **2. Opći pregled poslovnih procesa i procesne orijentacije**

Ovo poglavlje bavi se detaljnim pregledom temeljnih elemenata poslovnih procesa i procesne orijentacije kroz definiranje pojmova, dokumentiranjem i mapiranjem poslovnih procesa te upravljanje poslovnim procesima. Prema navedenom, pružiti će se čvrsta osnova razumijevanja metodologije i alata koje se koriste za poboljšanje poslovnih procesa, a poseban naglasak stavljen je na DMAIC metodu koja je široko prihvaćena za kontinuirano poboljšanje poslovnih procesa. Organizacije teže prema kontinuiranom poboljšanju i prilagodni promjenama na tržištu s toga je imperativ na razumijevanju i upravljanju poslovnim procesima.

### **2.1. Definiranje poslovnog procesa i procesne orijentacije**

ISO 9001:2015 sustav upravljanja kvalitetom definira proces kao skup međusobno povezanih ili interakcijskih aktivnosti koji neke ulazne elemente ili inpute pretvara u izlazne elemente odnosno outpute. Poslovni procesi trebaju biti jasno definirani kako bi se osigurala njihova učinkovitost. Proces se sastoji od aktivnosti te svaka aktivnost treba imati jasno definirane ulaze i izlaze. Definiranje poslovnih aktivnosti omogućuje bolje razumijevanje i kontrolu

procesa čime se može smanjiti mogućnost pogrešaka i neučinkovitosti. Uz to, jasno definirani procesi olakšavaju praćenje usklađenosti s propisima i standardima koji se odnose na određenu industriju ili područje poslovanja. Definiranje poslovnih aktivnosti pruža temelj za implementaciju tehnoloških rješenja poput softvera za upravljanje poslovnim procesima koji mogu automatizirati rutinske zadatke, pratiti izvedbu procesa i slično navedenome.

Također, Gupta (2023.) navodi kako postoje i određeni izazovi kod definiranja poslovnih aktivnosti unutar poslovnih procesa poput:

- Otpor promjenama - poslovni procesi mogu biti izrazito složeni s mnogo različitih koraka i varijabli. Definiranje svake aktivnosti unutar takvih procesa može biti izazovno i zahtijevati detaljno razumijevanje funkcioniranja organizacije, što često rezultira otporom promjenama od strane zaposlenika unutar organizacije
- Promjenjive situacije – poslovna okolina često je dinamična što znači da se poslovni procesi mogu mijenjati ovisno o promjenama na tržištu, tehnologiji ili zakonodavstvu. Održavanje definicija aktivnosti ažurnima u takvim uvjetima može biti izazovno.
- Nepredvidljive situacije - nepredviđene situacije zahtijevaju fleksibilnost u izvršenju poslovnih aktivnosti. Kako bi se nosili s tim izazovima, procesi moraju biti dovoljno prilagodljivi i otporni.

Upravljanje resursima je jedan od bitnih aktivnosti u učinkovito definiranom poslovnom procesu. Ovo uključuje osiguravanje da su svi potrebni resursi (ljudski, materijalni, financijski) dostupni i da se pravilno koriste u svakom koraku procesa. Dobro upravljanje resursima osigurava optimizaciju troškova i vremena, čime se pomaže u poboljšanju ukupne učinkovitosti procesa. Osim toga, važno je osigurati da materijalni resursi budu dostupni u pravo vrijeme te u pravoj količini kako bi se spriječili prekidi u proizvodnji ili pružanju usluga. Ovaj korak zahtjeva učinkovitu logistiku i detaljno razumijevanje lanca opskrbe, planiranje nabave, skladištenja i distribucije. Kao primjer se može koristiti strategiju just-in-time koja može smanjiti troškove skladištenja i osigurati točnost u praćenju zaliha. Financijski resursi također igraju ulogu u podršci poslovnim procesima, a proračunima i troškovima mora se pažljivo upravljati kako bi se osigurala održivost poslovanja. U kontekstu financijskih resursa, pravilno alociranje sredstava može stvoriti razliku između uspjeha i neuspjeha u investicijama, istraživanju, razvoju i plasiranju novih proizvoda ili usluga na tržište.

Neovisno o tome postoji li već prihvaćena metodologija izgradnje poslovnih procesa, organizacije potrebnu metodologiju moraju u cijelosti savladati odnosno razumjeti. To znači

da metodologija koja je odabrana mora biti primijenjena na sve poslovne procese koji su odabrani. Proces se razlikuje prije svega po svojoj prirodi i stupnju složenosti te također imaju svoju strukturu. Jednostavniji elementi ili komponente, na nižoj razini nazivaju se podproces ili procesni koraci. Osim što je procese potrebno graditi implementacijom metodologije za koju se organizacija odlučila, jednako ih je potrebno kvalitetno primjenjivati u obradi svih elemenata iz razloga što je česta pojava (pogotovo u velikim i kompleksnim sustavima) da izlaz iz jednog procesa također istovremeno predstavlja ulaz ili jedan od ulaza u drugi proces.

Nadalje, potrebno je znati kako se poslovni proces sastoji od nekoliko osnovnih elemenata:

- Ulazni podaci – resursi koji su potrebni kako bi se tokom odvijanja poslovnog procesa mogli postići željeni rezultati (naprimjer: sirovine u proizvodnom procesu, informacije u administrativnom procesu, zahtjevi kupaca i sl.).
- Aktivnosti i zadaci - Aktivnosti su pojedinačne radnje ili koraci poduzeti za obradu ulaza i stvaranje izlaza. S druge strane, zadaci su specifični i pojedinačni dijelovi aktivnosti koju obavlja ljudski ili automatizirani sustav. Primjeri zadataka i aktivnosti su: sastavljanje dijelova u proizvodnji, unos podataka u administrativni sustav, pružanje podrške kupcima u korisničkoj službi. Kvalitetno definiranje aktivnosti može pomoći kod smanjenja mogućnosti pojave grešaka.
- Izlazi podaci – To su rezultati poslovnog procesa koji mogu biti u obliku proizvoda, obrađenog zahtjeva u administrativnom procesu ili zadovoljni kupac u uslužnom procesu. Kvaliteta izlaznih podataka ima veliki utjecaj na zadovoljstvo kupaca te na konkurentnost i uspješnost organizacije na tržištu.
- Uloge i odgovornosti unutar poslovnog procesa - Uloge su određeni skupovi zadataka koje obavljaju pojedinci ili timovi unutar organizacije. Odgovornosti se odnose na zaduženja i očekivanja vezana uz izvršenje tih zadataka. Primjeri uloga i odgovornosti unutar poslovnog procesa su uloga proizvodnog radnika, odgovornost za kontrolu kvalitete, uloga menadžera. Jasno definirane uloge i odgovornosti osiguravaju da svi znaju što se od njih očekuje, poboljšavajući koordinaciju i smanjujući mogućnost preklapanja ili previda zadataka.

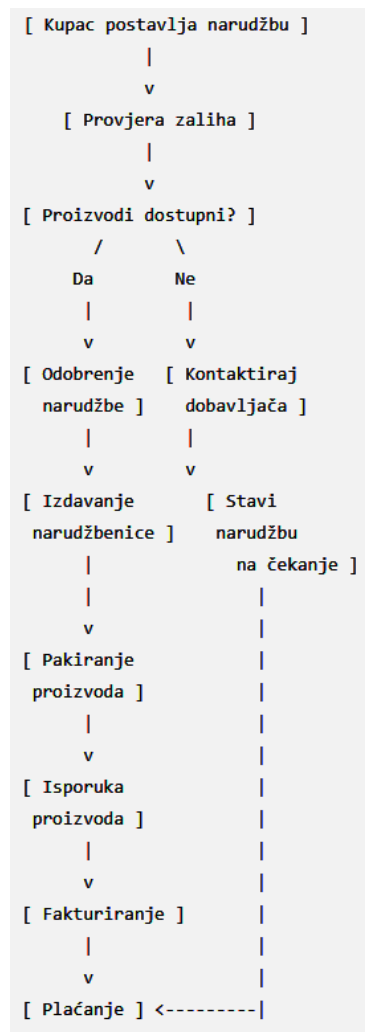
Uz navedene elemente također se mogu spomenuti još i resursi, kontrola i mjere kvalitete, povratne informacije, mjerni pokazatelji i ciljevi.

Unatoč velikom broju podjela poslovnih procesa, u današnjici je najraširenija i najzastupljenija podjela procesa na:

- Operativni procesi - Operativni procesi odnose se na poslovne procese osnovnih aktivnosti potrebnih za proizvodnju proizvoda ili pružanje usluga unutar organizacije. Potrebni su za poslovanje te su povezane s stvaranjem prihoda i stvaranjem vrijednosti za kupce ili korisnike. Sastoje se od niza međusobno povezanih aktivnosti koje se kontinuirano provode radi postizanja poslovnih ciljeva. Ovi procesi se redovito ponavljaju i često se provode u ciklusima. Primjeri operativnih procesa su: proizvodni proces, prodajni proces, logistički proces, proces pružanja usluga i sl.
- Potporni procesi – Ovo su poslovni procesi kojima je svrha davanja potpore osnovnim odnosno operativnim procesa unutar poslovne organizacije iako kao takvi nisu direktno povezani s proizvodnjom proizvoda ili pružanjem usluga. Također igraju bitnu ulogu za osiguranje funkcioniranja operativnih procesa. Pružaju podršku, infrastrukturu i resurse kako bi osnovni procesi mogli nesmetano i učinkovito biti produktivni. Primjeri ovih procesa su: ljudski resursi, informacijska tehnologija, financije i računovodstvo, pravni poslovi, upravljanje imovinom, itd.
- Upravljački procesi: ovi procesi se odnose na planiranje, kontrolu, vođenje aktivnosti unutar organizacije i koordinaciju istih. Upravljački procesi djeluju kao sila usmjeravanja i nadzora operativnih i potpornih procesa kako bi se osiguralo da svi dijelovi poslovne organizacije rade zajedno zbog postizanja strateških ciljeva i željenih rezultata. Bitne karakteristike ovih procesa su: strateška orijentacija, kontrolna funkcija i koordinacija. Primjeri ovih procesa su: strateško upravljanje, upravljanje rizicima, upravljanje kvalitetom, upravljanje ljudskim resursima, itd. Oni pružaju temelj za donošenje informiranih odluka, omogućuju fleksibilnost te pomažu organizaciji u održavanju konkurentnosti i održivosti organizacije.

Podjela procesa omogućava fokusiranje timova ili odjela na specifične zadatke i odgovornosti. Upravljački procesi se bave strategijom i planiranjem, potporni procesi pružaju podršku operativnim procesima, dok operativni procesi obavljaju svakodnevne aktivnosti kako bi se postigli ciljevi organizacije. Svaki proces zahtijeva različite vještine i znanja, te podjela omogućava specijalizaciju i optimalno iskorištavanje resursa. Primjer tijeka procesa nalazi se na slici 1. koja prikazuje proces naručivanja proizvoda.

Slika 1. Proces naručivanja proizvoda



Izvor: Izrada autora

Proces započinje postavljanjem narudžbe od strane kupca. Nakon narudžbe provjerava se dostupnost naručenih proizvoda na skladištu, ako su proizvodi dostupni, narudžba se odobrava, ali, ako nisu, kontaktira se dobavljač ili se narudžba stavlja na čekanje. Kreira se narudžbenica i šalje u skladište te se proizvodi pakiraju za isporuku. Nakon pripreme za isporuku, proizvodi se dostavljaju kupci te organizacija kupcu šalje fakturu za naručene proizvode. Na kraju procesa, kupac plaća narudžbu, a proces naručivanja proizvoda završava. Ovaj proces ilustrira osnovne korake u naručivanju proizvoda, od postavljanja narudžbe do plaćanja. Važno je nadodati kako opis svakog koraka, pa čak i vizualni prikaz procesa pomažu u razumijevanju i optimizaciji procesa čime se osigurava učinkovitost i zadovoljstvo kupca.

McCormack i Johnson (2001.) definiraju procesnu orijentaciju kao stupanj na kojem organizacija daje pažnju svojim najznačajnijim poslovnim procesima. Procesna orijentacija prošla je kroz nekoliko faza razvoja, počevši od ranih pokušaja optimizacije radnih zadataka



početkom 20. stoljeća, kada se rad analizirao kako bi se poboljšala produktivnost. Sredinom 20. stoljeća uvedeni su sustavi proizvodnje s fokusom na smanjenje otpada i poboljšanje učinkovitosti, postavljajući temelj za različite moderne metode upravljanja poslovnim procesima. U 1980-im i 1990-im godinama od velike je važnosti stalno unapređenje kvalitete, s naglaskom na holistički pristup koji uključuje sve zaposlenike. Početkom 1990-ih postalo je popularno redizajniranje poslovnih procesa, s ciljem postizanja značajnih poboljšanja. Od kasnih 1990-ih do danas korištenje metoda upravljanja procesima za smanjenje varijacija i poboljšanje kvalitete postala je jedan od najbitniji prioriteta.

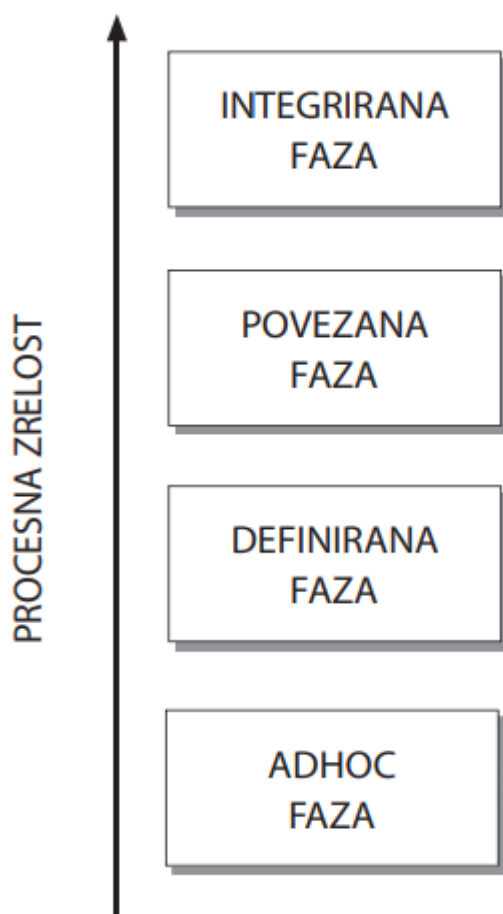
Važno je imati jasne ciljeve i strategiju za procesnu orijentaciju koji su usklađeni s dugoročnim ciljevima organizacije. To uključuje razumijevanje zašto se prelazi na procesnu orijentaciju i koje konkretne koristi se očekuju ukoliko organizacija do sada nije poslovala sa ovim pristupom. Procesna orijentacija nije jednokratni projekt, već kontinuirani napor. Organizacije trebaju ugraditi kulturu stalnog poboljšanja, koristeći ciklus kontinuiranog poboljšanja kako bi se osiguralo da se procesi redovito pregledavaju i poboljšavaju. Procesna orijentacija mora biti prilagođena specifičnoj kulturi organizacije kako bi bila uspješna. Razumijevanje i uvažavanje postojećih vrijednosti i praksi unutar organizacije pomaže u implementaciji promjena bez prevelikog otpora.

Elementi koje je potrebno prepoznati procesnom orijentacijom su:

- Identifikacija procesa
- Dokumentacija procesa
- Analiza i optimizacija
- Mjerenje performansi
- Kontinuirano poboljšanje
- ...

McCormack i Johnson u 2001. godini su razvili model zrelosti procesne orijentacije koja se dijeli u četiri faze kroz koje organizacija dolazi do ostvarenja potpune procesne integriranosti, ove faze prikazane su na slici 2. Ovaj model zrelosti sastoji se od četiri faze: ADHOC faza, definirana faza, povezna faza i integrirana faza. Ove faze pokazuju kako organizacije mogu postupno unaprijediti svoje poslovne procese, prelazeći od početne neorganiziranosti do potpune integriranosti. Kroz ove faze, organizacije postaju sve efikasnije, bolje usklađene i sposobnije da se prilagode promjenama, što ih čini konkurentnijima i uspješnijima.

Slika 2. Model zrelosti procesne orijentacije



Izvor: <https://hrcak.srce.hr/file/325359> (dostupno 10.07.2024.)

Ukoliko su procesi u ADHOC fazi onda to označava da nisu strukturarni te da su loše definirani. U ovoj početnoj fazi, organizacija ima fragmentirane ili nepostojane procese. Proces se obavlja spontano i često nisu dokumentirani. Nema formalnog sustava za upravljanje procesima ili standardizaciju. Definirana faza označava kako su procesi u ovoj fazi dokumentirani i identificirani. Postavljaju se potrebni standardi te procedure za njihovo upravljanje. U ovoj fazi, organizacija se fokusira na povezivanje različitih procesa unutar organizacije radi postizanja veće sinergije i učinkovitosti. To može uključivati integraciju informacijskih tehnologija kako bi se omogućila bolja koordinacija između različitih dijelova organizacije i njihovih procesa. Završna faza je integrirana faza u kojoj organizacija postiže potpunu integraciju procesa na svim razinama. Proces su visoko automatizirani i prilagodljivi

promjenama u okruženju. Postoji kontinuirano poboljšanje procesa, a organizacija je sposobna brzo reagirati na tržišne promjene i zahtjeve klijenata.

Hammer i Champy (1993.) opisuju kako neki izazovi s kojima se organizacije mogu susresti tijekom implementiranja procesne orijentacije su:

- Kultura organizacije – ukoliko organizacija ima tradicionalan ili hijerarhijski pristup, implementacija procesne orijentacije može biti otežana zbog manjka podrške.
- Nedostatak resursa - Uvođenje novih sustava ili tehnologija za upravljanje procesima može zahtijevati značajna ulaganja koja organizacija možda ne može odmah pružiti.
- Nedostatak jasne vizije i strategije - nedostatak jasno definirane vizije i strategije za implementaciju procesne orijentacije može dovesti do konfuzije i nedostatka usmjerenosti. Bez podrške visokog menadžmenta i nedostatka jasno utvrđenih ciljeva, procesna orijentacija može patiti od nedostatka smjernica i podrške.
- Tehnološki izazovi - integracija informacijskih tehnologija i alata za upravljanje procesima može predstavljati izazove, posebno ako organizacija već koristi različite sustave koji nisu kompatibilni ili zahtijevaju prilagodbe.

S druge strane, prednosti procesne orijentacije koje se mogu izdvojiti su:

- Poboljšana efikasnost – fokus na procese omogućava eliminaciju nepotrebnih koraka i optimizaciju resursa.
- Povećana kvaliteta – standardizacija i kontrola procesa pridonose kontinuitetu i poboljšanoj kvaliteti proizvoda ili usluge koju organizacija pruža.
- Fleksibilnost i agilnost – procesi koji omogućavaju organizaciji bržu prilagodbu promjenama na tržištu i unutar organizacije što ih također čini konkurentnim.
- Kontinuirano poboljšanje – osigurava redovito analiranje i optimiziranje procesa zbog čega se orijentira prema dugoročnom uspjehu i inovaciji u organizaciji.

Uz sve navedene korake i strategije, važno je istaknuti da svaka organizacija ima svoje specifične karakteristike, kulturu i izazove koje treba uzeti u obzir prilikom implementacije poslovne orijentacije. Organizacije se često u praksi susreću sa izazovima poput nedostatka učinkovite komunikacije između različitih dijelova organizacije, otpor prema promjenama među zaposlenicima ili nedovoljna prilagodljivost informacijskih sustava, što može usporiti usvajanje novih procesa. Važni čimbenici uspjeha stoga leže u prilagodljivosti pristupa i kontinuiranom učenju iz izazova s kojima se organizacija suočava tijekom implementacije.

Dodatno, važno je osigurati aktivno sudjelovanje svih relevantnih dionika, poticati suradnju između timova te redovito evaluirati i prilagođavati strategije kako bi se osiguralo postizanje poslovno orijentiranih željenih ciljeva.

## **2.2. Dokumentiranje i mapiranje procesa**

Dokumentiranje i mapiranje poslovnih procesa važan je korak u vođenju organizacije do uspjeha. Kroz strukturiranu analizu i vizualizaciju svih aktivnosti unutar organizacije, proces postavlja temelje za bolje razumijevanje, kontrolu i unapređenje poslovanja. Svrha dokumentiranja i mapiranja procesa je stvaranje jasnoće i transparentnosti unutar organizacije. Detaljno dokumentiranje svakog koraka, odgovornosti i međudnosa u procesu čini ih transparentnima za sve dionike. Ovo je potrebno za učinkovitu komunikaciju unutar organizacijskih timova i cijele organizacije. Osim toga, procesi dokumentiranja i mapiranja mogu identificirati područja za poboljšanje. Analiza procesa može otkriti nepotrebne korake, uska grla ili potencijalne probleme koji mogu ograničiti učinkovitost i produktivnost.

Dokumentiranje procesa obuhvaća detaljan opis svih koraka unutar odabranog poslovnog procesa uključujući definiranje ulaza, izlaza, resursa i odgovornih osoba. Dokumentiranje može biti odrađeno pomoću tekstualnog opisa, tablica ili standardiziranih formata. Nakon dokumentiranja poslovnog procesa, sljedeći korak je mapiranje. Mapiranje poslovnog procesa pruža vizualni prikaz poslovnih aktivnosti. Najčešće korišteni alat za mapiranje procesa je dijagram toka. Dijagrami toka jednostavni su dijagrami koji mapiraju proces tako da se lako može prenijeti drugim ljudima. Dijagrami toka mogu pomoći objasniti što se stvarno događa u procesima, kao i njihovu interakciju. Još važnije, izrada dijagrama toka pomaže kod razumijevanja procesa i traženja poboljšanja. Sato (2017.) također opisuje kako dijagram toka pomaže da se organizacija usredotoči na svaki pojedinačni korak, a da ne postane preopterećena većom slikom. Različite tehnike mapiranja imaju svoje prednosti i ograničenja. Na primjer, dijagrami toka su jednostavni za razumijevanje i mogu se brzo izraditi, ali mogu postati zbunjujući za složene procese. S druge strane, BPMN nudi veću preciznost i standardizaciju, ali zahtijeva više razumijevanja i stručnosti za ispravnu primjenu. Uz ove alate, postoje specijalizirani softverski alati kao što su Microsoft Visio, Lucidchart, Bizagi i ARIS koji pružaju dodatnu funkcionalnost za dokumentaciju procesa i mapiranje, uključujući mogućnost simulacije i analize izvedbe procesa.

Parker (2019.) navodi sljedeće prednosti dokumentiranja i mapiranja poslovnih procesa:

- Jasna komunikacija - vizualni prikazi procesa olakšavaju komunikaciju unutar organizacije, omogućujući sudionicima razumijevanje svojih uloga i odgovornosti
- Poboljšanje efikasnosti - dokumentiranje i mapiranje procesa omogućuju identifikaciju neučinkovitosti, uskih grla i nepotrebnih aktivnosti, što vodi optimizaciji poslovnih aktivnosti
- Usklađenost s regulativama – dokumentiranje procesa može pomoći organizaciji u ispunjavanju zakonskih i regulativnih zahtjeva
- Obučavanje zaposlenika - novim zaposlenicima je lakše razumjeti i pridržavati se standardnih operativnih procedura kada su procesi jasno dokumentirani i mapirani

PrimeBPM (2024.) identificira nekoliko izazova s kojima se organizacije suočavaju prilikom dokumentiranja i mapiranja poslovnih procesa. Prvo, složenost procesa predstavlja značajan izazov, osobito u organizacijama koje se sastoje od mnogih složenih i međusobno povezanih procesa. Jasno dokumentiranje i mapiranje svih aspekata poslovanja, a pritom izbjegavanje nepotrebnih detalja, može biti iznimno teško. Ovaj izazov zahtijeva duboko razumijevanje poslovanja i sposobnost prepoznavanja bitnih elemenata koji treba uključiti, kao i onih koje je moguće izostaviti bez gubitka najvažnijih informacija. Nadalje, nedostatak stručnosti može znatno utjecati na kvalitetu dokumentiranja i mapiranja poslovnih procesa. Bez odgovarajuće obuke i stručnosti, postoji rizik da se procesi dokumentiraju na neprecizan ili neefikasan način. Ovaj nedostatak znanja može rezultirati nepotpunim ili pogrešnim prikazom procesa, što može dovesti do nesporazuma i lošeg donošenja odluka. Stručnjaci koji se bave ovim zadatkom moraju imati ne samo tehničko znanje, već i uvid u specifičnosti industrije i poslovnih operacija. Uz to, vrijeme i resursi potrebni za dokumentiranje i mapiranje procesa predstavljaju još jedan značajan izazov. Zadaci mogu biti izuzetno vremenski zahtjevni, zahtijevajući angažman stručnjaka koji posjeduju specifične vještine i znanja. Ova potreba može rezultirati značajnim troškovima za organizaciju, osobito ako se uzme u obzir vrijeme koje je potrebno za temeljito proučavanje i dokumentiranje svakog pojedinog procesa. Konačno, održavanje ažurnosti dokumentacije i mapa poslovnih procesa predstavlja stalan izazov. S obzirom na to da se poslovni procesi često mijenjaju uslijed promjena u tehnologiji, tržištu ili regulatornom okruženju, važno je redovito ažurirati dokumentaciju kako bi ona ostala relevantna i korisna. Ovakav tip zadatka zahtijeva stalnu pažnju i angažman, jer zastarjela ili netočna dokumentacija može dovesti do pogrešaka u operacijama i strateškom planiranju.

