

# Analiza procesa skladištenja primjenom simulacijskog modela

---

Jozić, Antonio

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:489788>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-19**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Antonio Jozić**

**ANALIZA PROCESA SKLADIŠTENJA PRIMJENOM  
SIMULACIJSKOG MODELA**

**ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 2016.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
**ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 20. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Osnove simulacija u prometu i logistici**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 3433**

Pristupnik: **Antonio Jozić (0135227634)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Analiza procesa skladištenja primjenom simulacijskog modela**

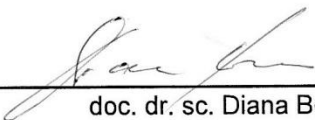
### **Opis zadatka:**

Osim teorijskih osnova o logističkim procesima u završnom radu potrebno je na primjeru iz prakse prikazati logističke procese (tvrtka Tokić). Za odabrane logističke procese potrebno je izraditi simulacijski model u programskom alatu ARENA. Nakon verifikacije i validacije simulacijskog modela, u radu je potrebno prikazati rezultat simulacijskog eksperimenta po odabranom kriteriju.

Zadatak uručen pristupniku: 4. ožujka 2016.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

  
\_\_\_\_\_  
doc. dr. sc. Diana Božić

\_\_\_\_\_

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**ANALIZA PROCESA SKLADIŠTENJA PRIMJENOM  
SIMULACIJSKOG MODELA**

**STORAGE PROCESS ANALYSIS BY USAGE OF  
SIMULATION MODELING**

Mentor: doc. dr. sc. Diana Božić

Student: Antonio Jozić

JMBAG: 0135227634

Zagreb, rujan 2016.

## **ANALIZA PROCESA SKLADIŠTENJA PRIMJENOM SIMULACIJSKOG MODELA**

### ***SAŽETAK***

U radu su obrađene teorijske osnove logističkih procesa, distribucije i simulacija. Osim toga prikazan je postupak izrade simulacijskog modela u logistici na primjeru iz prakse.

Bitan segment rada je izrada simulacijskog modela kojem je predhodilo prikupljanje ulaznih veličina. Nakon izrade simulacijskog modela proveden je simulacijski eksperiment. Pozitivni rezultati simulacijskog eksperimenta prikazali su sve prednosti simulacijskog modeliranja.

**KLJUČNE RIJEČI:** logistički procesi; skladišne aktivnosti; simulacija; simulacijski model

## **STORAGE PROCESS ANALYSIS BY USAGE OF SIMULATION MODELING**

### ***SUMMARY***

The paper describes the basic theoretical concepts of logistic processes, distribution and simulations. Besides that, the paper presents the procedure of creating the simulation model in logistics on a example from praxis.

An important part of the paper is the creation of the logistic process simulation model as well as input data collection. After creating the simulation model, a simulation experiment was carried out. The positive results of the simulation experiment showed all the benefits of simulation modeling.

**KEYWORDS:** logistic processes; warehousing activities; simulation; simulation model

# SADRŽAJ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD.....                                                                                 | 1  |
| 2. OPĆENITO O LOGISTIČKIM PROCESIMA.....                                                     | 2  |
| 2.1. Općenito.....                                                                           | 2  |
| 2.2. Nositelji logističkih procesa.....                                                      | 3  |
| 2.3. Troškovi u logistici .....                                                              | 5  |
| 2.4. Uloga distribucije u opskrbnom lancu .....                                              | 6  |
| 2.5. Konceptije distribucijskih mreža.....                                                   | 7  |
| 3. OPIS LOGISTIČKIH PROCESA NA PRIMJERU TVRTKE TOKIĆ D.O.O.....                              | 10 |
| 4. ULAZNE VELIČINE ZA SIMULACIJU LOGISTIČKOG PROCESA.....                                    | 12 |
| 5. SIMULACIJA LOGISTIČKOG PROCESA TVRTKE TOKIĆ D.O.O. POMOĆU<br>PROGRAMSKOG ALATA ARENA..... | 14 |
| 5.1. Simulacijski program ARENA.....                                                         | 14 |
| 5.2. Simulacija.....                                                                         | 15 |
| 5.3. Rezultati simulacije .....                                                              | 24 |
| 5.4. Simulacijski eksperiment .....                                                          | 27 |
| 5.5. Rezultati simulacijskog eskperimenta.....                                               | 28 |
| 6. ZAKLJUČAK.....                                                                            | 32 |
| LITERATURA.....                                                                              | 33 |
| POPIS SLIKA.....                                                                             | 34 |
| POPIS TABLICA.....                                                                           | 35 |
| POPIS GRAFIKONA.....                                                                         | 36 |

## 1. UVOD

Zahtjevi tržišta u današnje vrijeme sve su složeniji, pa su tako potrošači prostorno i vremenski sve više udaljeni od proizvođača, konkurencija na tržištu je sve veća, stoga se opskrbeni lanac mora što više optimizirati, a sve s jednim ciljem – zadovoljstvo potrošača.