Unatoč izazovima, dokumentiranje i mapiranje poslovnih procesa organizacijama daje značajne prednosti, omogućujući im bolje upravljanje, optimizaciju poslovanja i prilagodbu promjenjivim poslovnim uvjetima. Precizno definirani i vizualizirani procesi identificiraju i uklanjaju neučinkovitosti, smanjuju operativne troškove i povećavaju produktivnost. Jasna dokumentacija pomaže komunikaciji i suradnji među timovima, smanjuje mogućnost pogrešaka i poboljšava kvalitetu rada. Mapiranje procesa pomaže identificirati prilike za automatizaciju i integraciju tehnologije kako bi se ubrzale operacije i smanjile ljudske pogreške. Također pomaže u usklađivanju s regulatornim zahtjevima i standardima, povećava povjerenje kupaca i partnera te olakšava obuku novih zaposlenika. Iako zahtijeva vrijeme, resurse i stručnost, prednosti procesa dokumentiranja i mapiranja pružaju čvrstu osnovu za održivi rast i dugoročni uspjeh organizacije. Prema navedenom, nužno je kontinuirano ažurirati i pregledavati dokumentaciju o poslovnim procesima kako bi se osigurala njena relevantnost i korisnost u dinamičnom poslovnom okruženju.

### **2.3. Upravljanje poslovnim procesima**

Upravljanje je proces planiranja, organiziranja, usmjeravanja i kontrole resursa za postizanje specifičnih ciljeva ili rezultata. To uključuje usmjeravanje i koordinaciju aktivnosti unutar organizacije, donošenje odluka, raspodjelu resursa i praćenje provedbe aktivnosti za postizanje željenih rezultata. „Osnova upravljanja poslovnim procesima je eksplicitno predstavljanje poslovnih procesa s njihovim aktivnostima i ograničenjima izvršenja između njih. Jednom definirani poslovni procesi mogu biti predmet analize, poboljšanja i izvršenja“ ((Weske, 2012, str. 5). Navedeno naglašava važnost formalizacije poslovnih procesa kao preduvjeta za analizu, poboljšanje i izvršenje. Takav pristup pruža jasnije razumijevanje složenih interakcija unutar organizacije i pomaže identificirati područja koja zahtijevaju optimizaciju.

Među velikim brojem ciljeva upravljanja poslovnim procesima, mogu se izdvojiti:

- Povećanje efikasnosti
- Smanjenje troškova
- Poboljšanje kvalitete
- Povećanje zadovoljstva korisnika
- Unapređenje fleksibilnosti i agilnosti

Organizacijama je moguće stvoriti dodatne benefite ukoliko koriste programske sisteme koji im služe za koordiniranje procesima. Danas su ovakvi sustavi poznati kao sustavi za upravljanje procesima. „Sustav za upravljanje poslovnim procesima je generički softver sustav

koji je vođen eksplicitnim prikazima procesa za koordinaciju provođenja poslovnih procesa“ (Weske, 2012, str. 6). Ovaj sustav igra značajnu ulogu u transformaciji organizacijskih procesa, pomažući u smanjenju troškova, poboljšanju efikasnosti i prilagodljivosti te jačanju konkurentske pozicije na tržištu. Implementacija sustava za upravljanje poslovnim procesima zahtijeva integrirani pristup koji uključuje definiciju ciljeva, angažiranje dionika te kontinuirano praćenje i evaluaciju performansi kako bi se osigurala dugoročna uspješnost.

Kao potpora upravlja poslovnim procesima, mjerenje i praćenje uspješnosti može donijeti poboljšanja identifikacije uskih grla te korak prema kontinuiranom poboljšanju. Mjerenje i praćenje uspješnosti poslovnih procesa značajno je za postizanje kontinuiranog poboljšanja. To omogućuje organizacijama da procijene učinkovitost svojih procesa, identificiraju područja za poboljšanje i donose informirane odluke. Ključni pokazatelji učinka (KPI) kao što su vrijeme ciklusa, stope pogrešaka, troškovi procesa i zadovoljstvo kupaca daju konkretne metrike za procjenu uspješnosti procesa. Na temelju prikupljenih podataka, organizacije mogu provoditi kontinuirano poboljšanje kroz metodologije kao što su PDCA (Plan-Do-Check-Act) i Kaizen. Ove metodologije omogućuju implementaciju promjena, praćenje njihovih učinaka i prilagodbu strategija prema potrebi.

Uz navedeno, tehnologija također ima veliku ulogu u modernom upravljanju poslovnim procesima, omogućujući organizacijama da optimiziraju svoje poslovne procese. Ona omogućuje automatizaciju rutinskih zadataka, integraciju različitih poslovnih sustava, praćenje i analizu performansi u realnom vremenu te osigurava sigurnost i usklađenost s propisima. Osim toga, tehnologija omogućava bolju suradnju među timovima putem alata za kolaboraciju, te pruža pristup podacima i aplikacijama s bilo kojeg mjesta, što povećava mobilnost zaposlenika. Na taj način, tehnologija postaje značajni faktor u postizanju održivog rasta i konkurentske prednosti na tržištu.

Bitno je nadodati kako fokus na korisničko iskustvo ima značajan utjecaj na upravljanje poslovnim procesima. U kontekstu upravljanja poslovnim procesima, fokus na korisničko iskustvo znači dizajniranje i optimiziranje procesa tako da pružaju maksimalnu vrijednost kupcima i stvaraju pozitivna iskustva. Kada su poslovni procesi usmjereni na pružanje ugodnog korisničkog iskustva, kupci su zadovoljniji. Zadovoljni kupci vjerojatnije će se vratiti i ponoviti kupnju, što povećava lojalnost i prihod. Pozitivno korisničko iskustvo može značajno poboljšati ugled organizacije. Zadovoljni kupci često dijele svoja iskustva s drugima, što može privući nove kupce i povećati tržišni udio.

Upravljanje poslovanjem važan je čimbenik u postizanju najboljeg učinka i ciljeva organizacije. Pažljivim planiranjem, mjerenjem, analizom i stalnim poboljšavanjem organizacije mogu poboljšati učinak, smanjiti troškove i povećati svoju učinkovitost. Tehnologija igra važnu ulogu u ovom području, omogućujući automatizaciju, integraciju sustava i analizu podataka u stvarnom vremenu. Učinkovito poslovno upravljanje poboljšava internu izvedbu i povećava zadovoljstvo kupaca. Stoga organizacije koje teže izvrsnosti u poslovnom upravljanju mogu dugoročno očekivati održivi rast i konkurentsku prednost.

#### **2.4. Alati i metode za poboljšanje upravljanja poslovnim procesom**

Upravljanje poslovnim procesima uključuje primjenu različitih metoda i pristupa kako bi se procesi unutar organizacije optimizirali radi postizanja željenih rezultata.

Neke od metoda upravljanja poslovnim procesima su:

- Lean metodologija
- BPMN (eng. Business Process Model and Notation)
- Six Sigma

Slack , Brandon-Jones i Johnston (2013., str. 465.) definiraju Lean metodologiju u kojoj elementi važni za pružanje usluga i proizvodnju proizvoda sinkronizirano prolaze kroz sustav, tako da se kupcu uvijek pruža usluga ili proizvod koji želi. Kvaliteta je na visokom prioritetu, a kupcu se daje točna količina proizvoda. Lean prepoznaje sedam vrsta otpada (prekomjerna proizvodnja, transport, čekanje, prekomjerna obrada, velike zalihe, nepotrebni pokreti, škart) i teži njihovom minimiziranju kroz eliminaciju nevrijednih aktivnosti. Lean metodologija promiče kulturu kontinuiranog poboljšanja što znači da organizacije trebaju stalno tražiti načine kako bi poboljšale svoje procese, proizvode i usluge. Naglasak je na postupnom i sustavnom poboljšanju, umjesto na velikim, sporadičnim promjenama. Iako je Lean počeo kao koncept primjenjen u proizvodnji, danas se uspješno primjenjuje u različitim sektorima i industrijama, uključujući usluge, zdravstvo, informacijsku tehnologiju i javni sektor. Prilagođavanje principa Leana specifičnim zahtjevima svakog sektora važno je za postizanje maksimalnih koristi.

Business Process Management Institute (BPMI) definira BPMN kao grafičku notaciju koja prikazuje korake unutar poslovnog procesa. Ova notacija razvijena je kako bi se omogućila koordinacija redoslijeda procesa i komunikacije između različitih sudionika unutar skupa povezanih aktivnosti. Silver (2011.) kako se popularnost BPMN-a kod menadžera temelji na poznatosti, odnosno oblici u BPMN-u (strelice, kocke, dijamantni oblici) izgledaju poput



tradicionalnih dijagrama toka te zbog toga moderna promjena nije radikalna. Kao primjer u području logistike, BPMN se koristi za modeliranje procesa od primitka narudžbe do isporuke. Početni korak uključuje prijem narudžbe, zatim slijedi provjera zaliha i priprema paketa. Sljedeće aktivnosti obuhvaćaju organizaciju transporta i praćenje isporuke do kupca. Na kraju, BPMN omogućuje praćenje i analiziranje svih faza procesa, identificirajući moguća uska grla i omogućujući poboljšanje učinkovitosti operacija. Ovaj pristup omogućava bolju koordinaciju i brže reakcije na probleme.

Six Sigma je metodologija upravljanja koji se fokusira na smanjenje varijabilnosti u procesima kako bi se postigla viša razina kvalitete proizvoda ili usluge. Ova metoda koristi alate i tehnike za prepoznavanje uzroka problema i uklanjanje neučinkovitosti u procesu. Glavni cilj Six Sigme je postizanje minimalnog broja grešaka ili nedostataka u procesu ili usluzi. Six Sigma naširoko se koristi za poboljšanje kvalitete, smanjenje troškova i povećanje lojalnosti kupaca u raznim industrijama kao što su proizvodnja, usluge, zdravstvo i financije. U kontekstu Six Sigme, može se naglasiti kako je DMAIC jedan od glavnih okvira koji se koriste unutar Six Sigme. DMAIC je akronim za „Definiraj-Mjeri-Analiziraj-Poboljšaj-Kontroliraj“ odnosno „Define-Measure-Analyze-Improve-Control“. Primjenjiva je na različite industrije i širok raspon poslovnih problema. Primjena DMAIC-a može značajno smanjiti promjene procesa, poboljšati kvalitetu proizvoda ili usluga te povećati zadovoljstvo kupaca. Korištenjem DMAIC-a organizacije mogu sustavno i učinkovito rješavati izazove procesa, osiguravajući kontinuirano poboljšanje i postizanje standarda kvalitete Six Sigma.

Određeni izazovi na koje bi organizacija trebala posvetiti pozornost prilikom implementacija alata i metoda za poboljšanje poslovnih procesa su:

- Sklonost promjenama - Zaposlenici mogu biti otporni na promjene u načinu rada, posebno ako nisu adekvatno educirani ili informirani o prednostima novih alata i metoda. Ova otpornost može usporiti implementaciju i smanjiti učinkovitost poboljšanja.
- Mjerljivost rezultata - Iako alati za poboljšanje procesa često pružaju detaljne analitike, može biti izazovno precizno mjeriti i kvantificirati stvarne poslovne rezultate i povrat ulaganja proizašle iz tih poboljšanja.
- Regulatorni zahtjevi - Različiti sektori imaju specifične regulatorne zahtjeve koji mogu utjecati na način na koji se poslovni procesi poboljšavaju i automatiziraju te pridržavanje tih zahtjeva može dodati složenost implementaciji.

Alati i metode za poboljšanje upravljanja poslovnim procesima nose značaj za organizacije jer omogućuju dubinsku analizu i preciznu optimizaciju operativnih performansi za postizanje strateške prednosti. Korištenjem naprednih analitičkih alata organizacije mogu identificirati uzroke neučinkovitosti i implementirati složena rješenja koja nadilaze standardne procedure. Uz navedeno, primjenom ovih metoda može se postići dinamičko upravljanje resursima te optimizirati raspodjelu i korištenje ljudskih, materijalnih i finansijskih resursa. Inovativne tehnologije poput simulacije i prediktivnog modeliranja omogućuju organizacijama predviđanje budućih izazova i prilagodbu svojih procesa unaprijed, čime se smanjuje rizik od poremećaja. Integracija tehnologija poput umjetne inteligencije i strojnog učenja omogućuje kontinuiranu prilagodbu i poboljšanje procesa u stvarnom vremenu, osiguravajući kontinuirano poboljšanje i konkurentsku prednost. Preciznim mjerenjem i praćenjem učinka, organizacije mogu donositi informirane odluke vođene podacima koje poboljšavaju točnost i pouzdanost strateških odluka. Primjenom ovih naprednih alata i metodologija, organizacije ne samo da mogu poboljšati operativnu učinkovitost, već i osigurati dugoročnu održivost i otpornost na promjene u poslovnom okruženju.

## **2.5. DMAIC metoda i njena primjena**

DMAIC pristup kao temelj načela Six Sigma ima dugo utemeljenu pozadinu počevši od ranih 1900-ih s inicijativama za upravljanje kvalitetom. Frederick Taylor pokrenuo je znanstveni menadžment, a Walter A. Shewhart iz Bell Telephone Labsa stvorio je kontrolne karte i PDCA ciklus, koje je kasnije proslavio W. Edwards Deming. U 1980-ima Bill Smith je u Motorola te osmislio Six Sigma metodu s ciljem minimiziranja odstupanja u procesu i postizanja vrhunskih standarda kvalitete. DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) je glavni okvir Six Sigma, koji daje strukturirani pristup poboljšanju poslovnih procesa. Tijekom 1990-ih i 2000-ih, Six Sigma i DMAIC postali su popularni u različitim industrijama zahvaljujući tvrtkama poput General Electrica. Trenutno ga naširoko koriste organizacije širom svijeta za poboljšanje poslovnih procedura. DMAIC pristup je prilagodljiv i može se učinkovito koristiti u različitim industrijama i poslovnim procesima. U proizvodnji povećava učinkovitost proizvodnje, smanjuje otpad i povećava kvalitetu kao što to čini organizacija Toyota. Financijsko područje primjenjuje DMAIC za povećanje točnosti transakcija, bolje ispunjavanje propisa i povećanje zadovoljstva klijenata. Zdravstvo koristi DMAIC za usavršavanje operacija, smanjenje vremena čekanja i povećanje sigurnosti pacijenata posebno u upravljanju lijekovima. Za IT industriju, DMAIC pomaže u pojednostavlivanju razvojnih procedura smanjenjem pogrešaka i ubrzavanjem lansiranja

proizvoda. Ova fleksibilnost čini DMAIC vrlo korisnim alatom za kontinuirano poboljšanje u različitim poslovnim postavkama, omogućujući organizacijama da stalno poboljšavaju učinkovitost, kvalitetu i zadovoljstvo kupaca.

Prednosti DMAIC metode su:

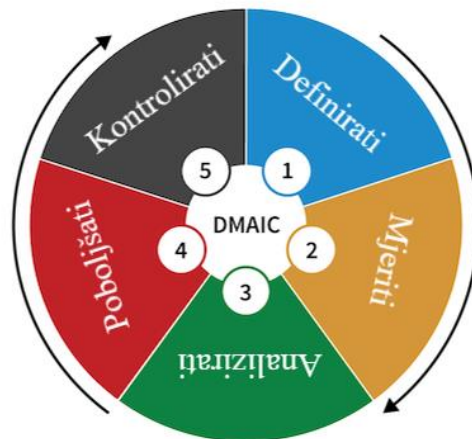
- Povećanje operativne učinkovitosti - DMAIC metoda omogućuje organizacijama da identificiraju te uklone uska grla i nepravilnosti u poslovanju. Kroz analitiku i poboljšanje performansi, organizacije mogu poboljšati svoju izvedbu, povećavajući ukupnu produktivnost. Rezultat je povećana produktivnost i učinkovitost, što omogućava organizacijama da bolje koriste svoje resurse, poboljšaju kvalitetu proizvoda ili usluga i unaprijede ukupnu izvedbu.
- Poboljšanje kvalitete - Koristeći statističke alate i metode za mjerenje i analizu stvari, DMAIC pomaže pronaći točan razlog zašto stvari krenu krivo i popraviti ih. To čini proizvode i usluge boljim tako da se ljudima više sviđa ono što dobijuju. To dovodi do manjeg broja ljudi koji su nezadovoljni proizvodom ili uslugom.
- Kontinuirano poboljšanje procesa - DMAIC metoda promiče kulturu stalnog poboljšanja unutar organizacije. Kroz kontinuirani ciklus definiranja, mjerenja, analiziranja, poboljšanja i kontrole, organizacije mogu sustavno poboljšati svoje procese. To omogućuje brzu prilagodbu tržišnim promjenama i tehnološkim inovacijama, osiguravajući dugoročni uspjeh i konkurentnost.

Podrška vodstva i organizacijska kultura usmjerena na kontinuirano poboljšanje važni su za učinkovito korištenje DMAIC metode. Vodstvo igra izrazitu ulogu u definiranju vizije i osiguravanju potrebnih resursa za projekte poboljšanja, naglašavajući važnost kontinuiranog poboljšanja i visoke kvalitete. Proaktivna podrška menadžera, uključujući financijsku pomoć i tehničke smjernice, kao i poticanje timova da sustavno rješavaju probleme, osigurava zatupljenost DMAIC inicijative. Istodobno, kultura koja visoko cijeni stalna poboljšanja promiče angažman zaposlenika, jasnu komunikaciju i timski rad, a s time jačajući spremnost za prihvaćanje promjena. Standardizacija metoda u DMAIC pristupu poboljšava procese osiguravajući dosljedne rezultate. Jasno definirani koraci i dokumentirani procesi osiguravaju uniformnost, dok obuka zaposlenika i primjena najboljih praksi omogućuju pravilnu upotrebu metoda.

U takvoj atmosferi analitičke strategije i donošenje odluka temeljeno na podacima dodatno povećavaju uspjeh DMAIC-a. Uspjeh u izvršenju zahtjeva predanost i sudjelovanje svih razina

unutar organizacije. Prilikom toga svi članovi prepoznaju svoje uloge u procesu poboljšanja i aktivno sudjeluju.

Slika 3. DMAIC metode



Izvor: uredio autor prema Kervizic, Julien (2018.) Medium, DMAIC's importance in data projects

<https://medium.com/analytics-and-data/dmaics-importance-in-data-projects-7c4a5ee88d1a> (pristupljeno dana 12.07.2024.)

DMAIC metoda se sastoji od pet faza: Definiranje (Define), Mjerenje (Measure), Analiza (Analyze), Poboljšanje (Improve) i Kontrola (Control) što je prikazano na slici 3. Svaka faza ima specifične ciljeve i aktivnosti koje vode tim kroz proces kontinuiranog poboljšanja.

Faza definiranja ima cilj jasno definirati problem, ciljeve projekta i očekivane rezultate. U ovoj fazi, tim identificira procese koje treba poboljšati, određuje opseg projekta i definira ciljeve koji su specifični, mjerljivi, ostvarivi, relevantni i vremenski ograničeni (SMART). Također se identificiraju sudionici i zainteresirane strane, a stvara se i osnovna karta toka procesa kako bi se razumjela trenutna situacija.

U fazi mjerenja fokusira se na prikupljanje podataka koji će pomoći u razumijevanju trenutnog stanja procesa i identificiranju problema. Tim određuje metrike koje će se koristiti za mjerenje performansi procesa i prikuplja relevantne podatke. Statistički alati i tehnike koriste se za analizu podataka, identificiranje varijacija i određivanje trenutne sposobnosti procesa. Cilj je stvoriti čvrstu bazu podataka koja će podržati daljnje analize.

Faza analize koristi prikupljene podatke iz prethodne faze kako bi identificirao korijenske uzroke problema. Analitički alati poput Ishikawa dijagrama (dijagram uzroka i posljedica) i analiza Pareto dijagrama koriste se za dubinsku analizu podataka. Tim istražuje potencijalne uzroke varijacija i neefikasnosti te određuje koje od njih imaju najveći utjecaj na performanse procesa. Cilj je jasno razumjeti uzroke problema kako bi se mogla razviti učinkovita rješenja.

Faza poboljšanja razvija rješenje i njegovu implementaciju koja će otkloniti identificirane probleme i poboljšati performanse procesa. Tim generira i evaluira različite opcije poboljšanja, koristi tehnike kao što su brainstorming i simulacije procesa te implementira odabrana rješenja. Eksperimenti i pilot projekti često se provode kako bi se testirala rješenja prije pune implementacije. Cilj ove faze je postići značajna poboljšanja koja su mjerljiva i održiva.

Zaključna faza je faza kontrole. Kontrolna faza ima za cilj osigurati da su poboljšanja održiva i trajna u budućnosti. Timovi uvode kontrolni mehanizam koji se može povezati kao neki primjer pomoću kontrolnih karata (jedan od najčešće korištenih alata) i standardiziranih postupaka kako bi se osiguralo da se određena nova razina performansi ne smanji. Redovito praćenje i mjerenje metrika olakšava pravovremenu identifikaciju i otklanjanje novonastalih problema. Osim toga, sve promjene se dokumentiraju tijekom ove faze. Također će se tražiti povratna informacija o svakoj modifikaciji kao dio nastojanja da se poboljšanja dalje razvijaju, čime se osigurava kontinuitet.

Primjena DMAIC metode posebno je učinkovita u proizvodnim odjelima organizacija gdje je potrebno stalno poboljšanje procesa kako bi se povećala produktivnost, smanjili troškovi i poboljšala kvaliteta proizvoda. Kroz strukturirani pristup problemima, DMAIC pomaže proizvodnim tvrtkama u optimizaciji operacija, smanjenju otpada i povećanju učinkovitosti. Definiranjem problema kao prvi korak otkrivamo koje greške se odvijaju u procesu proizvodnje (visoka stopa grešaka, niska produktivnost, velika razina škarta, itd.). Nakon definiranja problema, sljedeći korak je mjerenje trenutne situacije. Tim prikuplja podatke o trenutnim performansama proizvodnog procesa, kao što su stopa grešaka, vrijeme ciklusa proizvodnje, razine otpada i drugi relevantni pokazatelji. Ovi podaci služe kao baza za daljnju analizu i utvrđivanje trenutne sposobnosti procesa. U fazi analize, u proizvodnji može uključivati analizu varijacija u procesima, identifikaciju nedostataka u opremi ili materijalima, te istraživanje ljudskih faktora koji mogu utjecati na kvalitetu. Na primjer, Ishikawa dijagram može se koristiti za identificiranje svih potencijalnih uzroka visoke stope grešaka. U fazi poboljšanja razvija se i implementira rješenje za prethodno identificirane probleme što može

uključivati optimizaciju proizvodnih linija, uvođenje kontrolnih točaka ili poboljšanje opreme i obuka zaposlenika. U završnoj fazi, fazi kontrole, osigurava da implementirana poboljšanja budu trajna i kvalitetna. To uključuje postavljanje kontrolnih mehanizama poput kontrolnih karata. Korištenjem DMAIC metode, proizvodni odjeli mogu sustavno i učinkovito pristupiti poboljšanju svojih procesa, čime se postižu značajna poboljšanja u kvaliteti proizvoda, smanjenje troškova i povećanje ukupne učinkovitosti.

Neki od potencijalnih nedostataka DMAIC metode su:

- Sporost u izvršenju - DMAIC metodologija može zahtijevati značajno vrijeme za potpunu primjenu, pogotovo u organizacijama gdje je potrebno detaljno prikupljanje i analiza podataka prije donošenja informiranih odluka o poboljšanjima. Ovo može uzrokovati zastoje u visoko dinamičnim okruženjima.
- Fokus na povijesnim podacima - DMAIC se često oslanja na analizu povijesnih podataka kako bi identificirao uzroke problema. To može ograničiti njegovu sposobnost predviđanja budućih problema ili reagiranja na brze promjene u okruženju.
- Ograničenja u inovativnosti - fokus DMAIC-a na sustavnom poboljšanju postojećih procesa može ograničiti organizaciju u stvaranju potpuno novih ili inovativnih rješenja. Metoda je često usmjerena na optimizaciju postojećih praksi umjesto na potpunu transformaciju ili radikalne promjene.

Navedeni potencijalni nedostaci potiču organizacije na kombiniranje DMAIC metode sa drugim metodama odnosno metodologijama kako bi mogli stvoriti kompletniju promjenu ili kako bi kombiniranjem određenih metoda mogli dobiti zadovoljavajuće rezultate. Zaključno, DMAIC metoda pruža detaljan i sustavan pristup poboljšanju poslovnih procesa, no zahtijeva prilagodbu specifičnostima organizacije kako bi se postigli optimalni rezultati. Integracija suvremenih tehnoloških rješenja, poput automatizacije i analitike podataka, ključna je za unaprjeđenje točnosti i učinkovitosti procesa. Također, stvaranje kulture usmjerene na kontinuirano poboljšanje omogućuje angažman svih zaposlenika, potičući ih na aktivno sudjelovanje u identifikaciji problema i predlaganju rješenja. To podrazumijeva kontinuirano ulaganje u obuku zaposlenika, otvorenost prema novim idejama, kao i fleksibilnost u prilagodbi strategija i operacija kako bi se odgovaralo na promjenjive tržišne uvjete. Organizacijska spremnost na inovacije i stalno prilagođavanje promjenama osigurava da DMAIC metoda ne bude samo jednokratni projekt, već trajni proces unapređenja. Ova vrsta prilagodljivosti ne samo da poboljšava operativne performanse, već i osnažuje konkurentsku poziciju na tržištu.

Kroz sustavno praćenje i evaluaciju rezultata, organizacije mogu kontinuirano optimizirati svoje procese i osigurati dugoročnu održivost.

### **3. Metode optimizacija poslovnog procesa**

Dio današnjeg poslovnog okruženja je stalna potreba za poboljšanjem učinkovitosti, kvalitete i konkurentnosti koja zahtijeva primjenu različitih metoda optimizacije poslovnih procesa. Davenport i Short (1990.) definiraju optimizaciju poslovnih procesa kao ponovni inženjering i radikalno redizajniranje poslovnih procesa kako bi se postigli dramatična poboljšanja u kritičnim mjerilima performansi kao što su troškovi, kvaliteta, usluga i brzina. Ova definicija ističe važnost transformacije poslovnih procesa zbog pomaka u operativnim pokazateljima. Radikalno redizajniranje podrazumijeva ne samo marginalna poboljšanja postojećih procesa, već i njihovu potpunu rekonstrukciju. To može uključivati promjenu organizacijske strukture, implementaciju inovativnih poslovnih modela ili uvođenje novih tehnologija. Troškovi, usluga, kvaliteta i brzina predstavljaju temelje uspješnosti poslovnih procesa, te je stoga njihovo poboljšanje od izrazite važnosti za učinkovitost i konkurentsku prednost. Implementacija promjena traži organizacijsku predanost i sposobnost prilagodbe, a to može podrazumijevati promjenu korporativne kulture ili poticanje inovacija na svim razinama u organizaciji. Cilj optimizacije je eliminirati neefikasnosti, smanjiti varijabilnost i povećati zadovoljstvo kupaca. Uklanjanje neefikasnosti usmjereno je na uklanjanje svih aktivnosti koje ne dodaju vrijednost procesu. Smanjenje varijabilnosti osigurava dosljednost u rezultatima i isporuci proizvoda ili usluga. Konačno, kontinuirano poboljšanje procesa i usmjerenost na potrebe kupaca bitni su za postizanje visoke kvalitete i zadovoljstva kupaca, omogućujući organizacijama da ostanu konkurentne i prilagode se dinamičnom tržištu.

S druge strane, potencijalni izazovi u postavljanju i ostvarivanju ciljeva optimizacije poslovnih procesa su naprimjer postavljanje preambicioznih ciljeva može stvoriti pritisak na zaposlenike, povećati razinu stresa i može dovesti do otpora promjenama unutar organizacije. Uz navedeno, nedostatak odgovarajućih resursa ili nedovoljna tehnička podrška može ograničiti sposobnost postizanja navedenih ciljeva, što može rezultirati neuspjehom implementacije ili neuspjehom u postizanju očekivanih rezultata. Ovi izazovi naglašavaju važnost pažljivog upravljanja očekivanjima, kvalitetnu alokaciju resursa i stvaranje kontinuirane podrške kako bi se učinkovito optimizirali poslovni procesi i smanjio negativan utjecaj na organizaciju.

Metode optimizacije poslovnih procesa mogu se podijeliti na analitičke metode i softverska rješenja optimizacije poslovnih procesa. Analitičke metode uključuju teorijske i praktične

tehnike koje se koriste za analizu i poboljšanje procesa pomoću različitih alata i pristupa. One uključuju detaljnu analizu koraka procesa, identifikaciju uskih grla i kritičnih točaka, kao i uklanjanje nepotrebnih koraka ili otpada. Analitičke metode pružaju temelj za donošenje informiranih odluka o tome gdje i kako implementirati promjene radi postizanja maksimalnih učinaka s minimalnim rizicima. Softverska rješenja koriste naprednu tehnologiju današnjice i specijalizirane alate za automatizaciju, upravljanje poslovnim procesima i vizualizaciju. Ova rješenja omogućuju organizacijama da brže implementiraju promjene i preciznije upravljaju njihovom izvedbom. Jedna od prednosti softverskih rješenja je mogućnost praćenja i analize kritičnih performansi procesa u stvarnom vremenu. Ovi alati kontinuirano prikupljaju podatke o izvedbi, omogućujući organizacijama da brzo reagiraju na promjene ili anomalije. Osim toga, napredni alati za upravljanje poslovnim procesima pružaju mogućnosti modeliranja procesa, simulacije i optimizacije kako bi se predvidjeli i spriječili problemi prije nego što se pojave. Organizacije često koriste i analitičke metode i softverska rješenja zajedno kako bi postigle sveobuhvatan pristup optimizaciji svojih poslovnih procesa što se još naziva i holistički pristup. Analitičke metode donose dubinsku analizu procesa, identifikaciju problema i prepoznavanje prilika za poboljšanje dok softverska rješenja koriste naprednu tehnologiju za automatizaciju i brzu implementaciju promjena kao i vizualizaciju poslovnih procesa što omogućuje jasno prikazivanje tijeka procesa i lakšu identifikaciju točaka gdje dolazi do zastoja ili gubitka. Ova kombinacija podržava kontinuirano poboljšanje procesa, povećava operativnu učinkovitost i omogućuje organizacijama da održe konkurentsku prednost na tržištu.

### **3.1. Analitičke metode za optimizaciju procesa**

Analitičke metode za optimizaciju poslovnog procesa su skup tehnika i alata koji se koriste za analizu, modeliranje i poboljšanje poslovnih procesa kako bi se postigla veća učinkovitost, smanjili troškovi i poboljšala kvaliteta usluga ili proizvoda. Ove metode se temelje na analizi podataka i kvantitativnom pristupu kako bi se donosile informirane odluke o promjenama u procesima. Uvođenje analitičkih metoda važno je za svaku organizaciju kojoj je cilj učinkovitost i kvaliteta svojih operacija kao i optimizacija poslovnih procesa. Korištenjem analitičkih metoda organizacije mogu identificirati i minimizirati ili eliminirati problem unutar određenog procesa što krajnje rezultira poboljšanjem tog istog procesa. Primjena analitičkih metoda često zahtijeva interdisciplinarne timove koji uključuju stručnjake iz različitih područja kao što su inženjerstvo, menadžment, statistika i informatika. Ovaj interdisciplinarni pristup osigurava da su svi aspekti procesa detaljno analizirani i poboljšani.



Davenport (1993.) navodi kako analitičke metode za optimizaciju procesa omogućuju temeljitu analizu podataka, što vodi do boljih informacija i utemeljenih odluka. Korištenje analitičkih metoda i tehnika obrade podataka omogućuje organizacijama da steknu dublje razumijevanje svojih operacija, tržišta ili drugih relevantnih područja. Sustavnom analizom podataka organizacije mogu identificirati obrasce, trendove i informacije koje inače ne bi bile vidljive. To im daje osnovu za donošenje informiranih odluka temeljenih na činjenicama i dokazima, a ne na intuiciji ili pretpostavkama. Isto tako, umjesto reaktivnog pristupa problemu, analitičke metode omogućuju proaktivno pristupanje upravljanju procesima. Tradicionalni reaktivni pristup često znači da organizacije reagiraju samo onda kada se problem pojavi ili postane očit, što također vrlo često može negativno utjecati na organizaciju zbog manjka priprema ili manjak dostupnih resursa ili znanja za rješavanja problema.

S druge strane, analitičke metode omogućuju organizacijama korištenje podataka i informacija za predviđanje problema prije nego što se pojave. Koristeći napredne tehnike analize podataka kao što su statistički modeli ili duboka analitika, organizacije mogu identificirati sastavnice u poslovnim procesima koji mogu uzrokovati probleme. Na temelju ovog znanja, odjel menadžmenta može proaktivno planirati i implementirati strategije za smanjenje rizika ili optimizaciju procesa prije nego što problemi eskaliraju ili utječu na operativne rezultate. Ovakav proaktivni pristup omogućuje organizacijama fleksibilnije i učinkovitije upravljanje poslovanjem te bolju prilagodbu dinamičkim promjenama u okruženju.

Analitičke metode također nose neke od potencijalnih izazova s kojima se organizacija može susresti:

- Ovisnost o kvaliteti podataka - točnost i pouzdanost analitičkih rezultata ovise o kvaliteti ulaznih podataka. Problemi kao što su nedostaci podataka, nedostatak osigurane standardizacije ili čak nepotpunost mogu utjecati na pouzdanost analitičkih rezultata i u konačnici donošenje odluka
- Izazovi u interpretaciji rezultata - interpretacija analitičkih rezultata može biti kompleksna i kao takva zahtijeva stručno znanje za pravilno razumijevanje implikacija i primjena spoznaja praksi
- Ograničena sposobnost predviđanja nepredvidivih ili rijetkih događaja - ograničena sposobnost predviđanja nepredvidivih ili rijetkih događaja koji mogu značajno utjecati na poslovanje, poput prirodnih katastrofa ili geopolitičkih promjena

Među velikim brojem analitičkim metoda, mogu se izdvojiti:

- Linearno programiranje
- Nelinearno programiranje
- Dinamičko programiranje
- Stohastičko programiranje
- Cjelobrojno programiranje

Hiller i Lieberman (2001.) navode kako linearno programiranje uključuje planiranje aktivnosti za postizanje optimalnog rezultata, tj. rezultata koji dostiže zadano najbolji cilj (prema matematičkom modelu) među svim mogućim alternativama. Ova metoda se primjenjuje u različitim područjima, uključujući ekonomiju, inženjering i logistiku kako bi se optimizirala (maksimizirala ili minimizirala) određena vrijednost, poput troškova, profita, proizvodnje ili upotrebe resursa. U osnovi, najčešći tip primjene linearnog programiranja odnosi se na problem dodjeljivanja ograničenih resursa među aktivnostima na najbolji mogući način. Ovaj problem uključuje odabir razine aktivnosti koja koristi ograničene resurse. Uzimajući ovo u obzir potrebno je svjesno razmotriti kako svaka aktivnost zahtijeva određenu količinu tih resursa. Odluka o razinama aktivnosti utječe na to koliko će resursa biti utrošeno na svaku aktivnost. Različite situacije u kojima se ovaj problem primjenjuje uključuju dodjelu proizvodnih kapaciteta različitim proizvodima, dodjelu resursa različitim potrebama, odabir portfelja ulaganja kako bi se maksimizirali povrti uz minimiziranje rizika, planiranje ruta isporuke proizvoda, planiranje poljoprivrednih resursa za različite usjeve, itd.

Osnovne karakteristike linearnog programiranja su: ciljna funkcija, nenegativnost varijabli, Simplex metoda, struktura problema. Ciljna funkcija kao centralni dio problema linearnog programiranja i predstavlja ključni element koji se pokušava optimizirati. To je ono što organizacija želi postići kao rezultat njezinog problema. U mnogim slučajevima, organizacije žele maksimizirati svoj profit i učinkovitost. Na primjer, ako se organizacija bavi proizvodnjom onda ona želi maksimizirati ukupni profit koji ostvarujete od prodaje proizvoda. Cilj je pronaći najbolju kombinaciju proizvoda koju organizacija treba proizvesti kako bi ostvarila najveći mogući profit. S druge strane, ciljna funkcija se također može koristiti za minimizaciju troškova ili resursa. Na primjer, u logistici se mogu nastojati minimizirati ukupni troškovi transporta robe. Cilj je pronaći način raspodjele robe i odabir ruta koji će rezultirati najnižim mogućim troškovima. Iako ciljana funkcija pokazuje što organizacija treba optimizirati, važno je raditi

unutar zadanih ograničenja. Organizacije imaju ograničene resurse poput materijala ili radne snage i ciljna funkcija mora biti optimizirana unutar tih ograničenja.

Nenegativnost varijabli opisuje kako ograničenja nenegativnosti znače da varijable u problemu linearnog programiranja moraju imati vrijednosti koje su jednake nuli ili pozitivne. Drugim riječima, varijable ne smiju imati negativne vrijednosti. U mnogim stvarnim situacijama, varijable ne mogu imati negativne vrijednosti. Na primjer, organizacija ne može proizvesti negativan broj proizvoda niti transportirati negativnu količinu tereta. Stoga, ograničenja nenegativnosti osiguravaju da rješenja problema budu realna i praktična, a ova ograničenja pomažu u stvaranju realnih rješenja koja se mogu primijeniti u praksi.

Simplex metoda je najpoznatija metoda za rješavanje problema linearnog programiranja koje uključuju simplex metodu i metode unutarnjih točaka. Ove metode koriste različite pristupe za pronalaženje optimalnih rješenja. Simplex metoda je korak po korak postupak koji sustavno traži najbolje rješenje problema optimizacije. Počinje s početnim prihvatljivim rješenjem, traži susjedna bolja rješenja i nastavlja se pomicanjem prema tim boljim rješenjima dok ne pronađe optimalno rješenje koje više nije moguće poboljšati. Simplex metoda je jednostavan, brz i pouzdan način za pronalaženje najboljih rješenja u raznim situacijama. Zahvaljujući njenoj brzini, pouzdanosti i fleksibilnosti, koristi se u mnogim različitim područjima i pomaže organizacijama da donesu najbolje odluke u zadanim uvjetima.

Struktura problema opisuje kako linearno programiranje ima jednostavnu i jasnu strukturu (što ju i čini vrlo popularnom) jer se svi elementi (ciljna funkcija, ograničenja, i nenegativnost varijabli) mogu izraziti kao linearne funkcije. Nema kompleksnih ili nelinearnih odnosa između varijabli i ograničenja. U problemu linearnog programiranja, potrebno je postaviti ciljne funkcije koje organizacija želi optimizirati (na primjer kao što je prethodno navedeno maksimizacija profita) te definirati ograničenja u obliku linearnih nejednadžbi. Ukoliko organizacija proizvodu robu i ima troškove i resurse, ona može formulirati profit kao zbroj proizvoda cijena i količina, dok su ograničenja linearne količine resursa dostupnih za proizvodnju. Ova jednostavna struktura omogućava lako razumijevanje i rješavanje problema optimizacije.

"Sada je uobičajena praksa da profesionalni upravitelji velikih dioničkih portfelja koriste računalne modele koji se djelomično temelje na nelinearnom programiranju kako bi se vodili. Budući da su investitori zabrinuti i za očekivani povrat (dobit) i za rizik povezan s njihovim ulaganjima, nelinearno programiranje se koristi za određivanje portfelja koji, pod određenim

pretpostavkama, pruža optimalan kompromis između ova dva faktora," (Hillier i Lieberman, 2001, str. 540). Očekivani povrat odnosi se na prosječan ili predviđeni povrat na ulaganje. Rizik se odnosi na varijabilnost ili neizvjesnost povrata, što uključuje mogućnost gubitka. Investitori i menadžeri žele maksimizirati povrat, ali istovremeno žele minimizirati rizik povezan s njihovim ulaganjima. Također, optimalan kompromis znači pronalaženje balansa između dva sukobljena cilja odnosno u ovom slučaju, maksimiziranja povrata i minimiziranja rizika. Nelinearno programiranje omogućuje menadžerima portfelja da matematički modeliraju ovaj balans i identificiraju najbolju strategiju ulaganja koja zadovoljava oba cilja pod određenim pretpostavkama. Za razliku od linearnog programiranja, nelinearno programiranje može precizno modelirati nelinearne odnose između varijabli, što je često slučaj u stvarnim poslovnim situacijama, poput financija, gdje cijene i povrati na investicije imaju nelinearne odnose, te proizvodnje, gdje ekonomije razmjera i učenje dovode do nelinearnih troškova. Fleksibilnost nelinearnog programiranja omogućuje primjenu u različitim industrijama, od financija i ekonomije do inženjeringa i logistike. Nelinearni programski modeli se lako prilagođavaju promjenjivim uvjetima i novim informacijama, omogućujući kontinuiranu optimizaciju.

Neke od prednosti nelinearnog programiranja su:

- Primjena u različitim industrijama - fleksibilnost omogućuje rješavanje specifičnih problema svake industrije, od optimizacije portfelja do smanjenja troškova transporta
- Napredak u softveru i algoritmima - stalni napredak u algoritmima za nelinearno programiranje poboljšava njihovu učinkovitost, brzinu i pouzdanost, čineći ovaj tip programiranja pristupačnijim i korisnijim za poslovne primjene.
- Poboljšanje efikasnosti resursa - omogućuje tvrtkama da bolje iskoriste dostupne resurse, bilo da se radi o sirovinama, radnoj snazi ili vremenu. Na primjer, optimizacija rasporeda proizvodnje može smanjiti zastoje i maksimizirati korištenje strojeva, čime se povećava ukupna produktivnost.
- Povećanje kvalitete proizvoda ili usluga – kao realni primjer, u farmaceutskoj industriji, nelinearno programiranje se koristi za optimizaciju procesa proizvodnje lijekova kako bi se osigurala dosljedna kvaliteta i učinkovitost proizvoda. Isto tako, u uslužnim sektorima, nelinearno programiranje može pomoći u optimizaciji pružanja usluga kako bi se poboljšala korisnička iskustva i zadovoljstvo.

Tipove problema nelinearnog problema mogu se podijeliti u kontinuirani i diskretni problemi te konveksni i nekonveksni problemi. Kontinuirani problemi mogu imati bilo koju vrijednost unutar određenog intervala. Funkcije koje se optimiziraju mogu biti složene i nelinearne. S druge strane, diskretni problemi mogu samo uzimati određene, odabrane vrijednosti, poput cijelih brojeva. Ovi problemi često uključuju odluke koje su ili "da" ili "ne", poput broja jedinica koje treba proizvesti ili mjesta za skladištenje. Nakon navedenoga, potrebno je razumjeti kako u konveksnim problemima ako organizacija pronade neki lokalni optimum odnosno najbolje rješenje u određenom području, taj optimum istovremeno može biti i najbolje moguće rješenje za kompletni problem. Ovo znači da je lakše pronaći optimalno rješenje jer ne morate brinuti o drugim mogućim rješenjima koja su možda bolja. Nekonveksni problemi su pak složeniji iz razloga što mogu imati više lokalnih optimuma. Drugim riječima, organizacija može pronaći nekoliko rješenja, ali niti jedno od tih rješenja nije najbolje moguće. Ovakav tip problema je teže riješiti zbog toga što organizacija mora evaluirati rješenja te odlučiti se za ono pravo rješenje za nju.

Nelinearno programiranje u okviru logistike se koristi za određivanje optimalnih ruta za flotu vozila koja dostavljaju robu. Cilj ovom tipu programiranja je minimizirati ukupnu udaljenost ili vrijeme putovanja, uzimajući u obzir ograničenja poput kapaciteta vozila, vremenskih prozora za isporuke i prometnih uvjeta. Također, nelinearno programiranje pomaže optimizirati razine zaliha u skladištima kako bi se smanjili troškovi skladištenja i spriječio nedostatak proizvoda. To uključuje balansiranje između troškova skladištenja, naručivanja i držanja zaliha. Logistička mreža važna je za logistički sustav zbog brze distribucije, fleksibilnosti, smanjenje troškova, itd. Nelinearno programiranje se koristi za dizajn i optimizaciju logističkih mreža, uključujući lokacije skladišta, distribucijskih centara i putanje transporta između njih. Cilj je minimizirati troškove logistike dok se zadovoljavaju zahtjevi usluge. primjena nelinearnog programiranja u logistici, financijama i proizvodnji poboljšava upravljanje resursima, optimizira logističke mreže i planiranje ruta, te doprinosi boljoj konkurentnosti poduzeća. Stoga, nelinearno programiranje ostaje nezamjenjiv alat za postizanje optimalnih rezultata u kompleksnim poslovnim okruženjima, podržavajući strateško planiranje i održivo poslovanje.

„Dinamičko programiranje je korisna matematička tehnika za donošenje niza međusobno povezanih odluka. Omogućuje sustavan postupak za određivanje optimalne kombinacije odluka. Dinamičko programiranje je opća vrsta pristupa rješavanju problema, a određene jednačbe koje se koriste moraju se razviti kako bi odgovarale svakoj situaciji.“ (Hillier i

Lieberman, 2001, str. 424). Ova metoda rješava složene probleme optimizacije procesa tako da ih razbije na manje, međusobno povezane podprobleme. U kontekstu optimizacije poslovnih procesa, dinamičko programiranje se koristi za pronalaženje optimalnih rješenja za probleme koji uključuju odluke u više stupnjeva, gdje svaka odluka utječe na buduće odluke i konačni ishod. Svaki od ovih podproblema se rješava zasebno, a rješenja se kombiniraju kako bi se dobilo rješenje za cijeli problem. Memoizacija je tehnika koja se koristi za spremanje rezultata podproblema kako bi se izbjeglo njihovo ponovno izračunavanje. U dinamičkom programiranju, rezultati se često spremaju u tablici ili matrici, što omogućava brzi pristup prethodno izračunatim rješenjima i poboljšava efikasnost algoritma.

Prema Cormenu, Leisersonu, Rivestu i Steinu (2022.) metode rješavanja problema u dinamičkom programiranju su:

- Iterativna metoda – ova metoda započinje rješavanjem najmanjih podproblema te njihova rješenja koristi za rješavanje većih problema. Ovaj postupak se ponavlja dok se cijeli problem ne riješi
- Rekurzivna metoda - ova metoda koristi rekurziju za rješavanje problema. Podproblemi se rješavaju prema potrebi i rezultati se spremaju kako bi se izbjeglo njihovo ponavljanje.

Ukoliko se dinamičko programiranje usporedi sa nelinearnim programiranjem, razlika je u tome što dinamičko programiranje rješava probleme razdvajanjem na manje preklapajuće podprobleme, rješavajući ih jednom i pohranjujući rezultate, što omogućava efikasno rješavanje složenih problema kao što su problemi ruksaka ili najkraćeg puta. S druge strane, nelinearno programiranje koristi se za probleme u kojima su ciljana funkcija i/ili ograničenja nelinearna, suočavajući se s izazovima poput višestrukih lokalnih optimuma. Ova metoda primjenjuje specijalizirane algoritme za složene funkcije i odnose.

Kao svoj vlastiti tip programiranja, prednosti dinamičkog programiranja su:

- Problemi s preklapanjem podproblema - dinamičko programiranje je idealno za probleme u kojima se rješenja preklapaju i mogu se pohraniti i ponovno koristiti
- Izbjegavanje problema s lokalne optime – dinamičko programiranje može garantirati globalno optimalno rješenje za određene vrste problema

- Kompleksnost u rješavanju - za probleme s preklapanjem podproblema, DP može biti manje kompleksan u usporedbi s nekim drugim metodama koje mogu zahtijevati značajne računске resurse zbog eksponencijalnog broja mogućih rješenja.

U konačnici, dinamičko programiranje predstavlja fleksibilnu analitičku metodu za optimizaciju poslovnih procesa. Sposobnost razbijanja složenih problema na manje, upravljive podprobleme omogućuje preciznu analizu i optimizaciju. Prema navedenom može se zaključiti kako je dinamičko programiranje korisno u situacijama gdje se odluke donose u fazama, a svaka odluka utječe na buduće odluke i rezultate.

Osburg i Lohrmann (2017.) opisuju kako je stohastičko programiranje okvir za modeliranje optimizacijskih problema koji uključuju neizvjesnost u matematičkoj optimizaciji. Dok se deterministički optimizacijski problemi formuliraju s poznatim parametrima, stvarni problemi gotovo uvijek sadrže određene nepoznate elemente. U stohastičkom programiranju, neizvjesnost se obično modelira na dva načina. Prvi način je korištenje scenarija, gdje se predviđaju različiti mogući ishodni scenariji za varijante problema. Svaki od tih scenarija predstavlja jednu moguću budućnost koju treba uzeti u obzir prilikom donošenja odluka. Drugi način uključuje distribuciju vjerojatnosti, gdje se parametri modeliraju kao slučajne varijable s određenim distribucijama vjerojatnosti. Ove distribucije predstavljaju stupanj nesigurnosti i omogućuju analizu kako različite varijacije u parametarskim uvjetima mogu utjecati na rezultate optimizacijskog problema.

Pironet (2017.) opisuje kako postoje dva tipa stohastičkog modela:

- Jednokratno periodično stohastičko programiranje - odnosi se na optimizaciju problema gdje se odluke donose za samo jedan vremenski period, uzimajući u obzir nesigurnost u budućim uvjetima. Ova metoda je korisna kada se svi važni odluke trebaju donijeti na osnovu informacija dostupnih u trenutnom vremenskom periodu, bez potrebe za razmatranjem utjecaja u budućim periodima. Organizacije koriste ovaj tip modela kada odluke koje donesu u trenutnom periodu neće imati dugoročno posljedice.
- Višekratno periodično stohastičko programiranje - odnosi se na optimizaciju problema koji se proteže kroz više vremenskih perioda. Ovdje se odluke moraju donositi uzimajući u obzir promjene u nesigurnim uvjetima tijekom više perioda, a odluke donijete u jednom periodu mogu utjecati na odluke u budućim periodima. Koristi se u dugoročnim planiranjima, kao što su planiranje proizvodnje, upravljanje zalihama, ili transportne rute koje zahtijevaju prilagodbu kroz vrijeme.

Stohastičko programiranje u logistici može se primijeniti u nekoliko područja za optimizaciju operacija uzimajući u obzir neizvjesnost. U upravljanju zalihama, stohastičko programiranje pomaže prilagoditi količine narudžbi u skladu s promjenama u potražnji, čime se minimaliziraju troškovi skladištenja i rizik nestašice na zalihama. Prilikom planiranja transportnih ruta, modeliranje različitih scenarija kao što su vremenski uvjeti i prometne gužve omogućuje organizacijama da pronađu najbolje rute i smanje kašnjenja i troškove. U upravljanju opskrbnim lancem, stohastičko programiranje optimizira odluke o naručivanju, skladištenju i otpremi kako bi se smanjili ukupni troškovi i osigurala isporuka proizvoda na vrijeme. Osim toga, u proizvodnji, ovaj tip programiranja pomaže optimizirati rasporede uzimajući u obzir nesigurnosti kao što su dostupnost materijala i promjene u mogućnostima opreme, čime se poboljšava korištenje resursa i smanjuju troškovi. Metode rješavanja u kontekstu stohastičkog programiranja dijele se na linearno, nelinearno i dinamičko programiranje. Linearno stohastičko programiranje koristi linearnu metodologiju zajedno s metodama simulacije kako bi se riješili problemi u kojima su ciljna funkcija i ograničenja linearna, ali su parametri neizvjesni. Kada su ciljna funkcija ili ograničenja nelinearna, primjenjuju se metode nelinearne optimizacije za složenije nelinearno stohastičko programiranje. Za probleme koji se razvijaju kroz vrijeme, dinamičko stohastičko programiranje optimizira odluke koje se donose u serijama, uzimajući u obzir buduće neizvjesnosti pomoću metoda dinamičkog programiranja.

Iako stohastičko programiranje donosi brojne prednosti, uključujući poboljšanu fleksibilnost i učinkovitost, suočava se s izazovima poput visokih računalnih zahtjeva i složenosti modeliranja. Unatoč tome, njegova sposobnost da pruža precizne i informirane odluke u dinamičnim i neizvjesnim okruženjima čini ga značajnim alatom za modernu analizu i optimizaciju poslovnih procesa.

Hiller i Lieberman (2010.) opisuju kako je cjelobrojno programiranje kao matematičku granu koja se bavi optimizacijom u kojoj neke ili sve varijable moraju biti cijeli brojevi. Razlozi zbog čega neke ili sve varijable moraju biti cijeli brojevi su ti što mnogi problemi uključuju odluke koje se ne mogu izraziti u djelomičnim vrijednostima. Na primjer, u raspoređivanju radnika na smjene, broj radnika mora biti cijeli broj jer organizacije ne mogu imati djeliće radnika. Uz navedeno, ista logika se koristi i kod broja vozila u voznom parku, broju strojeva u tvornici. Cjelobrojne varijable omogućavaju točnije modeliranje mnogih stvarnih situacija. Na primjer, u planiranju proizvodnje, broj proizvedenih jedinica proizvoda mora biti cijeli broj kako bi se plan mogao provesti u praksi.



Hiller i Liberman (2010.) pokrivaju dvije vrste metoda rješavanja cjelobrojnih:

- Grana i granica
- Grana i rezanje

Metoda grana i granica koristi postupak podjele velikog problema na manje, lakše rješive dijelove i zatim procjenjuje te dijelove koristeći granice kako bi eliminirala one koji ne mogu dati bolja rješenja od trenutno poznatih. Proces započinje rješavanjem početnog problema bez cjelobrojnih ograničenja, što omogućava korištenje standardnih metoda linearnog ili nelinearnog programiranja. Ako rješenje nije cjelobrojno, problem se dijeli na dva nova dijela dodavanjem dodatnih ograničenja. Svaki novi dio se ponovo rješava i procjenjuje. Ovaj postupak se ponavlja sve dok se ne pronađe optimalno cjelobrojno rješenje ili dok svi dijelovi ne budu eliminirani. Metoda grana i granica omogućava efikasno rješavanje velikih problema eliminacijom dijelova koji ne mogu poboljšati trenutna rješenja. Iako može biti vremenski i memorijski zahtjevna zbog upravljanja velikim brojem dijelova, grana i granica ostaje jedan od najvažnijih alata za rješavanje cjelobrojnih optimizacijskih problema zbog svoje efikasnosti i fleksibilnosti.

Metoda grana i rezanja proširuje metodu grana i granica za rješavanje cjelobrojnih i mješovitih cjelobrojnih programskih problema. Ova metoda koristi ideje iz metode grana i granica, ali dodatno uključuje "rezanje" koje pomaže u eliminaciji neprihvatljivih rješenja. Prvo se rješava pojednostavljeni problem bez cjelobrojnih ograničenja. Ako rješenje nije cijeli broj, dodaju se nova ograničenja koja isključuju neprihvatljiva rješenja, ali zadržavaju sve cjelobrojne opcije. Ova nova ograničenja nazivaju se rezne ravnine. Zatim se problem dijeli na manje dijelove, a svaka grana se ponovno rješava s novim ograničenjima. Ako rezultati nisu cijeli brojevi, proces se ponavlja dodavanjem novih reznih ravnina. Metoda grana i rezanja kombinira dvije tehnike, što često pomaže brže pronaći optimalno rješenje. Ova metoda je učinkovita za složene probleme, ali može biti složenija za primjenu jer zahtijeva pažljivo dodavanje novih ograničenja.

U kontekstu logistike, cjelobrojno programiranje može se primijeniti ne samo u distribuciji i transportu, nego i u upravljanju skladištem za optimalno raspoređivanje proizvoda i određivanje broja skladišnih jedinica, planiranju proizvodnje kako bi se odredio optimalan broj proizvoda za proizvodnju uzimajući u obzir kapacitete i resurse, te optimizaciji voznog parka za određivanje broja vozila i planiranje ruta kako bi se smanjili troškovi. Također se koristi za optimizaciju zaliha i nabave, određivanje optimalnog broja jedinica za naručivanje ili

proizvodnju, te za planiranje radne snage i rasporeda smjena kako bi se maksimalno iskoristila radna snaga i minimizirali troškovi rada. Korištenjem cjelobrojnog programiranja, logistički menadžeri mogu donijeti precizne i optimalne odluke koje poboljšavaju ukupnu učinkovitost logističkih operacija i smanjuju operativne troškove.

Potencijalni izazovi prilikom rješavanja problema koristeći cjelobrojno programiranje su:

- Kombinatorna eksplozija - broj mogućih rješenja eksponencijalno raste s povećanjem broja varijabli, što čini pronalaženje optimalnog rješenja vrlo složenim
- Potrebno vrijeme rješavanja problema - problemi mogu zahtijevati značajno vrijeme za rješavanje, zbog čega rješavanje velikih problema može biti vrlo teško u praksi
- Osjetljivost na podatke - cjelobrojni modeli mogu biti osjetljivi na promjene u ulaznim podacima, što može značajno utjecati na optimalno rješenje. Kao primjer, ako se promijeni broj dostupnih vozila zbog kvara, model optimizacije će morati biti ažuriran kako bi pronašao novi optimalan raspored dostava.
- Optimizacija u praksi - pronalaženje optimalnog rješenja može biti teško, pa se često koriste heurističke metode koje nude zadovoljavajuća, ali ne uvijek optimalna rješenja.

Prednosti cjelobrojnog programiranja uključuju mogućnost modeliranja i rješavanja problema koji zahtijevaju cjelobrojne odluke, čime se omogućuje točnije predstavljanje stvarnih situacija. Cjelobrojno programiranje pruža temeljitu analitičku metodu za optimizaciju rasporeda, alokacije resursa i planiranja proizvodnje. Omogućava integraciju različitih vrsta ograničenja i kriterija u jedan model, pružajući sveobuhvatna rješenja koja su primjenjiva u različitim industrijama. Također, nudi strukturu za donošenje odluka koja može dovesti do značajnog poboljšanja učinkovitosti i smanjenja troškova. Unatoč izazovima kao što su kombinatorna eksplozija i osjetljivost na ulazne podatke, njegova sposobnost integracije različitih ograničenja i kriterija čini ga neprocjenjivim alatom za optimizaciju poslovnih procesa. Njegova primjena u raznim industrijama pokazuje značajne prednosti u učinkovitosti i smanjenju troškova, čime doprinosi poboljšanju operativnih performansi i cjelokupnom poslovanju organizacije na strateškoj razini.

Kao zaključak, iako svaka metoda ima specifične pristupe i rješenja, zajednički cilj je poboljšanje učinkovitosti i postizanje optimalnih rezultata kroz strukturiranu analizu i modeliranje. Linearno i nelinearno programiranje rješavaju različite vrste odnosa među varijablama, dok dinamičko programiranje razgrađuje složene probleme na manje dijelove. Stohastičko programiranje se bavi neizvjesnostima, a cjelobrojno programiranje rješava

diskretne odluke. Ove metode omogućuju organizacijama da analiziraju kompleksne scenarije, optimiziraju resurse i donose bolje odluke. Korištenjem ovih tehnika, moguće je postići značajna poboljšanja u operativnoj učinkovitosti i ostvariti konkurentske prednosti u promjenjivom poslovnom okruženju. Njihova primjena doprinosi strateškom planiranju omogućujući organizacijama da precizno predviđaju buduće izazove i prilike, te također osigurava dugoročan uspjeh kroz upravljanje resursima i optimizaciju poslovnih procesa.

### **3.2. Softverska rješenja za optimizaciju procesa**

U današnje doba, gdje su brzina i točnost donošenja odluka od presudne važnosti, softverska rješenja za optimizaciju procesa igraju vitalnu ulogu. Ova rješenja omogućuju simulaciju, analizu i unapređenje poslovnih procesa kroz primjenu sofisticiranih algoritama i modela. Korištenjem ovih alata, tvrtke mogu precizno mapirati tijekove rada, identificirati uska grla i neefikasnosti, te testirati različite scenarije i strategije bez rizika za stvarne operacije. Također, ovi alati pomažu u boljem razumijevanju interakcija između različitih dijelova poslovnog sustava, omogućujući holistički pristup upravljanju i kontinuiranom poboljšanju poslovanja.

Banks, Carson II., Nelson i Nicol (1984.) navode kako se softverska rješenja odnosno simulacije koriste zbog toga što:

- Kroz simulaciju se mogu istraživati i testirati različiti dijelovi kompleksnog sustava međusobno djeluju ili kako funkcionira manji dio tog sustava
- Simulacijom organizacija može ispitati kako različite promjene u informacijama, organizaciji i okolini utječu na ponašanje modela i vidjeti rezultate tih promjena
- Kada organizacija mijenja ulazne podatke u simulaciji i prati rezultate, može dobiti važne informacije o tome koje varijable su najbitnije i kako su one međusobno povezane
- Informacije dobivene prilikom izrade simulacijskog modela mogu značajno pomoći u predlaganju poboljšanja za sustav koji se analizira

S druge strane, navode da simulacija nije prikladna u situacijama kada:

- Korištenje simulacije nije preporučljivo ako postoji mogućnost rješavanja problema pomoću analitičkih metoda
- Simulacija se ne bi trebala koristiti ako su troškovi njezine provedbe veći od potencijalnih ušteda koje se mogu postići

- Simulacija zahtijeva dostupnost podataka, koji mogu biti obimni, a ako podaci ili barem procjene nisu dostupne, upotreba simulacije nije preporučljiva
- Simulacija nije prikladna ako je ponašanje sustava previše složeno za definiranje ili modeliranje, što može biti slučaj s ljudskim ponašanjem koje je često vrlo teško prikazati

Simulacija nudi brojne prednosti u analizi i optimizaciji poslovnih procesa, omogućavajući istraživanje različitih aspekata sustava bez potrebe za stvarnim eksperimentiranjem. Ona omogućuje ispitivanje novih politika, operativnih procedura i pravila donošenja odluka bez ometanja tekućih operacija u stvarnom sustavu. Ovaj pristup omogućava analiziranje utjecaja promjena u kontroliranom okruženju prije nego što se implementiraju u praksi. Nadalje, simulacija pruža mogućnost testiranja novih dizajna hardvera, fizičkih rasporeda i transportnih sustava bez stvarnih ulaganja u resurse. Ovaj način evaluacije pomaže u optimizaciji i prilagodbi prije nego što se poduzmu konkretni koraci u implementaciji. Simulacija je korisna za testiranje hipoteza o uzrocima i posljedicama određenih fenomena, a ovo omogućava bolje razumijevanje uzročno-posljedičnih veza i pruža uvide u moguće prilagodbe ili poboljšanja sustava. Simulacija također omogućava kompresiju ili ekspanziju vremena, što omogućava analizu dugoročnih efekata i testiranje scenarija koji bi inače bili predugi za praćenje u stvarnom vremenu. Sve ove prednosti čine simulaciju izuzetno korisnim alatom za modeliranje i analizu složenih sustava, nudeći detaljne uvide i rješenja bez rizika i troškova povezanim sa stvarnim eksperimentiranjem. Simulacija, iako korisna, dolazi s određenim izazovima i ograničenjima. Prije svega, izrada simulacijskih modela zahtijeva specijaliziranu obuku i iskustvo. To je proces koji se razvija kroz praksu, a čak i kada dva stručnjaka izrađuju modele za isti problem, rezultati će vjerojatno biti različiti, unatoč mogućim sličnostima. Ovo upućuje na činjenicu da modeliranje nije jednostavna tehnička aktivnost, već uključuje značajnu komponentu kreativnosti i stručnosti. Još jedan izazov je interpretacija rezultata simulacije. Budući da simulacije često koriste slučajne ulaze, rezultati to jest izlazi su također u obliku slučajnih varijabli. Ovaj element nasumičnosti može otežati razlikovanje između stvarnih uzročno-posljedičnih odnosa unutar sustava i jednostavne slučajnosti. Takva neizvjesnost može otežati donošenje čvrstih zaključaka na temelju rezultata simulacije. Proces modeliranja i analiziranja putem simulacije može biti vrlo vremenski i financijski zahtjevan. Nedostatak ulaganja u resurse za kvalitetno modeliranje i analizu može rezultirati nedovoljnim modelima koji ne zadovoljavaju potrebe zadatka. To može biti posebno problematično u situacijama kada je potrebno precizno i detaljno razumijevanje sustava.

Banks, Carson II., Nelson i Nicol (1984.) opisuju kako se simulacijski modeli mogu podijeliti u sljedeće modele:

- Statički i dinamički
- Deterministički i stohastički
- Diskretni i kontinuirani

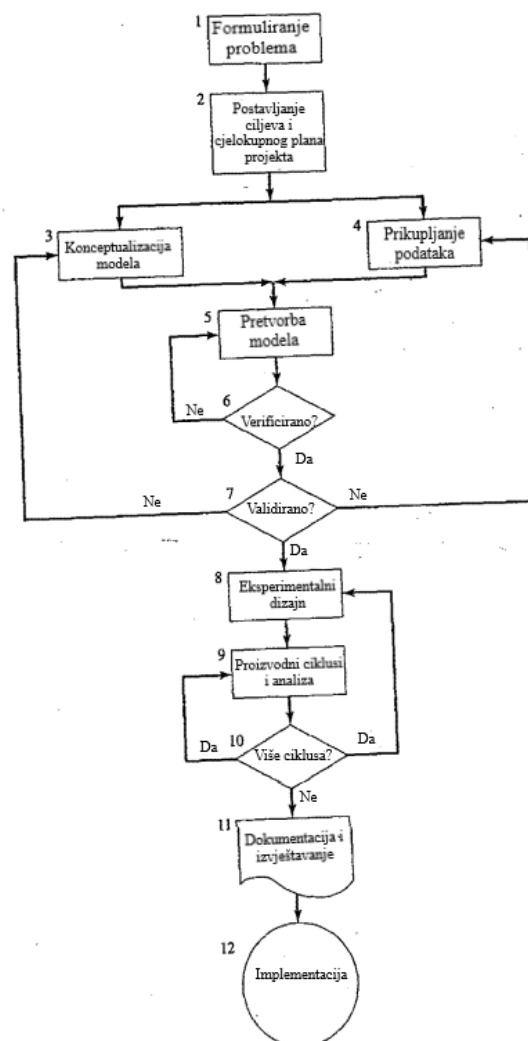
Statički model ili često zvani Monte Carlo simulacija predstavlja sustav u određenom trenutku. Za razliku od statičkog modela, dinamički modeli analiziraju promjene u sustavu kroz određeni vremenski period. Determinističke simulacije su one simulacije bez slučajnih varijabli odnosno simulacija u kojoj su poznati ulazni podaci koji dovode do skupa izlaznih podataka. Determinističke simulacije bi se mogli dogoditi u proizvodnom pogonu ako se svi materijali isporučuju točno prema planiranom rasporedu, bez ikakvih kašnjenja ili promjena. U ovom primjeru, dolasci materijala su potpuno predvidljivi i usklađeni s unaprijed postavljenim rasporedom, što znači da nema nesigurnosti ili varijacija u vremenu isporuka. Stohastički simulacijski model uključuje jednu ili više slučajnih varijabli kao ulaze. Zbog prisutnosti slučajnih ulaza, rezultati simulacije su također slučajni. Kao rezultat toga, izlazi se trebaju promatrati kao procjene stvarnih svojstava modela. Simulacija proizvodne linije često uključuje slučajna vremena između dolazaka materijala i slučajna vremena trajanja proizvodnih ciklusa. Kao rezultat toga, u stohastičkoj simulaciji, metrike kao što su prosječan broj proizvoda u proizvodnom pogonu i prosječno vrijeme proizvodnje jedinice moraju se smatrati statističkim procjenama stvarnih karakteristika proizvodnog sustava.

Diskretni simulacijski model je metoda koja se koristi za modeliranje sustava u kojem se promjene događaju u određenim, jasno definiranom vremenskim točkama. Ovi modeli prate kako se sustav razvija kroz niz diskretnih, često neprekidnih koraka ili događaja. U diskretnim simulacijama, sustav se analizira na temelju događaja koji se javljaju u specifičnim intervalima, a ne kontinuirano. Kontinuirani simulacijski model je vrsta simulacije koja prikazuje sustav s promjenama koje se odvijaju neprekidno tijekom vremena, koristeći matematičke jednadžbe koje opisuju kako se varijable sustava mijenjaju kontinuirano. Primjer kontinuiranog simulacijskog modela može biti simulacija protoka tekućine kroz cijev. U ovom modelu, promjene u protoku tekućine i pritisku unutar cijevi događaju se kontinuirano tijekom vremena.

Banks, S. Carson II., L. Nelson i Nicol (1984.) opisuju korake u simulaciji koje su sljedeće: formuliranje problema, postavljanje ciljeva, izrada koncepta modela, prikupljanje podataka, prijenos modela, verifikacija, validnost, eksperimentalni dizajn, proizvodni ciklusi i analiza,

dodatno pokretanje (ukoliko je potrebno), dokumentiranje i izvještavanje te na kraju implementacija. Prikaz navedenoga nalazi se na slici 4. Među svih koracima potrebno je naglasiti kako prikupljanje podataka ima iznimnu važnost ta cjelokupno istraživanje i provođenje simulacija. S obzirom na to da složenost modela može utjecati na vrste podataka koje su potrebne, važno je početi s prikupljanjem podataka što je prije moguće. Ovo je ključno jer prikupljanje podataka može zauzeti značajan dio ukupnog vremena za simulaciju, pa je najbolje započeti s njim već u ranim fazama izrade modela.

Slika 4. Faze u simulacijskom istraživanju



Izvor: Uredio autor prema [https://pavandm.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/03/discrete-event-system-simulation-jerry-banks\\_2.pdf](https://pavandm.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/03/discrete-event-system-simulation-jerry-banks_2.pdf) (dostupno 11.8.2024.)

Za simulaciju se koriste različiti softveri i programi, ovisno o vrsti simulacije i specifičnim potrebama korisnika. Neki od tih programa su: Arena, AutoMod i ProModel.

Arena program je razvijen od strane Systems Modeling te preuzet od Rockwell Automation u godini 2000.-oj. Široko se koristi za modeliranje i analizu poslovnih procesa, proizvodnje, logistike i drugih operacija te je namijenjena za simulaciju složenih sustava i procesa kako bi se poboljšala učinkovitost i produktivnost. Kroz vizualizaciju i modeliranje, korisnici mogu uvidjeti kako različiti elementi sustava međusobno djeluju. Ovo omogućuje identifikaciju uskih grla i evaluaciju trenutne operativne učinkovitosti. Korištenjem simulacijskih scenarija, organizacije mogu razumjeti kako promjene u jednom dijelu procesa mogu utjecati na cijeli sustav. Ova sposobnost analize omogućuje pravovremeno prepoznavanje i rješavanje problema, čime se poboljšava ukupna učinkovitost poslovanja. Arena softver Kroz vizualizaciju i modeliranje, korisnici mogu uvidjeti kako različiti elementi sustava međusobno djeluju. Navedeno omogućuje identifikaciju uskih grla i evaluaciju trenutne operativne učinkovitosti. Korištenjem simulacijskih scenarija, organizacije mogu razumjeti kako promjene u jednom dijelu procesa mogu utjecati na cijeli sustav. Sposobnost analize omogućuje pravovremeno prepoznavanje i rješavanje problema, čime se poboljšava ukupna učinkovitost poslovanja. Arena se ističe zbog svog interaktivnog grafičkog sučelja koje korisnicima omogućuje jednostavno modeliranje i prilagodbu simulacija. Sučelje omogućuje brzo dodavanje, uklanjanje i mijenjanje dijelova modela, što pomaže u održavanju modela prema stvarnim uvjetima i potrebama. Osim toga, Arena nudi detaljne alate za analizu rezultata simulacija, uključujući izvještaje, grafove i vizualizacije. Ovo pomaže u preciznom tumačenju podataka i donošenju odluka na temelju jasnih i čvrstih informacija.

U kontekstu proizvodnih procesa, korisnici mogu testirati različite rasporede rada, alokaciju resursa i postavke proizvodnih linija. Na primjer, Arena može simulirati kako promjene u brzini proizvodnje ili dodavanje novih strojeva utječu na ukupnu učinkovitost i kapacitet proizvodne linije. Ovakav pristup pomaže u pronalaženju optimalnih rješenja za poboljšanje proizvodne učinkovitosti, smanjenje troškova i povećanje proizvodne fleksibilnosti. U logistici, Arena se koristi za modeliranje i analizu sustava skladišta i upravljanja inventarom. Korištenjem Arene, organizacije mogu simulirati tokove materijala kroz skladišta, procijeniti kapacitet skladišta i optimizirati raspored zaliha. Simulacija može pomoći u identificiranju najboljih praksi za upravljanje zalihama, poput optimalne razine sigurnosnih zaliha i rasporeda narudžbi, te omogućuje testiranje različitih scenarija poput promjena u potražnji ili novih dostavnih ruta. Kao i kod svakog programa, program Arena se također susreće s nekim potencijalnim izazovima. Kada model postane složen, upravljanje velikim modelima može predstavljati značajan izazov. Arena može zahtijevati velike količine računalnih resursa, kao što su

memorija i procesorska snaga, osobito kada se radi o velikim i složenim simulacijama. Ovo može rezultirati dugim vremenima izvođenja simulacija i otežati analizu rezultata. Problemi s performansama mogu se pojaviti, što može negativno utjecati na učinkovitost modeliranja i donošenje odluka. S obzirom na ove izazove, optimizacija modela i resursa postaju značajni za uspješno korištenje Arene. Održavanje i ažuriranje modela predstavlja još jedan izazov. Kako se stvarni sustav mijenja, tako i simulacijski model mora biti ažuriran kako bi ostao relevantan. Održavanje modela može biti dugotrajno i zahtijeva stalnu pažnju kako bi se osigurala njegova točnost. Osim toga, upravljanje različitim verzijama modela i osiguranje usklađenosti među članovima tima može biti zahtjevno. Prilagodba modela novim uvjetima i promjenama može dodati složenost i zahtijevati dodatne napore.

Automod Program AutoMod predstavlja jedan od vodećih alata za simulaciju diskretnih događaja, razvijen od strane Data-Driven Design. Kao sofisticirani softverski alat, AutoMod se koristi za modeliranje, analizu i optimizaciju složenih sustava u različitim industrijskim sektorima, uključujući proizvodnju, logistiku, zdravstvo i transport. AutoMod nudi unaprijed definirane predloške za većinu uobičajenih sustava za rukovanje materijalom, uključujući vozne sustave, transportne trake, automatizirane sustave za skladištenje i preuzimanje, dizalice, sustave za prijenos snage i slobodnog kretanja, kao i kinematiku za robote. Uz određene dodatke također omogućava kontinuirano modeliranje protoka tekućina i materijala u rasutom stanju. Sadrži i vozni sustav koji omogućava modeliranje različitih vrsta kretanja, uključujući viljuškare, hodanje ljudi ili pomicanje kolica, automatizirane vođene vozila, kamione i automobile. Svi predlošci za kretanje temelje se na trodimenzionalnim crtežima u stvarnoj skali. Jedna od prednosti AutoMod-a je njegova fleksibilnost u modeliranju i mogućnost skriptiranja. Skriptiranje omogućava korisnicima da prilagode i prošire funkcionalnost modela prema specifičnim potrebama. Ova fleksibilnost nudi rješavanje kompleksnih problema i prilagodbu simulacija specifičnim zahtjevima projekta, što povećava korisnost softvera u različitim scenarijima. Model u AutoMod-u može se sastojati od jednog ili više sustava. Taj sustav može biti procesni sustav u kojem se definiraju tokovi materijala i kontrole ili sustav kretanja koji se temelji na predlošcima za rukovanje materijalom. Ti sustavi se mogu spremati i ponovno koristiti kao objekti u drugim modelima. Unutar procesa, logika može biti složena i obuhvaća kontrolu toka materijala ili poruka, natjecanje za resurse, ili čekanje na korisnički definirano vrijeme. Tereti se mogu premještati između procesa koristeći ili ne koristeći sustave kretanja. AutoMod omogućuje ne samo analizu vremena i resursa, već i detaljnu troškovnu analizu, koja je bitna za donošenje strateških poslovnih odluka. Na primjer, u proizvodnom



okruženju, AutoMod može simulirati različite scenarije kao što su promjene u rasporedu smjena, uvođenje novih tehnologija, ili optimizacija protoka materijala kroz proizvodne linije. Ako tvornica koja razmatra uvođenje automatiziranih vođenih vozila u svojoj logistici može koristiti AutoMod za simulaciju različitih scenarija uvođenja. Softver može procijeniti inicijalne troškove kupnje i instalacije navedenog tipa sustava, kao i dugoročne operativne troškove u usporedbi s trenutnim manualnim procesima. Jedan od mogućih izazova korištenja AutoMod-a je kao i kod prethodno navedenog programa Arena skalabilnost, što postaje posebno izraženo kada se radi o simulaciji vrlo složenih i detaljnih modela. Kako se povećava opseg i složenost simulacije, raste i potreba za računalnim resursima, poput procesorske snage i memorije. Ovaj izazov može postati kritičan kada se simuliraju veliki sustavi ili kada model uključuje veliki broj varijabli koje treba pratiti i analizirati. U takvim slučajevima, organizacije mogu morati uložiti u snažniju računalnu infrastrukturu ili optimizirati modele kako bi se smanjila složenost, primjerice, pojednostavljivanjem određenih procesa ili smanjenjem broja simuliranih varijabli. Također, može biti potrebno koristiti napredne tehnike poput distribuiranih simulacija, gdje se simulacija dijeli na više računala kako bi se rasteretio pojedinačni sustav.

Sljedeći program je program ProModel. ProModel je proizvod tvrtke ProModel Corporation specijaliziran za simulaciju i animaciju proizvodnih sustava. Osim ProModel-a, tvrtka nudi i MedModel za simulaciju zdravstvenih sustava te ServiceModel za uslužne sektore. ProModel pruža mogućnost dvodimenzionalne animacije, uz dodatnu opciju prikaza u trodimenzionalnoj perspektivi. Animacije se automatski stvaraju dok se model razvija. Ovaj softver uključuje specifične elemente za modeliranje proizvodnih procesa i koristi pravila za donošenje odluka. Korisnici mogu modelirati razne sustave koristeći elemente unutar detaljnih parametara koje ProModel nudi. Također, programski jezik za simulaciju u ProModel-u omogućuje kreiranje modela za posebne situacije koje nisu obuhvaćene standardnim opcijama. U ProModelu, elementi za modeliranje uključuju komponente kao što su dijelovi, lokacije, resursi, mreže putanja, usmjerenje i logika obrade, kao i dolaske. Dijelovi dolaze i prate definirane rute i obrade kroz različite lokacije. Resursi predstavljaju ljude, alate ili vozila koji prenose dijelove između lokacija, izvode operacije na dijelovima na određenim lokacijama ili obavljaju održavanje na lokacijama ili drugim resursima. Resursi mogu putovati mrežama putanja s određenim brzinama, ubrzanjima, te vremenima za preuzimanje i postavljanje. Funkcionalnost usmjerenja i obrade omogućuje implementaciju prilagođene proceduralne logike putem simulacijskog jezika ProModela. Program generira troškovne podatke povezane s procesima,

uključujući troškove za korištenje lokacija, resursa i entiteta. ProModel također dolazi s alatom za pregled rezultata, što omogućava jednostavno prikazivanje podataka uz korisne grafike i grafikone, poput dijagrama stanja. Alat se često koristi u obrazovnim ustanovama, uključujući sveučilišta, tehničke škole i poslovne škole, za podučavanje studentima o teoriji i praksi simulacije procesa. ProModel omogućuje studentima da se upoznaju s osnovnim konceptima i metodologijama simulacije kroz praktične primjere i studije slučaja. Kroz rad s ProModelom, studenti mogu razviti dublje razumijevanje dinamičkih sustava, optimizacije i analize procesa, što im pomaže u razumijevanju složenih poslovnih i industrijskih operacija.

Izdvojeno od navedenih programa, također postoji i program za simulaciju imenom IBM WebSphere Modeler. U ovom diplomskom radu IBM WebSphere Modeler će se koristiti kao softver pomoću kojega će se simulirati odabrani proces te će se kroz njegovu simulaciju i rezultate donijeti zaključci i određeni prijedlozi poboljšanja.

#### **4. Opis softvera IBM WebSphere Modelera i njegova primjena**

IBM (International Business Machines Corporation) je globalna tehnološka i konzultantska organizacija koja je osnovala IBM WebSphere Modeler i brojne druge značajne tehnologije. IBM WebSphere Modeler je alat za modeliranje poslovnih procesa koji organizacijama omogućuje da jasno vizualiziraju, analiziraju i unaprijede svoje poslovne procese. Kao bitan dio IBM-ovog portfolija za upravljanje poslovnim procesima, ovaj alat nudi niz funkcionalnosti koje pomažu u optimizaciji operacija i poboljšanju učinkovitosti. Predstavlja dio evolucije alata za modeliranje poslovnih procesa te njegov razvoj odražava širi napor IBM-a da odgovori na rastuće potrebe organizacija za sofisticiranim rješenjima u upravljanju poslovnim procesima. Početci IBM WebSphere Modelera počinju krajem 1990-ih i početak 2000-ih godina kada je IBM prepoznao potrebu za naprednim alatima koji omogućuju detaljno modeliranje i analizu poslovnih procesa. Tijekom tog razdoblja, IBM je aktivno razvijao tehnologije koje su podržavale bolje razumijevanje i optimizaciju poslovnih operacija. Jedan od najvažnijih trenutaka u povijesti WebSphere Modelera bio je njegova integracija s IBM WebSphere portfolijom, koji obuhvaća različite komponente za aplikacije. Ova integracija omogućila je korisnicima da povežu modeliranje procesa s širim okvirom IBM-ovih rješenja, čime se poboljšala usklađenost i učinkovitost poslovnih operacija. Kako je potreba za naprednim rješenjima za upravljanje procesima rasla, IBM je kontinuirano unapređivao WebSphere Modeler. Novije verzije alata uključivale su poboljšanja u funkcionalnostima kao što su simulacija i analiza procesa, kao i poboljšana integracija s drugim IBM-ovim rješenjima poput IBM Business Process Manager. IBM WebSphere Modeler je postao dio šireg IBM-

ovog portfolija za automatizaciju poslovnih procesa. U posljednjim godinama, IBM se usmjerio na integraciju modeliranja procesa u svoje naprednije platforme kao što su IBM Business Automation Workflow i IBM Robotic Process Automation. IBM WebSphere Modeler nudi korisnicima intuitivno sučelje koje olakšava modeliranje i analizu poslovnih procesa. Osnovne komponente uključuju glavni radni prostor, gdje se prikazuju i uređuju dijagrami procesa pomoću drag-and-drop funkcionalnosti. Skupina alata sa strane radnog prostora pruža simbole i alate potrebne za izgradnju modela, dok prozor za svojstva omogućuje prilagodbu detalja elemenata procesa. Osim toga, alati za analizu i simulaciju pomažu u testiranju i optimiziranju modela, omogućujući korisnicima da vide kako se procesi ponašaju u različitim scenarijima. Inženjeri i menadžeri koriste IBM WebSphere Modeler za modeliranje i analizu poslovnih procesa, optimizaciju radnih tokova, identificiranje i rješavanje uskih grla, unapređenje učinkovitosti operacija, dokumentiranje procesa, te implementaciju i praćenje poslovnih promjena. Alat pomaže u vizualizaciji procesa, simulaciji različitih scenarija za poboljšanje performansi, standardizaciji poslovnih operacija i integraciji s rješenjima za upravljanje poslovnim procesima. Također, koristi se za unapređenje komunikacije među timovima, osiguranje usklađenosti s regulatornim zahtjevima i poboljšanje donošenja odluka kroz detaljnu analizu i optimizaciju.

S druge strane, u industriji proizvodnje, IBM WebSphere Modeler se koristi za optimizaciju proizvodnih linija kako bi se povećala učinkovitost i smanjili troškovi. Kao primjer se može zamisliti tvornica koja proizvodi elektroničke komponente, suočenu s izazovima poput dugog vremena proizvodnje i niske učinkovitosti. Korištenjem IBM WebSphere Modeler-a, inženjeri mogu stvoriti detaljan trodimenzionalni model proizvodne linije, uključujući sve komponente kao što su strojevi, transportne trake i radne stanice. Model pruža simulaciju trenutnog proizvodnog procesa kako bi se identificirali problemi i uska grla, poput sporog rada određenih strojeva ili nesklada u brzini između faza proizvodnje. Nakon što se identificiraju problemi, IBM WebSphere Modeler omogućuje testiranje različitih rasporeda opreme ili radnih stanica kako bi se poboljšala učinkovitost. Organizacija tako može analizirati različite promjene i kako te promjene utječu na performanse linije. Rezultati simulacija omogućuju implementaciju poboljšanja koja mogu smanjiti vrijeme proizvodnje, povećati brzinu obrade i smanjiti troškove rada. Na taj način, IBM WebSphere Modeler pomaže organizacijama da unaprijede svoje proizvodne procese, povećaju učinkovitost i poboljšaju profitabilnost.

Neke od značajke IBM Websphere Modelera su:

- Detaljna analiza i izvještaji - uključuje alate za analizu podataka i kreiranje izvještaja, poput grafikona i tablica
- Integracija s Excelom - podržava uvoz i izvoz podataka s/za Excel, što olakšava rad s velikim skupovima podataka
- Simulacija različitih scenarija – testiranje kako bi se procesi ponašali u različitim uvjetima i scenarijima. Ova simulacija pomaže u identificiranju potencijalnih problema i u procjeni utjecaja promjena na performanse procesa.
- Integracija s rješenjima upravlja poslovnim procesima - omogućuje organizacijama da održe konzistentnost u upravljanju procesima i osiguraju usklađenost s regulatornim zahtjevima i unutarnjim politikama
- Podrška za standarde BPMN - WebSphere Modeler omogućuje izradu dijagrama koristeći BPMN standard, koji je široko prihvaćen za vizualizaciju i modeliranje poslovnih procesa. BPMN pruža standardizirani jezik za prikaz procesa, što olakšava komunikaciju i razumijevanje između različitih timova i organizacija.

BM WebSphere Modeler se može koristiti u različitim aspektima logistike, ne samo u skladištu i distribuciji, već i u širem spektru logističkih aktivnosti. Lanac opskrbe predstavlja kompleksan sustav koji uključuje nabavu, proizvodnju, distribuciju, upravljanje zalihama i povratnu logistiku. Kako bi organizacije mogle učinkovito upravljati ovim procesima i smanjiti troškove, neophodno je precizno planirati, simulirati i analizirati različite scenarije. WebSphere Modeler omogućava organizacijama da modeliraju protok materijala, informacija i resursa kroz cijeli lanac opskrbe. To obuhvaća sve faze, od nabave sirovina do isporuke krajnjim korisnicima. Kroz detaljno modeliranje, moguće je simulirati različite scenarije i procijeniti njihov utjecaj na performanse cijelog sustava. Na primjer, organizacije može analizirati učinkovitost različitih dobavljača, simulirati kako promjene u kapacitetu proizvodnje ili kašnjenja u transportu utječu na opskrbu, te identificirati uska grla koja uzrokuju kašnjenja ili povećavaju troškove. Osim toga, ovaj se program može koristiti za optimizaciju transporta što je od izrazite važnosti za logistiku u globaliziranom poslovnom okruženju. Organizacije mogu modelirati različite rute isporuke, metode transporta i rasporede uzimajući u obzir faktore poput troškova goriva, prometnih uvjeta ili vremenskih nepogoda. Kroz simulaciju i analizu mogu se identificirati najisplativije opcije što doprinosi smanjenju troškova i ubrzanju isporuka.

S druge strane, u industriji proizvodnje, WebSphere Modeler simulira različite scenarije proizvodnje. Na primjer, tvornica može modelirati različite konfiguracije proizvodnih linija kako bi testirala kako promjene u kapacitetu ili rasporedu utječu na ukupnu učinkovitost proizvodnje. Simulacijom se mogu identificirati uska grla u procesu poput strojeva koji rade izvan svojih kapaciteta ili zaposlenika koji moraju čekati na obavljanje zadataka. Ove informacije omogućuju optimizaciju raspodjele resursa, čime se smanjuju zastoji i maksimalno iskorištavaju dostupni resursi. Također, WebSphere Modeler pruža optimizaciju održavanja opreme što je od izričite važnosti za smanjenje neočekivanih kvarova i zastoja u proizvodnji. Korištenjem podataka o povijesti kvarova i rasporeda održavanja, tvornica može modelirati različite pristupe preventivnom i korektivnom održavanju. Na taj način moguće je smanjiti vrijeme neplaniranih prekida rada te optimizirati raspored održavanja kako bi se maksimalno iskoristila radna oprema. Uz navedeno, IBM WebSphere Modeler pruža alat za procjenu i optimizaciju troškova proizvodnje. Kroz analizu troškova povezanih s radnim satima, korištenjem materijala i resursa, proizvodne organizacije mogu točno identificirati koja područja proizvodnje generiraju najveće troškove te razviti strategije za njihovo smanjenje. Ova transparentnost u pogledu troškova omogućuje bolje upravljanje proizvodnim procesima i poboljšava konkurentnost na tržištu. Na taj način, WebSphere Modeler pomaže organizacijama da unaprijede svoje proizvodne procese, povećaju učinkovitost i poboljšaju profitabilnost.

Jedna od prednosti IBM WebSphere Modelera je njegova prilagodljivost. Softver omogućuje korisnicima detaljno modeliranje širokog spektra procesa, obuhvaćajući proizvodnju, logistiku, zdravstvenu skrb (itd.) čime se pokazuje kako je ovaj softver izuzetno svestran. Njegova sposobnost integracije s različitim sustavima i softverima omogućuje učinkovitu sinkronizaciju podataka i povezivanje s postojećim informacijskim sustavima unutar organizacije. Ova funkcionalnost osigurava korisnicima modeliranje složenih poslovnih procese i identificiranju točke za poboljšanje. Međutim, korištenje IBM WebSphere Modelera nosi i određene izazove. Jedan od glavnih izazova je složenost učenja. Iako softver nudi intuitivno sučelje, opsežnost njegovih funkcija može biti demotivirajuća za nove korisnike. Detaljne simulacije koje IBM Websphere Modeler omogućuje mogu zahtijevati snažan hardver, uključujući procesore, puno radne memorije i napredne grafičke kartice. To može povećati troškove implementacije, posebno za manje organizacije koje možda nemaju pristup naprednoj računalnoj infrastrukturi. U konačnici, kombinacija ovih prednosti i izazova čini IBM WebSphere Modeler veoma uspješnim alatom, ali također postavlja zahtjeve pred korisnike koji žele maksimalno iskoristiti

njegove mogućnosti. Za uspješnu primjenu ovog softvera organizacije trebaju pažljivo procijeniti svoje resurse i pripremiti se za učenje i prilagodbu kako bi u potpunosti iskoristile prednosti ovog programa.

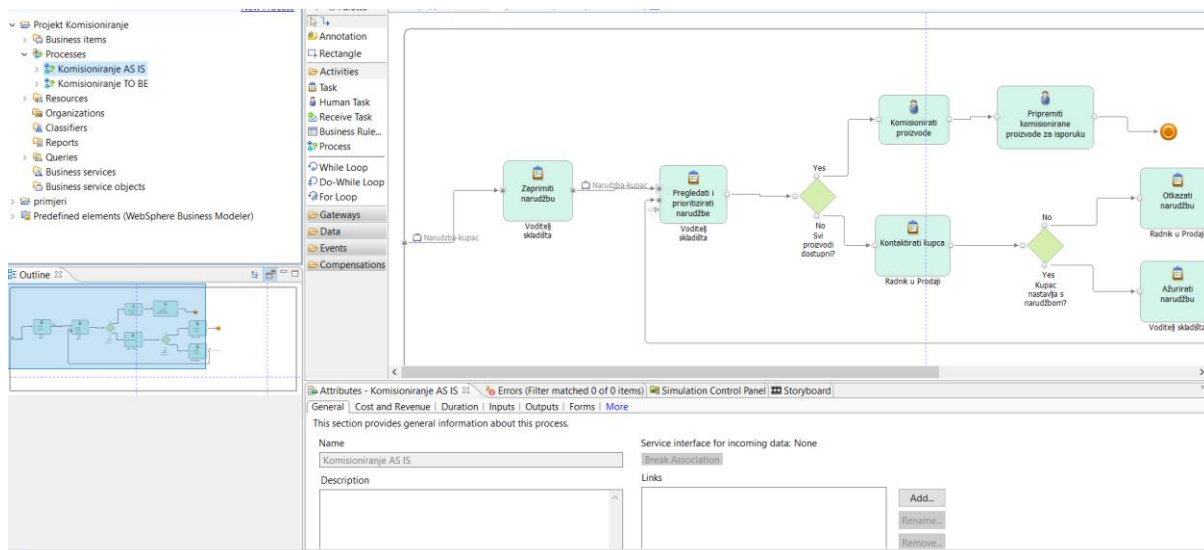
U realnom primjer odnosno u praksi se može spomenuti neki od uspjeha IBM WebSphere Modelera. BMW je koristio IBM WebSphere Modeler za optimizaciju svojih proizvodnih i poslovnih procesa. Ovaj alat omogućio je detaljno modeliranje i simulaciju svih faza proizvodnje, uključujući nabavku sirovina, proizvodnju i isporuku vozila. Korištenjem WebSphere Modeler-a, BMW je mogao vizualizirati složene interakcije u proizvodnim linijama, prepoznati uska grla i neučinkovitosti te testirati različite scenarije unaprijed. Ova sposobnost simulacije pomogla je BMW-u da poboljša operacije, smanji troškove i poveća produktivnost, što je bitno za održavanje konkurentske prednosti u automobilskoj industriji. Pfizer je koristio WebSphere Modeler za modeliranje i analizu svojih procesa istraživanja i razvoja kako bi unaprijedio učinkovitost istraživačkih aktivnosti. Alat je omogućio simulaciju različitih faza istraživanja uključujući testiranje hipoteza, razvoj prototipova i klinička ispitivanja. S druge strane, u fazi proizvodnje, Pfizer je koristio WebSphere Modeler za optimizaciju proizvodnih procesa i kapaciteta. Modeliranje je omogućilo identifikaciju i rješavanje uskih grla u proizvodnji, kao i za prilagodbu proizvodnih linija kako bi se zadovoljili zahtjevi za kvalitetom i količinom. Rezultati ove primjene IBM WebSphere Modelera bili su značajni. Organizacija je uspjela povećati kapacitet proizvodnje, smanjiti vrijeme ciklusa i poboljšati ukupnu učinkovitost svojih proizvodnih procesa.

IBM WebSphere Modeler uključuje nekoliko komponenti koje omogućuju detaljno modeliranje i simulaciju poslovnih procesa, a to su:

- Okruženje za modeliranje – glavno sučelje u kojem korisnici mogu dizajnirati svoje modele pomoću dodavanja objekata, procesa i funkcionalnosti (slika 5.)
- Standardizirani Elementi Procesa – IBM WebSphere Modeler nudi set standardiziranih elemenata za modeliranje poslovnih procesa, uključujući aktivnosti, odluke, događaje i tokove rada. Ovi elementi omogućuju korisnicima da precizno modeliraju i analiziraju poslovne procese koristeći BPMN
- Modul za tijek procesa - IBM WebSphere Modeler omogućuje korisnicima da definiraju logiku i tokove poslovnih procesa unutar modela

- Eksperimenti - ovaj alat omogućuje provođenje različitih scenarija i analiza "što-ako" unutar simulacijskog modela. Korisnici mogu postavljati varijable, definirati uvjete i analizirati rezultate kako bi optimizirali performanse sustava
- Alati za izvještavanje – IBM WebSphere Modeler pruža alate za stvaranje prilagođenih nadzornih ploča i izvještaja koji omogućuju praćenje i analizu najbitnijih performansi sustava. Ovi alati pomažu korisnicima da interpretiraju rezultate simulacije i donesu informirane odluke.

Slika 5. Prikaz glavnog sučelja (s lijeve strane)



Izvor: Rad autora

IBM WebSphere Modeler softver je s vremenom nadograđen te integriran u IBM Business Process Manager. WebSphere Modeler-ove značajke za modeliranje i simulaciju poslovnih procesa su integrirane u IBM Business Process Manager koji koristi IBM WebSphere Modeler kao svoju osnovu te proširuje funkcionalnosti WebSphere Modeler-a sa dodatnim alatima za automatizaciju, upravljanje poslovnim procesima, analizu i optimizaciju kako bi se mogao prilagoditi svijetu poslovanje i trenda brzog razvijanja.

## 5. Optimizacija procesa komisijiranja primjenom IBM WebSphere Modelera

U ovome će se poglavlju obraditi opis procesa komisijiranja nakon čega slijedi mapiranje i dokumentiranje navedenog procesa. Nastavno na dokumentiranje i mapiranje procesa komisijiranja provesti će se DMAIC analiza te primjena IBM WebSphere Modelera softvera pomoću kojega će se odabrati optimalno rješenje za uska grla koja će biti pronađena unutar procesa komisijiranja.

## **5.1. Opis procesa komisioniranja**

Proces komisioniranja započinje u trenutku kada kupac izvrši narudžbu to jest kada kupac naruči proizvode koji su mu potrebni. Ovu narudžbu odjel prodaje zaprima te ju potvrđuje (potvrda podataka kupca, potvrda količina proizvoda, točnost unesenih podataka, odobravanje, itd.). Nakon što se narudžbe potvrdi, ona se unosi u sustav te nakon unosa se prosljeđuje u odjel skladišta. Odjel skladišta zaprima narudžbe te slijedi aktivnosti pregleda i prioritizacije narudžbi. U ovoj aktivnosti pregledava se dostupnost svih proizvoda te zaposlenici koji su zaduženi za komisioniranje se raspoređuju najčešće prema kupcima ili na zaposlenike koji će komisionirati pune palete i zaposlenike koji će komisionirati proizvode količina manjih od punih paleta. Nakon aktivnosti pregleda i prioritizacije slijedi potvrda o tome jesu li svi proizvodi i njihove zatražene količine prema narudžbi dostupne ili određene količine ili proizvodi kao takvi nisu dostupni. Ukoliko su svi proizvodi i njihove zatražene količine dostupni, slijedi aktivnost komisioniranja. Zaposlenici koriste uređaje pomoću kojih komisioniraju traženu robu i njezine propisane količine te tako izvršavaju aktivnost komisioniranja. Ukoliko proizvod/i ili zatražene količine određenog proizvoda nisu dostupne, odjel skladišta vrši ažuriranje narudžbe te prilagođava traženu količinu nekog proizvoda s dostupnom količinom tog istog proizvoda koja se trenutno nalazi u skladištu. Nastavno na prethodno, odjel prodaje kontaktira kupca koji odobrava ažuriranje narudžbe čime se aktivnost komisioniranja nastavlja. Ukoliko kupac ne želi ažurirati narudžbu ona se otkazuje te se proces komisioniranja zaustavlja. Nakon aktivnosti ažuriranja narudžbe, pokreće se aktivnost komisioniranja te se komisionira novozadana količina ažuriranih proizvoda. U trenutku kada se narudžba to jest traženi proizvodi i količine izkomisioniraju, slijedi aktivnost pripreme komisionirane robe za isporuku. Ova aktivnost sastoji se od umotavanja paleta plastičnom folijom te se odlaže na predviđenu zonu za daljnji proces. Jednom kada se navedene palete omotaju odnosno odlože na predviđenu zonu, proces komisioniranja završava te se kreće u sljedeći proces. Iako nije dio procesa komisioniranja, može se nadodati kako kupac ima mogućnost popratno izvršiti narudžbu za one količine proizvoda koji u datom periodu nisu bili dostupni unutar skladišta.

## **5.2. Dokumentiranje i mapiranje procesa komisioniranja**

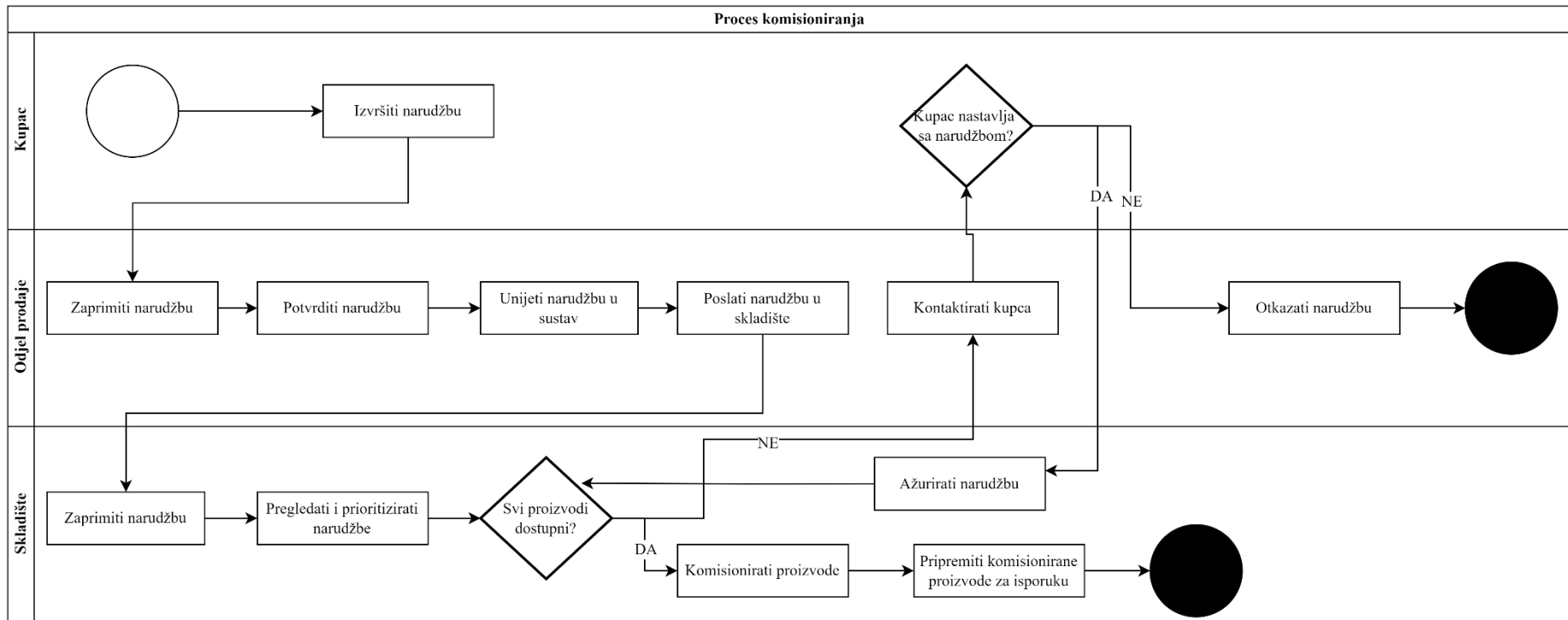
Proces komisioniranja započinje izvršavanjem narudžbe. Izvršavanja narudžbe odvija se najčešće kroz dvije mogućnosti: trgovački putnici koji obilaze različite prodavaonice koje se nalaze diljem Hrvatske prikupljaju odnosno dobivaju popis proizvoda koji su potrebni prodavaonicama, većim trgovačkim lancima, itd. Ove proizvode to jest narudžbe tih kupaca



unose se u sustav Route Master te odjel prodaje tako zaprima narudžbu. Dakle, proces počinje od kupca dok trgovački putnici djeluju kao nevidljiva veza. Drugi način izvršavanja narudžbi odnosi se samo na ključne kupce. Ključni kupci imaju mogućnost direktno primijeti narudžbu u posebni dio sustava organizacije. Postoji i treća opcija koja je opcija izvršavanja narudžbe mailom, ali sagledavanjem šire slike prva dva navedena načina izvršavanja narudžbi su najčešći i fokus je na njima. U trenutku kada u Route Master ili u odvijeni dio sustava stignu narudžbe, odjel prodaje ih zaprima obavijest te prodajni tim potvrđuje narudžbu kako bi se osiguralo da su svi podaci ispravno uneseni (artikli, količine, adresa dostave, način plaćanja). Nakon potvrđivanja narudžba se unosi u sustav upravljanja skladištem (Warehouse Management System - WMS). Ovaj korak obično uključuje dodjelu narudžbe specifičnom skladištu (trošarinsko skladište, skladište promotivnog materijala, porezno skladište, itd.). Sustav upravljanja skladištem (WMS) automatski prosljeđuje narudžbu skladištu. Ovo uključuje obavještavanje odgovornih zaposlenika u skladištu o novoj narudžbi. Pregled i prioritizacija narudžbi je najvažnija aktivnost u cijelom procesu komisioniranja. U ovoj fazi se pregledavaju narudžbe odnosno dostupnost proizvoda i tražena količina proizvoda. Ukoliko određene količine proizvoda nisu dostupne ili čak više od toga, određeni proizvodi uopće nisu dostupni, odgovorne osobe ažuriraju narudžbu odnosno prilagođavaju narudžbu prema dostupnosti proizvoda koji se u datom trenutku nalaze u skladištu te se kreće u komisioniranja proizvoda. Iako odgovorne osobe ažuriraju i unose novu traženu količinu određenog proizvoda, bitno za naglasiti je da se taj korak izvršava uz kupčevo odobrenje to jest odjel prodaje kontaktira kupca, obavještava ga o nedostupnoj traženoj količini te kupac mora odobriti novu traženu količinu. Ako kupac odobrava novu traženu količinu, narudžbe se ažurira te slijedi nastavak komisioniranja, a ako kupac to ne odobrava, narudžba se otkazuje i proces komisioniranja se dovodi svome kraju. U oba slučaja, ako su svi proizvodi dostupni ili nedostupni slijedi aktivnost komisioniranja (uz prijašnje navedeni korak ako svi proizvodi nisu dostupni).

Mapa procesa komisioniranja nalazi se na slici 7. koja vizualno prikazuje tijek procesa od njegovog početka sve do njegovog završetka.

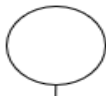
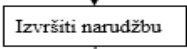
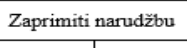
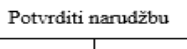
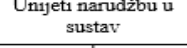
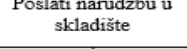
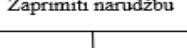
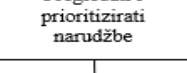
Slika 6. Prikaz procesa komisioniranja

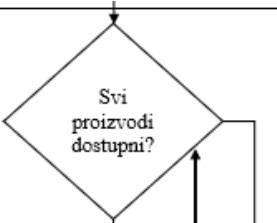
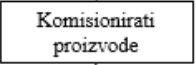
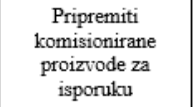


Izvor: Rad autora

Prikaz dokumentacije procesa komisioniranja nalazi se na tablici 1. Prikaz opisuje redosljed aktivnosti, opis aktivnosti, osobe odgovorne za pojedine aktivnosti, opis kritičnih točki te razina rizika pojedinih aktivnosti.

Tablica 1. Prikaz dokumentacije procesa komisioniranja

Redni broj	Procesna aktivnost	Opis aktivnosti	Odgovorni		Referentni dokument	Kritična točka	Rizik
			Odgovorni	Suodgovorni			
0.		Početak procesa					
1.		Kupac izvršava narudžbu samostalno ili preko trgovačkih putnika organizacije	Kupac	Trgovački putnici	Radna uputa broj 6, referentni broj PK 026/RU 6		1
2.		Odjel prodaje dobiva obavijest te zaprima narudžbu preko aplikacije	Voditelj prodaje	Zaposlenici u odjelu prodaje	Radna uputa broj 6, referentni broj PK 026/RU 6		1
3.		Odjel prodaje potvrđuje podatke kupca i tražene proizvode te njihove količine	Voditelj prodaje	Zaposlenici u odjelu prodaje	Radna uputa broj 6, referentni broj PK 026/RU 6		2
4.		Odjel prodaje unosi narudžbu i njen sadržaj unutar programa WMS-a (program Diglas)	Voditelj prodaje	Zaposlenici u odjelu prodaje	Radna uputa broj 6, referentni broj PK 026/RU 6		1
5.		Odjel prodaje šalje narudžbu unutar sustava u odjel skladišta	Voditelj prodaje	Zaposlenici u odjelu prodaje	Radna uputa broj 6, referentni broj PK 026/RU 6		1
6.		Odjel skladišta dobiva obavijest te zaprima narudžbu unutar WMS-a	Voditelj skladišta	Zaposlenici skladišta	Radna uputa broj 6, referentni broj PK 026/RU 6		1
7.		Odjel skladišta pregledava narudžbe te stvara listu prioriteta prema kojoj će se narudžbe redom komisionirati, počevši od najvišeg prioriteta	Voditelj skladišta	Zaposlenici skladišta	Radna uputa broj 6, referentni broj PK 026/RU 6		2

8.		Odluka odnosno potvrda jesu li svi proizvodi i tražene količine navedenih proizvoda	Voditelj skladišta	Zaposlenici skladišta	Radna uputa broj 6, referentni broj PK 026/RU 6	Ova točka odluke predstavlja kritičnu točku za cijeli proces zbog utjecaja na ispunjenje narudžbu. Ukoliko svi proizvodi nisu dostupni ili tražene količine nisu dostupne, slijedi kontaktiranje kupca što može utjecati na njegovo zadovoljstvo te općenito na uspjeh procesa isporuke. Također, ako se dostupnost pravovremeno ne provjeri, može doći do dodatnih troškova zbog potrebe za žurnim naručivanjem proizvoda ili žurnom proizvodnjom navedenog. Održavanje kvalitete usluge je također od ključne važnosti jer su određeni proizvodi ključni za određene kupce te nedostupnost tih proizvoda stvara nezadovoljstvo i nepovjerenje kupca u organizaciju.	4
9a.		Aktivnost koja slijedi ukoliko su svi proizvodi i tražene količine tih proizvoda dostupne. Komisioniranje proizvoda obavljaju skladištari koristeći uređaja na kojima se nalazi program WMS-a koji ih vodi kroz	Voditelj skladišta	Zaposlenici skladišta	Radna uputa broj 15, referentni broj PK 026/RU 15, radna uputa broj 6-1 referentni broj PK026/RU6-1	Ova aktivnost predstavlja kritičnu točku zbog mogućnosti u pogrešnom sakupljanju proizvoda što može rezultirati do grešaka u isporuci i povrat robe. Vrijeme potrebno za komisioniranje također ima utjecaj na pravovremenu isporuku.	4
10a.		Komisionirane proizvode koji se nalaze na europaletama postavljaju se na uređaju koji pomoću plastične folije zamotava i učvršćuje proizvode odnosno osigurava za paletu kako bi mogli biti transportirani	Voditelj skladišta	Zaposlenici skladišta	Radna uputa broj 15, referentni broj PK 026/RU 15, radna uputa broj 6-1 referentni broj PK026/RU6-1		2

11a.		Završetak procesa					
9b.		Aktivnost koja se odvija ukoliko proizvodi ili tražene količine proizvoda nisu dostupni. Odjel prodaje kontaktira kupca te obavještava kupca o nedostupnosti proizvoda.	Voditelj prodaje	Zaposlenici u odjelu prodaje	Radna uputa broj 15, referentni broj PK 026/RU 15, radna uputa broj 6-1 referentni broj PK026/RU6-1		1
10b.		Kupac je obavješten o nedostatku proizvoda ili nedostupnosti tražene količine proizvoda te odlučuje hoće li nastaviti s narudžbom.	Kupac		Radna uputa broj 15, referentni broj PK 026/RU 15, radna uputa broj 6-1 referentni broj PK026/RU6-1	Ova odluka utječe na proces komisioniranja te na zadovoljstvo kupca. Kupac je kontaktiran te mu je ponuđeno drugačije rješenje za njegovu narudžbu. Moguće je da kupac sa ponuđenim rješenjem neće biti zadovoljan te da će otkazati narudžbu. Ovo utječe na generalni uspjeh procesa komisioniranja te postoji rizik od gubitka komisioniranja.	4
11b(a).		Kupac odlučuje ne nastaviti s narudžbom te slijedi aktivnost otkazivanja narudžbe u kojoj odjel prodaje povlači narudžbu iz sustava odnosno briše narudžbu.	Voditelj prodaje	Zaposlenici u odjelu prodaje	Radna uputa broj 15, referentni broj PK 026/RU 15, radna uputa broj 6-1 referentni broj PK026/RU6-1		1
12b(a).		Završetak procesa					
11b(b).		Kupac odlučuje nastaviti s narudžbom te se narudžba ažurira to jest tražene se količine izjednačuju s dostupnim količinama te se traženi proizvodi usklađuju s dostupnim proizvodima	Voditelj prodaje	Zaposlenici u odjelu prodaje	Radna uputa broj 6, referentni broj PK 026/RU 6		1

Izvor: Rad autora

## 5.3. DMAIC analiza

### 5.3.1. Opis problema

Organizacija se suočava s problemom kroz pogreške u komisioniranju količina proizvoda i produžene vremenske periode za obradu određenih narudžbi. Ove poteškoće rezultiraju smanjenjem operativne učinkovitosti i nezadovoljstvom kupaca zbog odstupanja u traženim količinama proizvoda.

### 5.3.2. Faza definiranja

Zbog velike količine narudžbi i samih veličina narudžbi odnosno količine različitih proizvoda te količina tih proizvoda, manji broj zaposlenika nalazi se pod većim pritiskom te s time većom mogućnošću za komisioniranje krive količine proizvoda. Također, zbog istog razloga, nerijetki slučaj je manjak kontrole pripremljenih narudžbi koje su spremne na isporuku te kroz određeni vremenski period dolazi do krivo iskomisioniranih količina proizvoda što dovodi do nezadovoljstva kupaca.

Tablica 2. Projektna povelja

<b>Projektna povelja</b>				
<b>Ime projekta</b>		Poboljšanje procesa komisioniranja		
<b>Projektni menadžer</b>		Domagoj Vidović		
<b>Izvršni sponzor</b>		Domagoj Vidović		
<b>Projektni sponzor</b>		Domagoj Vidović		
<b>Opis projekta</b>		Projekt se fokusira na poboljšanje procesa komisioniranja pomoću definiranih parametara te simulacijom postojećeg procesa nakon čega slijedi analiza i prijedlog poboljšanja procesa.		
<b>Glavne isporuke projekta</b>	<i>Isporuka 1</i>			
	<i>Isporuka 2</i>			
	<i>Isporuka 3</i>			
	<i>Isporuka 4</i>			
	<i>Isporuka 5</i>			
	<i>Isporuka 6</i>			
<b>Projektni tim</b>				
<i>Ime</i>	<i>Uloga u</i>	<i>Pretpostavljeni</i>	<i>Informacije</i>	<i>Ostalo</i>
Domagoj Vidović				
<b>Upravljački odbor</b>				
<i>Ime i prezime prezime</i>	<i>Kontakt</i>			
Domagoj Vidović				
<b>Planirani početak projekta</b>				
01.08.2024.				
<b>Planirani završetak projekta</b>				
31.08.2024.				
<b>Definiranje problema</b>				
Unutar procesa komisioniranja dolazi do problema učinkovitosti odnosno progreshaka u komisioniranju poput krivo isporučene količine proizvoda kupcima ili oduljenog vremenskog perioda za komisioniranje. Također ovo stvara dodatni rizik u praksi te moguću dodjelu penala od drugih organizacija zbog navedenih progreshaka koji imaju utjecaj na te iste.				

Izvor: Rad autora

Tablica 1. prikazuje projektnu povelju koja navodni ime projekta, projektnog menadžera, početak projekta, završetak projekta, projektni tim i upravljački odbor kao i definiranje problema. Projektna povelja označava prvi korak projekta. U tablici 2. prolazi se kroz definiranje opsega projekta.

Tablica 3. Definiranje opsega projekta

<b>Definiranje opsega projekta</b>	
<b>Unutar opsega projekta</b>	<b>Izvan opsega projekta</b>
Analiza trenutnog procesa komisioniranja	Računovodstvo
Mjerenje i analiza rezultata	Financije
Kontrola skladišta	Prodaja
Praćenje aktivnosti unutar sustava	Marketing
Kreiranje jasnog uvida svih aktivnosti (brojčano i pisano) unutar definiranog procesa	Redizajn transportne mreže izvan skladišta
Uvid u statistiku	Poboljšanje drugih logističkih procesa
Suradnja s odjelima logistike i IT-a	Širenje simulacije na druge odjele ili skladišta
Simulacija različitih scenarija poboljšanja	Reedukacija zaposlenika
Obuka i testiranje novog procesa	Implementacija promjena u svim skladištima
Dokumentacija i izvještavanje	Promjena u sustavu upravljanja zalihama
	Fizičko restrukturiranje skladišta

*Izvor: Rad autora*

Opseg projekta obuhvaća sve aktivnosti, zadatke i isporuke koje su potrebne za postizanje ciljeva projekta. To uključuje jasno definiranje što je uključeno u projekt, kao i što nije, čime se sprječava nejasnoća i usporavanje. Jasno definiranje opsega pomaže u usklađivanju očekivanja svih dionika, pravilnom alokaciji resursa i planiranju potrebnih aktivnosti. Unutar opsega projekta nalaze se svi elementi koji su izričito uključeni u provedbu projekta. To uključuje specifične aktivnosti i zadatke koji su nužni za isporuku rezultata projekta. S druge strane, van opsega projekta nalaze se aktivnosti i zadaci koji nisu uključeni u projekt, iako se mogu činiti povezani. Definiranje što je van opsega pomaže u očuvanju fokusa na ciljeve i sprječava proširenje opsega.

Tablica 4. Glas zainteresiranih strana

<b>Glas zainteresiranih strana (VOS)</b>			
Redni broj	Tko? (zainteresirana strana)	Što? (zahtjev)	Značaj
1.	Kupci	Isporuka robe u točnoj količini, točnom vrstom proizvoda i pravovremeno	9
2.	Organizacija	Povećanje efikasnosti i produktivnosti	8
3.	Zaposlenici	Poboljšanje radnih uvjeta	7
4.	Država	Poštivanje radnih prava i zakona	5

Izvor: Rad autora

Tablica 3. koja prikazuje tablicu glasa zainteresiranih strana je osnovni alat u upravljanju projektima koji pomaže u identificiranju i razumijevanju potreba i interesa svih relevantnih dionika. Ovaj alat omogućuje timu da učinkovito planira i upravlja projektom tako što pruža pregled zahtjeva i njihovih prioriteta. U osnovi, tablica glasa zainteresiranih strana sastoji se od tri glavna stupca: tko su zainteresirane strane, njihovi zahtjevi i značaj tih zahtjeva. Ova tablica pomaže pri usmjeravanju projektnih aktivnosti i resursa prema ključnim zahtjevima i prioritetima čime se osigurava uspješno upravljanje projektom.

### 5.3.3. Faza mjerenja

Kroz svoje praktično iskustvo te uz pomoć voditelja skladišta i rukovoditelja logistike sakupio sam informacije o prosječnom vremenu za komisioniranje jedne narudžbe, prosječno vrijeme zaprimanje narudžbe, pregledavanje i prioritiziranje narudžbi, ažuriranje narudžbi, otkazivanje narudžbi, pripremi komisioniranih narudžbi za isporuku i kontaktiranje kupca. Uz pomoć navedenih podataka se može kreirati što preciznija simulacija koja će pobliže prikazati što se događa u stvarnom vremenu. Ovi podaci nalaze se u tablicama u nastavku.



Tablica 5. Prosječno vrijeme trajanja zaprimanja narudžbi

Zaprimanje narudžbi	Vrijeme trajanje aktivnosti
	4.5 min
	5.5 min
	6 min
	4 min
	5 min
	3.5 min
	6.5 min
	5 min
	4.5 min
	5.5 min
Prosječno vrijeme:	5 min

Izvor: Rad autora

Iz tablice 4. dobivamo podatak kako prosječno trajanje aktivnosti zaprimanja narudžbi traje pet minuta. Podatak je dobiven mjerenjem vremena potrebnog za izvršavanje ove aktivnosti te se izračunalo prosječno vrijeme trajanja aktivnosti.

Tablica 6. Prosječno vrijeme trajanja pregleda i prioritiziranja narudžbi

Pregledati i prioritizirati narudžbi	Vrijeme trajanje aktivnosti
	2.5 min
	3.5 min
	2 min
	4 min
	3 min
	3.5 min
	2.5 min
	3 min
	2 min
	4 min
Prosječno vrijeme:	3 min

Izvor: Rad autora

Iz tablice 5. dobivamo podatak kako prosječno trajanje aktivnosti pregledavanja i prioritiziranja narudžbi traje tri minute. Podatak je dobiven mjerenjem vremena potrebnog za izvršavanje ove aktivnosti te se izračunalo prosječno vrijeme trajanja aktivnosti.

Tablica 7. Prosječno vrijeme aktivnosti komisioniranja proizvoda

Komisionirati proizvode	Vrijeme trajanje aktivnosti
	9.2 min
10.8 min	
7.6 min	
12.1 min	
9.9 min	
11.4 min	
10.3 min	
8.7 min	
10.5 min	
9.5 min	
<b>Prosječno vrijeme:</b>	<b>10 min</b>

Izvor: Rad autora

Iz tablice 6. dobivamo podatak kako prosječno trajanje aktivnosti komisioniranja proizvoda traje deset minuta. Podatak je dobiven mjerenjem vremena potrebnog za izvršavanje ove aktivnosti te se izračunalo prosječno vrijeme trajanja aktivnosti.

Tablica 8. Prosječno vrijeme trajanja pripreme robe za isporuku

Pripremiti komisionirane proizvode za isporuku	Vrijeme trajanje aktivnosti
	1.2 min
8.7 min	
3.4 min	
6.9 min	
2.1 min	
9.3 min	
4.8 min	
5.5 min	
7.6 min	
0.5 min	
<b>Prosječno vrijeme:</b>	<b>5 min</b>

Izvor: Rad autora

Iz tablice 7. dobivamo podatak kako prosječno trajanje aktivnosti pripreme komisioniranih proizvode za isporuku traje pet minuta. Podatak je dobiven mjerenjem vremena potrebnog za izvršavanje ove aktivnosti te se izračunalo prosječno vrijeme trajanja aktivnosti.

Tablica 9. Prosječno vrijeme trajanja aktivnosti kontaktiranja kupca

Kontaktirati kupca	Vrijeme trajanje aktivnosti
	1.2 min
	8.6 min
	4.0 min
	6.7 min
	2.3 min
	9.1 min
	3.8 min
	7.5 min
	5.4 min
	1.4 min
Prosječno vrijeme:	5 min

Izvor: Rad autora

Iz tablice 8. dobivamo podatak kako prosječno trajanje aktivnosti kontaktiranja kupca traje pet minuta. Podatak je dobiven mjerenjem vremena potrebnog za izvršavanje ove aktivnosti te se izračunalo prosječno vrijeme trajanja aktivnosti. Ovdje je bitno za nadodati kako kontakt s kupcem može trajati jako kratko odnosno kupca je potrebno samo obavijestiti o promjeni te kupac može potvrditi ili odbiti obaviještenu promjenu, ali isto tako razgovor s kupcem može potrajati dulje od prosjeka ukoliko je potreban dodatni dogovor.

Tablica 10. Prosječno vrijeme trajanja aktivnosti otkazivanja narudžbi

Otkazivanje narudžbi	Vrijeme trajanje aktivnosti
	0.3 min
	2.4 min
	1.1 min
	0.7 min
	1.6 min
	0.2 min
	1.5 min
	0.9 min
	1.3 min
	0.9 min
Prosječno vrijeme:	1 min

Izvor: Rad autora

Iz tablice 9. dobivamo podatak kako prosječno trajanje aktivnosti otkazivanja narudžbi traje jednu minutu. Podatak je dobiven mjerenjem vremena potrebnog za izvršavanje ove aktivnosti te se izračunalo prosječno vrijeme trajanja aktivnosti.

Tablica 11. Prosječno vrijeme trajanja aktivnosti ažuriranja narudžbi

Ažurirati narudžbu	Vrijeme trajanje aktivnosti
	1.5 min
	2.2 min
	1.8 min
	2.5 min
	1.9 min
	2.3 min
	2.1 min
	1.7 min
	2.4 min
	1.6 min
Prosječno vrijeme:	2 min

Izvor: Rad autora

#### 5.3.4. Faza analize

Pareto dijagram je alat koji se koristi za vizualizaciju i analizu podataka kako bi se identificirali najvažniji faktori u određenom procesu. Temelji se na Pareto principu, poznatom i kao pravilo 80/20, koje sugerira da otprilike 80% problema ili učinaka dolazi od 20% uzroka. Uz prepoznavanje problema, Pareto dijagram je koristan u postavljanju prioriteta. Kada se identificiraju ključni uzroci, lakše je donijeti odluku o tome gdje treba usmjeriti najviše napora kako bi se postigli najbolji rezultati. Na taj način organizacije mogu učinkovitije trošiti svoje resurse, bilo da se radi o vremenu, financijama ili radnoj snazi. Fokusiranjem na najvažnije uzroke problema mogu se postići značajni pomaci u optimizaciji poslovanja ili poboljšanju procesa. Unutar faze analiziranja, prvi korak je izrada Pareto dijagrama kako bi otkrili koji problem je najučestaliji. Umjesto rada s kompleksnim brojčanim podacima, dijagram omogućuje vizualni prikaz koji kombinira histogram i kumulativnu krivulju. Ovaj vizualni format olakšava razumijevanje podataka i brzo prepoznavanje ključnih čimbenika, što je posebno korisno za timove koji trebaju donositi brze i informirane odluke. Tablica 10. prikazuje tablicu Pareto dijagrama, greške, njihovu učestalost to jest frekvenciju, postotak od ukupnog zbroja grešaka te kumulativ postotka.

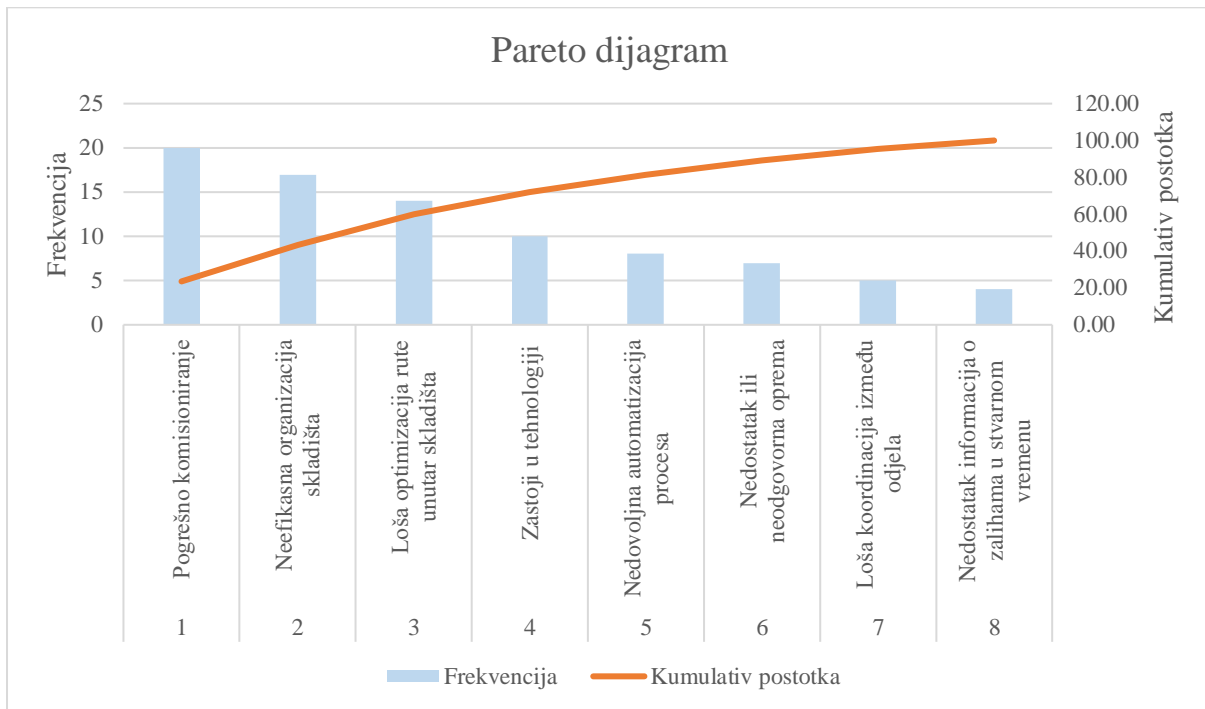
Tablica 12. Tablica Pareto dijagrama

Redni broj	Podatak	Frekvencija	Postotak	Kumulativ postotka
1	Pogrešno komisioniranje	20	23,53	23,53
2	Neefikasna organizacija skladišta	17	20,00	43,53
3	Loša optimizacija rute unutar skladišta	14	16,47	60,00
4	Zastoji u tehnologiji	10	11,76	71,76
5	Nedovoljna automatizacija procesa	8	9,41	81,18
6	Nedostatak ili neodgovorna oprema	7	8,24	89,41
7	Loša koordinacija između odjela	5	5,88	95,29
8	Nedostatak informacija o zalihama u stvarnom vremenu	4	4,71	100,00

Izvor: Rad autora

U prikazanoj tablici možemo izvući podatak kako je pogrešno komisioniranje najučestaliji problem unutar pareto dijagrama. Nakon prikaza u tablici, slijedi korak grafičkog prikaza kako bi se moglo vizualno prikazati što se točno događa s dobivenim informacijama. Na tablici 11. se nalazi grafički prikaz Pareto dijagrama.

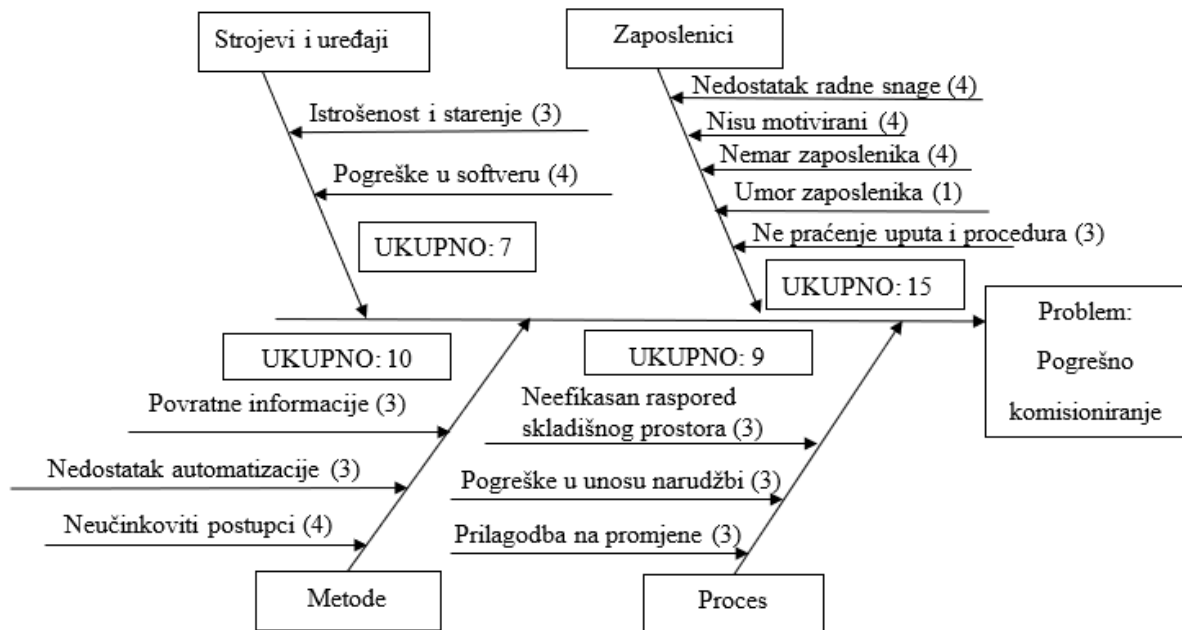
Tablica 13. Prikaz Pareto dijagrama



Izvor: Rad autora

Kao što je prije navedeno, najučestaliji problem je pogrešno komisioniranje. S ovim podatkom nastavljamo razvijati analizu u kojoj je sljedeći korak izrada Ishikawa dijagrama. Ishikawa dijagram, također poznat kao dijagram riblje kosti, je alat za analizu uzroka i posljedica. Ovaj alat je osmislio japanski profesor Kaoru Ishikawa koji je bio stručnjak za upravljanje kvalitetom. Dijagram je prvi put predstavljen 1960-ih. To je vizualni alat koji prikazuje sve moguće uzroke problema ili učinka u obliku dijagrama s "kostima" koje izlaze iz glavne "kičme". Služi za identifikaciju, organiziranje i analizu uzroka problema kako bi se poboljšali procesi i riješili problemi. Pomaže u razumijevanju složenosti problema i usmjeravanju na ključne uzroke, ali također promovira timsku suradnju, zajedničko razmišljanje, podjelu odgovornosti, povezivanje uzroka i posljedice te kolektivno donošenje odluka. Tablica 13. prikazuje Ishikawu dijagram koja se bazira na najučestalijem problemu iz Pareto dijagrama koji je pogrešno komisioniranje.

Tablica 14. Prikaz Ishikawa dijagrama

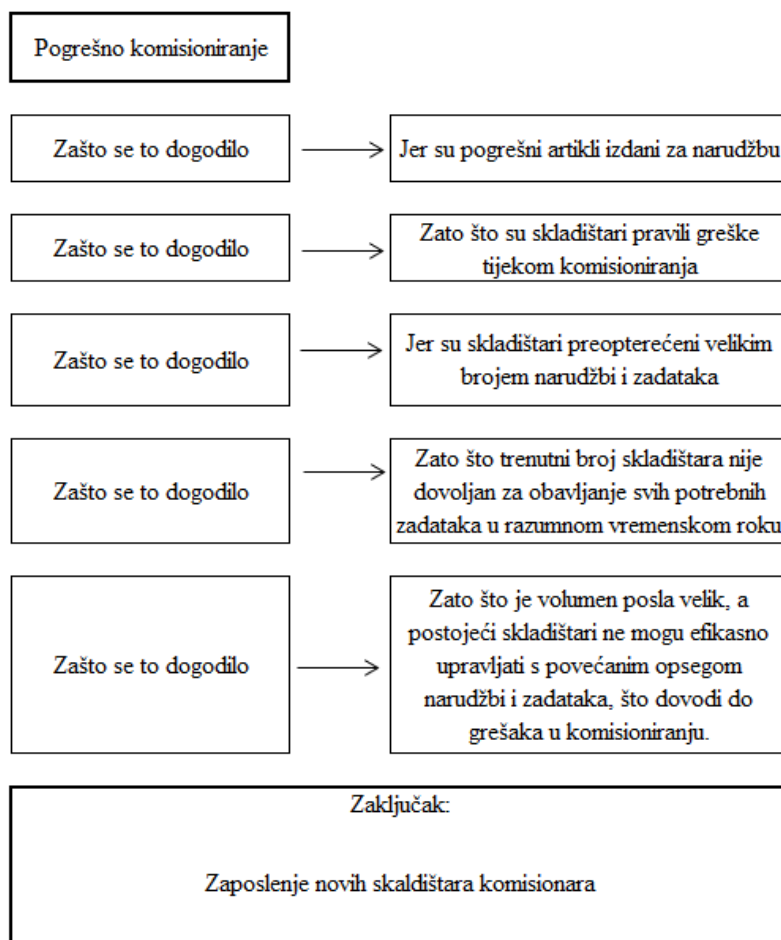


Izvor: Rad autora

Rezultati Ishikawa dijagrama pokazuju kako najveći utjecaj na problem pogrešnog komisioniranja imaju zaposlenici. Stavke koje se nalaze unutar kategorije zaposlenika su: nedostatak radne snage, zaposlenici nisu motivirani, nemar zaposlenika, umor zaposlenika, ne praćenje uputa i procedura. Kada pregledamo naputke koji se nalaze u kategoriji Zaposlenici, uočavamo kako najveći udio odnosno naputak oko čega se ostatak naputaka nadograđuju je nedostatak radne snage. Sljedeći korak je provesti navedeni problem kroz alat koji se zove pet zašto. To je tehnika koja uključuje postavljanje pitanja "zašto?" pet puta kako bi se dublje razumio uzrok problema i pronašlo njegovo osnovno rješenje. Svrha "5 zašto" je identificirati i razumjeti osnovni uzrok problema kako bi se mogli primijeniti trajni popravci, a ne samo privremena rješenja. Ova metoda pomaže u rješavanju problema u različitim procesima i organizacijama. Postavljanjem pitanja zašto potiče se detaljnije razmišljanje i analizu umjesto da se nastali problemi površinski rješavaju. Razumijevanjem osnovnih uzroka, organizacije mogu implementirati kvalitetna rješenja kako bi se problem spriječio od ponavljanja ili barem minimizirao. Tablica 14. prikazuje alat pet zašto.

Tablica 15. Prikaz alata 5 zašto

## 5 zašto



Izvor: Rad autora

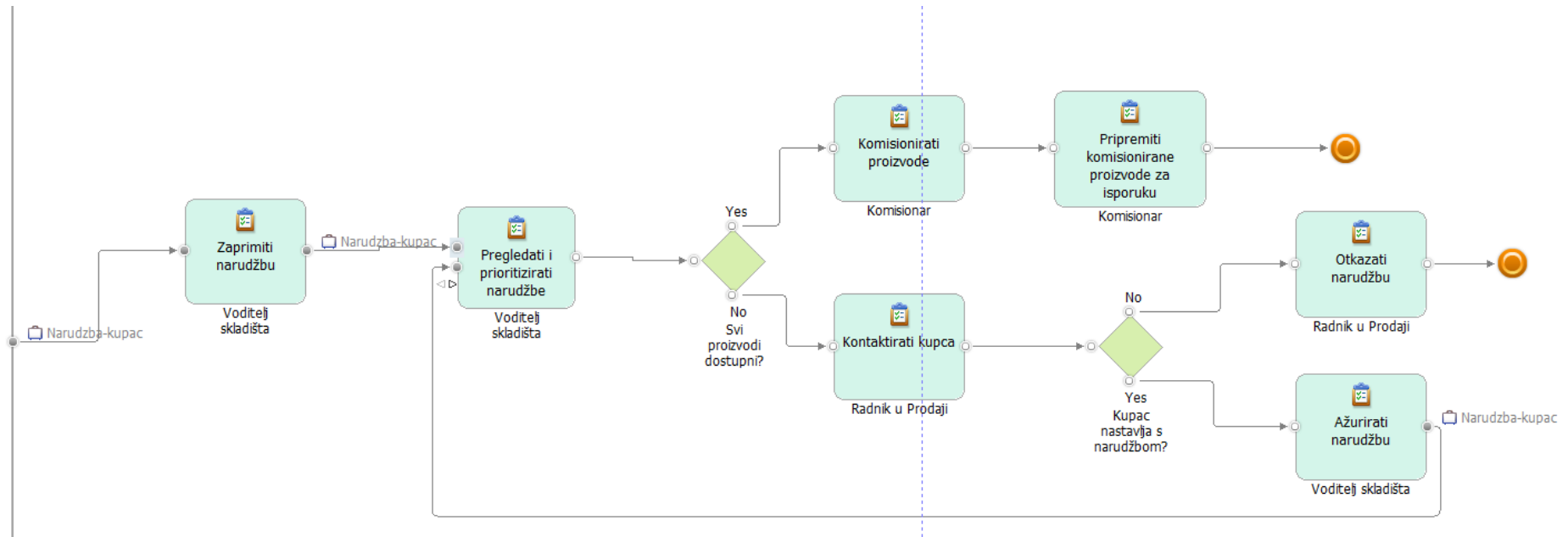
Kao zaključak provedene analize, zaposlenje novih skladištara komisionara je prijedlog koji se predlaže kako bi se smanjio utjecaj zaposlenika na problem pogrešnog komisioniranja. Ovo je zadnji korak odnosno korak koji zaključuje provedenu DMAIC analizu. U nastavku rada će se provesti primjena softvera IBM Websphere Modeler koji će doneseni zaključak sa svim dostupnim podacima sprovesti u simulaciju.

### 5.4. Primjena IBM WebSphere Modeler u optimizaciji procesa komisioniranja

Prvi korak prema potvrdi ili negiranju navedenog zaključka (zaposlenje novih skladištara komisionara) je stvaranje i simuliranje trenutnog stanja procesa odnosno dio procesa koji okružuje navedenu aktivnost. Unosimo podatke s kojima raspolažemo u softver program te stvaramo trenutno stanje simulacije. Slika 7. prikazuje trenutno stanje procesa te osobe koje su zadužene za izvršavanje pojedinih aktivnosti unutar tog istog procesa.



Slika 7. Prikaz trenutnog stanja procesa unutar IBM WebSphere Modelera



Izvor: Rad autora

Budući da zaključak provedene DMAIC analize nije povezan sa promjenom cijelog procesa, već samo dodavanja dodatne osobe to jest zapošljavanje dodatnog broja radnika, izgled procesa se neće promijeniti već će fokus biti na statistici. U prvom slučaju simuliramo trenutno stanje. Na slici 7. prikazan je izgled trenutnog stanja procesa komisioniranja.

Tablica 16. Rezultati simulacije trenutnog stanja procesa

	Početak simulacije	Završetak simulacije	Generiranih narudžbi	Zaključenih narudžbi	Prosječno vrijeme trajanja	Prosječni trošak
Komisioniranje AS IS	2024. rujan 09. 06:30:00 GMT+1	2024. rujan 13. 12:03:01 GMT+1	150	150	3 dana 1 sat 45 minuta 53 sekunde	2,241 EUR

Izvor: Rad autora

Tablica 15. prikazuje rezultate simulacije trenutnog stanja. Informacije koje dobivamo su sljedeće: početak simulacije, završetak simulacije, generirane narudžbe, zaključene narudžbe, prosječno vrijeme trajanja i prosječni trošak procesa. Generirano je stopedeset narudžbi te je vrijeme trajanja obrade tih istih trebalo otprilike tri dana. Broj komisionara koji sudjeluje u procesu komisioniranja je jedan, dok je osoba odgovorna za taj proces (voditelj skladišta) također jedan u broju. Radnik u prodaji ima količinsku vrijednost jedan. Prosječni trošak pojedinačnog procesa ima vrijednost od 2,241EUR. Tablica 15. prikazuje osnovne informacije o procesu, a sljedeći korak je detaljniji uvid te izvlačenje dodatnih informacija pomoću kojega organizacija može dobiti bolji uvid u stanje. Tablica 16. prikazuje detaljniji prikaz simulacije.

Tablica 17. Detaljan prikaz simulacije na temelju jednog dana

Početak procesa	Završetak procesa	Ukupni trošak
2024. rujan 09 06:30:00 GMT+1	2024. rujan 09 07:18:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 09 06:33:00 GMT+1	2024. rujan 09 07:53:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 09 06:36:00 GMT+1	2024. rujan 09 08:28:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 09 06:39:00 GMT+1	2024. rujan 09 09:13:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 09 06:42:00 GMT+1	2024. rujan 09 10:08:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 09 06:45:00 GMT+1	2024. rujan 09 10:43:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 09 06:48:00 GMT+1	2024. rujan 09 11:18:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 09 06:51:00 GMT+1	2024. rujan 09 12:13:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 09 06:54:00 GMT+1	2024. rujan 09 12:58:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 09 06:57:00 GMT+1	2024. rujan 09 13:33:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 09 07:00:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:33:01 GMT+1	2,207 EUR

Izvor: Rad autora

Vrijeme trajanja procesa, ukoliko nema zastoja ili povratnih petlji te sličnih prepreka traje osamnaest minuta. U tablici 16. prikazano je kako već kod prvog primjera dolaska narudžbe proces kasni odnosno proces traje 48 minuta. Razlog tome je što narudžbe stižu brže nego što komisionar uspije izvršiti odnosno završiti prvu narudžbu odnosno komisionar ne stigne pripremiti komisionirane proizvode za isporuku (posljednja aktivnost) već treba započeti sa sljedećom narudžbom, a pripremu za isporuku obavlja u slobodnom vremenu koje se stvori između aktivnosti. Ovaj uzorak se zatim ponavlja te vrijeme potrebno za završavanje jednog procesa postane dulje od šest sati kao rezultat gomilanja narudžbi, a radna snaga odnosno količina komisionara nije dovoljna kako bi se proces kretao prema previđanjima. U konačnici, rezultat gomilanja narudžbi bez dovoljne količine radne snage je taj da određeni kupci moraju ili čekati na svoje narudžbe ili pak, u praksi (u realnom okruženju), radnici će trebati ostajati prekovremeno kako bi nadomjestili sve zaostatke te kako kupci ne bi morali čekati zbog navedenog problema. Također treba uzeti u obzir da je generirano 150 narudžbi koji predstavlja određeni optimalni prosjek odrađenih narudžbi po danu, a prema rezultatima simulacije se vidi kako broj završenih narudžbi u jednom danu je 10 iz razloga nevedenog. Uzveši u obzir problem broja zaposlenika komisionara, sljedeći korak je simulacija istog procesa, ali se nadodaje još jedan zaposlenik komisionar te se sagledavaju rezultati simulacije. Tablica 17. prikazuje rezultate sljedeće simulacije.

*Tablica 18. Rezultati simulacije nakon nadodanog jednog zaposlenika komisionara*

	Početak simulacije	Završetak simulacije	Generiranih narudžbi	Zaključenih narudžbi	Prosječno vrijeme trajanja	Prosječni trošak
Komisioniranje TO BE	2024. rujana 10 06:30:00 GMT+1	2024. rujana 11 07:07:30 GMT+1	150	150	3 sata 44 minute 20 sekundi	1,117 EUR

*Izvor: Rad autora*

U slučaju simulacije u kojoj organizacije zapošljava još jednog zaposlenika komisionara (ukupno dva zaposlenika komisionara), rezultati simulacije su značajno drugačiji. Prosječno vrijeme trajanja pada na tri sata i četrdeset minuta, a svih stopedeset narudžbi riješeno je od 10. rujna u 06:30 sati do 11. rujna u 07:07 sati. Prosječni trošak također pada na 1,117 EUR. Potreban je detaljniji uvid kako bi se vidjeli sami razvoji procesa. Tablica 18. prikazuje uzorak simulacije.

Tablica 19. Prikaz simulacije uz dva zaposlenika komisionara

Početak procesa	Završetak procesa	Ukupni trošak
2024. rujan 10 06:30:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:48:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 06:33:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:19:10 GMT+1	2,939 EUR
2024. rujan 10 06:36:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:54:03 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 06:39:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:57:04 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 06:42:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:05:05 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 06:45:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:08:07 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 06:48:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:11:07 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 06:51:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:16:09 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 06:54:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:22:10 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 06:57:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:25:11 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 07:00:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:28:13 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 07:03:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:31:14 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 07:06:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:34:14 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 07:09:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:37:15 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 07:12:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:40:17 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 07:15:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:43:18 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 07:18:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:46:18 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 07:21:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:49:19 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 07:24:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:52:21 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 07:27:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:55:22 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 07:30:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:58:22 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 07:33:00 GMT+1	2024. rujan 10 08:01:23 GMT+1	0,402 EUR

Izvor: Rad autora

U drugom slučaju, slučaju simulacije sa dodatnim zaposlenikom (ukupno dva), broj izvršenih narudžbi u jednome danu je 103 narudžbi. Kada se ova brojka uspoređi s brojem izvršenih narudžbi u procesu u kojem je dostupan samo jedan zaposlenik komisionar, uočava se izraziti skok. U prvoj stvaci proces traje točno 18 minuta kao što je i predviđeno, dok je prosjek trajanja procesa 30 minuta. Prema informacijama i podacima utvrđenim iz simulacije sa jednim dodatnim zaposlenikom, zaključak je taj da bi organizacija trebala zaposliti minimalno jednog zaposlenika komisionara uz zaposlenika koji je već zaposlen u organizaciji (ukupno dva). Što se samoga troška tiče, potrebno je naglasiti kako on raste za jednu plaću odnosno raste za plaću jednog novog zaposlenika.

Sljedeći korak je simulacija sa dva dodatna zaposlenika odnosno kako će se rezultati promijeniti ukoliko organizacija zaposli još dva zaposlenika komisionara uz već jednog zaposlenika (ukupno tri zaposlenika komisionara). Provedena simulacija sa dodatna dva zaposlenika odnosno njeni rezultati nalaze se u tablici 19.

Tablica 20. Rezultati simulacije nakon nadodanih dva zaposlenika komisionara

	Početak simulacije	Završetak simulacije	Generiranih narudžbi	Zaključenih narudžbi	Prosječno vrijeme trajanja	Prosječni trošak
Komisioniranje TO BE	2024. rujan 10 06:30:00 GMT+1	2024. rujan 11 07:22:30 GMT+1	150	150	4 sata 35 minuta	1,359 EUR

Izvor: Rad autora

Rezultati simulacije sa tri zaposlenika prikazuju optimalne rezultate kao što to detaljnije možemo vidjeti u tablici 20.

Tablica 21. Prikaz simulacije uz tri zaposlenika komisionara

Početak procesa	Završetak procesa	Ukupni trošak
2024. rujan 10 06:30:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:48:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 06:33:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:51:02 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 06:36:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:54:03 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 06:39:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:57:04 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 06:42:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:00:05 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 06:45:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:03:06 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 06:48:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:06:07 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 06:51:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:09:08 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 06:54:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:12:09 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 06:57:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:15:10 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 07:00:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:18:11 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 07:03:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:21:12 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 07:06:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:24:13 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 07:09:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:27:14 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 07:12:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:30:15 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 07:15:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:33:16 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 07:18:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:36:17 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 07:21:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:50:21 GMT+1	3,476 EUR

Izvor: Rad autora

Potrebno vrijeme za komisioniranje odnosno za izvršavanje jednog procesa je 18 minuta. Ovo je optimalno vrijeme i vrijeme koje je zadano kao trajanje jednog procesa. Prema uzorku iz jednog dana može se utvrditi kako su tri zaposlenika optimalna za aktivnost komisioniranja u procesu komisioniranja dok je ukupni broj izvršenih procesa to jest izvršenih narudžbi unutar jednog dana 130. Također je potrebno napomenuti kako odstupanja od optimalnog vremena za proces ne znači nužno zastoje ili čekanje, već da neke narudžbe trebaju biti ažurirane te je potrebno kontaktirati kupca. Ova spoznaja ne vrijedi samo za ovu simulaciju, već i za sve simulacije koje se nalaze u ovome radu. Premda tri zaposlenika predstavljaju optimalni broj

zaposlenika potrebnih da se izvrši prosječni broj zaprimljenih narudžbi dnevno, zbog istraživačkih razloga je potrebno dobiti uvid u rezultate simulacije sa četiri zaposlenika odnosno rezultate simulacije sa jednim zaposlenikom i još tri nova zaposlenika komisionara. Rezultati ove simulacije nalaze se u tablici 21.

Tablica 22. Rezultati simulacije nakon nadodana tri zaposlenika komisionara

	Početak simulacije	Završetak simulacije	Generiranih narudžbi	Zaključenih narudžbi	Prosječno vrijeme trajanja	Prosječni trošak
simuliranje TO BE	2024. rujan 10 06:30:00 GMT+1	2024. rujan 11 06:42:30 GMT+1	150	150	2 sata 49 minuta 10 sekundi	1,532 EUR

Izvor: Rad autora

Usporedbom simulacija iz tablice 21. i tablice 19. (simulacija s tri zaposlenika i s četiri zaposlenika), dolazi do promjena, ali ne znatnih. Prosječni trošak se povećao i razloga što smo u proces doveli još jednog zaposlenika. Pregledom detaljnijeg prikaza zadnje obrađene simulacije moći će se utvrditi kolike su promjene zapravo. Prikaz se nalazi u tablici 22.

Tablica 23. Prikaz simulacije uz četiri zaposlenika komisionara

Početak procesa	Završetak procesa	Ukupni trošak
2024. rujan 10 06:30:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:48:01 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 06:33:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:51:02 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 06:36:00 GMT+1	2024. rujan 10 06:54:03 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 06:39:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:08:07 GMT+1	1,671 EUR
2024. rujan 10 06:42:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:00:05 GMT+1	1,606 EUR
2024. rujan 10 06:45:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:03:06 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 06:48:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:11:07 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 06:51:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:14:09 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 06:54:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:17:09 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 06:57:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:20:11 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 07:00:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:40:16 GMT+1	3,476 EUR
2024. rujan 10 07:03:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:26:13 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 07:06:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:29:13 GMT+1	1,004 EUR
2024. rujan 10 07:09:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:34:15 GMT+1	2,207 EUR
2024. rujan 10 07:12:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:37:15 GMT+1	0,402 EUR
2024. rujan 10 07:15:00 GMT+1	2024. rujan 10 07:43:18 GMT+1	1,606 EUR

Izvor: Rad autora

Simulacija s ukupno tri zaposlenika i s ukupno četiri zaposlenika nema velikih promjena u kontekstu vremena potrebno za obavljanje procesa. Broj obrađenih narudžbi se u obje simulacije kreće u okviru 130 narudžbi po danu. Prosječno vrijeme procesa kreće se u okviru dvadeset do trideset minuta što ne donosi znatne prepreke uzeći u obzir da u praksi, pa tako i u

simulaciji, postoje odstupanja odnosno (npr.) određeni će se broj narudžbi morati ažurirati te će kupac pritom morati biti obaviješten.

Zaključno, na temelju obrađenih simulacija i analiza, optimalan broj zaposlenika koje bi organizacija trebala dodatno zaposliti je dva odnosno organizacija bi trebala imati ukupno tri zaposlenika koja bi se trebala baviti isključivo radom komisioniranja kako bi proces i vrijeme trajanja procesa bio optimalan te kako bi isti navedeni proces bio učinkovit. Bitno je naglasiti kako je sama struktura procesa optimalna te nije potrebno mijenjati redoslijed aktivnosti ili nadodavati dodatne aktivnosti među već postojećim. Također, potrebno je napomenuti kako rezultat simulacije prikazuje optimalan broj zaposlenika koji je potreban kako bi i sam proces bio optimalan. Zaposlenici imaju pravo na godišnji odmor, imaju pravo na bolovanje te uz to dinamički sustav nije stranac izvanrednim situacijama. Zbog navedenog, organizacija ne bi napravila grešku ukoliko bi zaposlila još jednog zaposlenika (ukupno četiri komisionara) kad bi računala na izvanredne situacije ili periode godišnjih odmora gdje bi mogla određeni vremenski period poslovati sa zaposlenikom manje. Međutim, zaključak ovog rada je, kao i već navedeno, da bi organizacija trebala raspolagati s tri zaposlenika komisionara.

## **6. Diskusija**

Rezultati simulacije trenutnog stanja pokazale su usko grlo kod aktivnosti komisioniranja i pripreme proizvoda za isporuku što ide u korist s prijašnje odrađenom DMAIC analizom i njenim rezultatima. Usko grlo je nastalo iz razloga manjka zaposlenika odnosno manjka radne snage. Zbog manjka radne snage, u trenu kada aktivnost komisioniranja započinje, zaposlenik nema vremena završiti proces (pripremiti komisionirane proizvode za isporuku) jer već na red dolazi sljedeća narudžba. U praksi, zaposlenik odradi aktivnost komisioniranja, ali proces pripreme komisionirane robe se odgađa zbog navedenog razloga. S druge strane, ovaj korak u simulaciji, pa i u praksi, označava da proces nikada nije dovršen odnosno traje nekoliko puta dulje nego predviđeno zbog stvaranja uskog grla i odgode. Simulacija s dodatnim zaposlenikom dovodi velike promjene iz razloga što zaposlenici odrađuju više narudžbi što znači da imaju veći protok, a zbog toga se pritisak uskog grla smanjuje i proces komisioniranja dolazi do stabilnije regulacije. Međutim, usko grlo i dalje postoji te s vremenom to isto usko grlo stvara veći pritisak naspram simulacije trenutnog stanja (s jednim zaposlenikom komisionarom) gdje se usko grlo može, prema rezultatima, brže uočiti. Simulacija s dodatna dva zaposlenika, tri ukupno, donosi optimalne rezultate. Navedeno je kako proces komisioniranja, koji nema odgađanja ili dodatnih prepreka (proizvod nedostupan ili količinski nedostupan) traje osamnaest minuta. Potrebno je uzeti u obzir kako u realnom okruženju

postoje odstupanja, pa tako i u simulaciji. Rezultati simulacije s tri zaposlenika komisionara ukupno donose potrebno optimalno rješenje koje je potrebno simulaciji kako bi njen proces bio efikasan i učinkovit. Zadnja simulacija, simulacija s dodatna tri (ukupno četiri) zaposlenika komisionara ne donosi znatne promjene u vremenu, ali ono što ovu simulaciji čini ne optimalnom je stvaranje „nepotrebnog troška“, odnosno, vrijeme trajanja procesa komisioniranja i rezultati procesa se ne mijenjaju, ali trošak procesa raste u kontekstu dodatnog zaposlenika od optimalnog. Međutim, kao što je navedeno i u prethodnom poglavlju, ukoliko organizacija odluči zaposliti dodatna tri zaposlenika (ukupno četiri zaposlenika komisionara), dolazi do pitanja koliki je to uistinu „višak“ budući da zakon Republike Hrvatske osigurava godišnje odmore prema Zakonu o radu, bolovanja, te također treba uzeti u obzir izvanredne situacije zbog kojih organizacija može određeni period ili na dulje vrijeme ostati bez jednog zaposlenika. U praksi to znači da, ako organizacija raspolaže s tri zaposlenika komisionara (optimalni broj), a zbog izvanredne situacije jedan zaposlenik privremeno napusti organizaciju, ovo ostavlja organizaciju s dva zaposlenika što nije optimalan broj radne snage kako bi proces mogao biti učinkovito proveden. S druge strane, ako organizacija ima četiri zaposlenika komisionara na raspolaganju, izvanredni odlazak (ili redovni odlazak) jednog zaposlenika neće usporiti rad ili stvoriti usko grlo na aktivnosti komisioniranja budući da bi organizacija u tom slučaju imala tri zaposlenika komisionara koji je optimalni broj kako bi proces također bio optimalan.



## **7. Zaključak**

Logistika je važna jer omogućava učinkovito upravljanje protokom dobara, usluga i informacija između proizvođača i krajnjih korisnika, što direktno utječe na brzinu i kvalitetu isporuka. Pomaže u smanjenju troškova skladištenja i transporta, čime poboljšava profitabilnost organizacija. Također, logistika omogućava optimizaciju resursa i minimiziranje zastoja, što povećava ukupnu operativnu efikasnost. Uz navedeno, logistika poboljšava zadovoljstvo kupaca pružajući im pravovremene i pouzdane usluge. Simulacija i softveri za simulaciju značajno unapređuju logistiku i organizacije općenito na nekoliko načina. Prvo, omogućavaju precizno modeliranje i analizu različitih scenarija što pomaže u identifikaciji optimalnih rješenja za distribuciju resursa, smanjenje troškova i poboljšanje učinkovitosti operacija. Drugo, pomažu u predviđanju i upravljanju potencijalnim problemima prije nego se jave u stvarnom okruženju, čime se smanjuje rizik od skupo plaćenih grešaka. Treće, omogućuju bržu prilagodbu strategija i procesa na temelju simuliranih rezultata, što omogućava organizacijama da se fleksibilnije i brže nose s promjenama u tržišnim uvjetima. U budućnosti, softverski programi za simulaciju poslovnih procesa vjerojatno će se razvijati u nekoliko smjerova. Integracija umjetne inteligencije i strojno učenje značajno će unaprijediti sposobnost simulacijskih alata za predviđanje i analizu složenih scenarija. Umjetna inteligencija će omogućiti da programi prepoznaju obrasce i donose preciznije prognoze temeljene na velikim količinama podataka, čime će se poboljšati preciznost i učinkovitost simulacija. Softverski programi će također postati sve fleksibilniji i prilagodljiviji, s mogućnostima za dinamičko prilagođavanje simulacija u stvarnom vremenu na temelju promjena u poslovnim uvjetima i okruženju. Ovo će omogućiti organizacijama da brzo odgovore na promjene i optimiziraju svoje procese s većom preciznošću. Upotreba vizualizacijskih tehnika i interaktivnih sučelja će se povećati, omogućujući korisnicima bolje razumijevanje i analizu simulacijskih rezultata kroz intuitivne prikaze i scenarije. Ove tehnike će pomoći u donošenju informiranijih odluka i boljem komuniciranju rezultata. Na kraju, integracija simulacijskih alata s drugim tehnologijama pružiti će prikupljanje i analizu podataka u stvarnom vremenu, čime će simulacije biti još preciznije i relevantnije za stvarne operaci



IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Domagoj Vidović pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog rada pod naslovom Optimizacija poslovnog procesa primjenom simulacije te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Domagoj Vidović  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Domagoj Vidović neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Optimizacija poslovnog procesa primjenom simulacije čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Domagoj Vidović  
(vlastoručni potpis)

## 8. Literatura

### Knjige

1. Hammer, M. and Champy, J., 2001. *Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution*. New York: HarperBusiness. Dostupno na: [https://repo.darmajaya.ac.id/4493/1/Michael%20Hammer\\_%20James%20Champy-Reengineering%20the%20corporation%20\\_%20a%20manifesto%20for%20business%20revolution-HarperBusiness%20\(2001\).pdf](https://repo.darmajaya.ac.id/4493/1/Michael%20Hammer_%20James%20Champy-Reengineering%20the%20corporation%20_%20a%20manifesto%20for%20business%20revolution-HarperBusiness%20(2001).pdf) [Pristupljeno 20.07.2024].
2. Osburg, T., 2014. *Sustainability in a digital world*. Dostupno na: [https://www.thomasosburg.de/wp-content/uploads/2014/11/Sustainability\\_in\\_a\\_Digital\\_World.pdf](https://www.thomasosburg.de/wp-content/uploads/2014/11/Sustainability_in_a_Digital_World.pdf) [Pristupljeno 20.07.2024].
3. Pironet, T., 2014. *Multi-period stochastic optimization problems in transportation management*. Dostupno na: <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/171852/1/TheseThierry%20impression.pdf> [Pristupljeno 12.08.2024].
4. Banks, J., 2017. *Discrete-event system simulation*. Dostupno na: [https://pavandm.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/03/discrete-event-system-simulation-jerry-banks\\_2.pdf](https://pavandm.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/03/discrete-event-system-simulation-jerry-banks_2.pdf) [Pristupljeno 12.08.2024].
5. Silver, B., 2021. *BPMN method and style with BPMN implementer's guide: Second edition*. Dostupno na: <https://ebpm.ir/wp-content/uploads/2021/01/bpmn-method-and-style-with-bpmn-implementers-guide-second-edition-Bruce-Silver.pdf> [Pristupljeno 22.08.2024].
6. Slack, N., Brandon-Jones, S. and Johnston, R., 2013. *Operations Management*. Sedmo izdanje. Harlow: Pearson.
7. Hillier, F.S. and Lieberman, G.J., 2001. *Introduction to Operations Research*. 7th ed. New York: McGraw-Hill.
8. McCormack, J. and Johnson, D.T., 2001. *Business Process Improvement: A Simple Way to Improve Your Processes*. 1st ed. London: International Thomson Business Press.
9. Cormen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest, R.L. and Stein, C., 2022. *Introduction to Algorithms*. 4th ed. Cambridge, MA: MIT Press.

## Web stranice

1. Gupta, D., 2024. *Business process management*. *The Whatfix Blog*. Dostupno na: <https://whatfix.com/blog/business-process-management/> [Pristupljeno 18.06.2024.].
2. Parker, L., 2024. *Process mapping*. *beSlick*. Dostupno na: <https://beslick.com/process-mapping/> [Pristupljeno 26.06.2024.].
3. PrimeBPM, 2024. *5 common challenges in documenting business processes and how to overcome them*. Dostupno na: <https://www.primebpm.com/5-common-challenges-in-documenting-business-processes-and-how-to-overcome-them> [Pristupljeno 30.06.2024.].
4. BPMN.org, 2024. *BPMN: Business Process Model and Notation*. Dostupno na: <https://www.bpmn.org/> [Pristupljeno 01.07.2024.].
5. Author, A., 2024. *DMAIC's importance in data projects*. *Medium*. Dostupno na: <https://medium.com/analytics-and-data/dmaics-importance-in-data-projects-7c4a5ee88d1a> [Pristupljeno 10.08.2024.].

## Članak

1. Milanović Glavan, Lj. (n.d.). *Usporedba modela zrelosti procesne orijentacije*. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/325359> (Pristupljeno 19.08.2024.).

## **Popis tablica**

Tablica 1. Prikaz dokumentacije procesa komisioniranja .....	50
Tablica 2. Projektna povelja.....	53
Tablica 3. Definiranje opsega projekta.....	54
Tablica 4. Glas zainteresiranih strana .....	55
Tablica 5. Prosječno vrijeme trajanja zaprimanja narudžbi .....	56
Tablica 6. Prosječno vrijeme trajanja pregleda i prioritiziranja narudžbi .....	56
Tablica 7. Prosječno vrijeme aktivnosti komisioniranja proizvoda .....	57
Tablica 8. Prosječno vrijeme trajanja pripreme robe za isporuku .....	57
Tablica 9. Prosječno vrijeme trajanja aktivnosti kontaktiranja kupca .....	58
Tablica 10. Prosječno vrijeme trajanja aktivnosti otkazivanja narudžbi .....	58
Tablica 11. Prosječno vrijeme trajanja aktivnosti ažuriranja narudžbi .....	59
Tablica 12. Tablica Pareto dijagrama .....	60
Tablica 13. Prikaz Pareto dijagrama .....	61
Tablica 14. Prikaz Ishikawa dijagrama .....	62
Tablica 15. Prikaz alata 5 zašto.....	63
Tablica 16. Rezultati simulacije trenutnog stanja procesa .....	65
Tablica 17. Detaljan prikaz simulacije na temelju jednog dana .....	65
Tablica 18. Rezultati simulacije nakon nadodanog jednog zaposlenika komisionara .....	66
Tablica 19. Prikaz simulacije uz dva zaposlenika komisionara.....	67
Tablica 20. Rezultati simulacije nakon nadodanih dva zaposlenika komisionara.....	68
Tablica 21. Prikaz simulacije uz tri zaposlenika komisionara .....	68
Tablica 22. Rezultati simulacije nakon nadodana tri zaposlenika komisionara .....	69
Tablica 23. Prikaz simulacije uz četiri zaposlenika komisionara .....	69

## **Popis slika**

Slika 1. Proces naručivanja proizvoda.....	7
Slika 2. Model zrelosti procesne orijentacije .....	9
Slika 3. DMAIC metode.....	19
Slika 4. Faze u simulacijskom istraživanju .....	37
Slika 5. Prikaz glavnog sučelja (s lijeve strane) .....	46
Slika 6. Prikaz procesa komisioniranja .....	49
Slika 7. Prikaz trenutnog stanja procesa unutar IBM WebSphere Modelera.....	64