Težiti optimalnom opskrbnom lancu je jednostavno, te je formula dobro poznata svima – ponuditi potrošaču proizvod u pravo vrijeme, na pravom mjestu i po pravoj cijeni. Ostvariti takav optimalan opskrbeni lanac je gotovo nemoguće, jer uz sve navedene zahtjeve treba ostvariti i pozitivno financijsko poslovanje koje omogućuje daljnje poslovanje i prilagodbe tržištu. S tim ciljem postavlja se mnogo pitanja – Kako alocirati resurse? Kako organizirati prijevoz i distribuciju? Kako postati konkurentan na tržištu? Postizanje tih ciljeva u dobu računalnih tehnologija postalo je mnogo jednostavnije. Razvoj računalnih tehnologija potkraj 20. stoljeća uvelike je olakšao posao svim subjektima u opskrbnom lancu jer je komunikacija tj. razmjena svih potrebnih informacija između subjekata gotovo trenutna.

Izboriti se za mjesto na tržištu, te tamo i što duže ostati cilj je svakom proizvođaču, distributeru i prodavaču. Velik utjecaj na takav položaj na tržištu ovisi o iskustvu subjekata, no da bi se ostalo na vodećoj poziciji na tržištu poslovanje treba neprestano prilagođavati novim uvjetima na tržištu. U trenutcima kad dođe do određene promjene na tržištu, subjektima je u cilju što prije i što bolje se prilagoditi novonastalim uvjetima, i to uglavnom na jedan način – pretpostavkama. Upravo je razvoj računalnih tehnologija olakšao takve prilagodbe tržištu, jer je pojavom simulacijskih programa omogućeno eksperimentalnim pristupom doći do optimalnog rješenja, bez da se ugrožava stvarno poslovanje. Sve izmjene se vrše u simulacijskom programu tj. na modelu. Mnogobrojnim izmjenama moguće je sasvim se približiti optimalnom sustavu, i sve to bez da se u opasnost dovodi poslovanje tvrtke.

U ovom radu biti će konkretno obrađena primjena simulacijskog alata u procesu skladištenja autodijelova i to na primjeru vodećeg prodajnog lanca autodijelova u Republici Hrvatskoj, tvrtke Tokić d.o.o. Biti će opisan i grafički prikazan postupak izrade simulacijskog modela, te potom i provođenje određenih izmjena s ciljem optimizacije rada skladišta.

## 2. OPĆENITO O LOGISTIČKIM PROCESIMA

### 2.1. Općenito

Potreba smanjenja troškova u suvremenim gospodarskim sustavima postavili su nove uvjete poslovanja u tvrtkama. U razvoju tehnologija i proizvodnje može se postići vrlo malo, stoga sve veći značaj u poslovanju tvrtki imaju organizacija i optimizacija svih logističkih procesa. Uvođenje adekvatnih logističkih modela optimizacije u poslovanje postala je primarna zadaća svih suvremenih poduzeća koje žele biti konkurentne na tržištu [1].

Logistika se u 20. stoljeću vrlo brzo razvijala i afirmirala u civilnom, tj. gospodarskom sektoru i to u mnogo širem i suptilnijem značenju. Kod definiranja pojma logistike ona se može opisati kao upravljanje tokovima i pohranom materijala, odnosno sve aktivnosti u premještanju sirovina, poluproizvoda, gotovih proizvoda od proizvođača do potrošača. Kao mjerodavnu definiciju logistike, može se uzeti ona definicija koju je prihvatilo Vijeće Europe: „Logistika bi se mogla definirati kao upravljanje tokovima robe i sirovina, procesima izrade završenih proizvoda i pridruženim informacijama od točke izvora do točke krajnje uporabe u skladu s potrebama kupca. U širem smislu logistika uključuje povrat i raspolaganje otpadnim tvarima.“[1].

Logistiku se kao znanost može definirati kao skup interdisciplinarnih i multidisciplinarnih znanja koja izučavaju i primjenjuju zakonitosti mnogobrojnih i složenih aktivnosti koje funkcionalno i djelotvorno povezuju sve djelomične procese svladavanja prostornih i vremenskih transformacija dobara u sigurne brze i racionalne logističke procese, tokove i protoke dobara od točke isporuke preko točaka razdiobe do točke primitka, ali s ciljem da se uz minimalne uložene potencijale i resurse maksimalno zadovolje zahtjevi tržišta [2].

Glavni zadatak logistike je zadovoljiti potrebe potrošača, te ponuditi proizvode na pravom mjestu u pravo vrijeme (eng. JIT, *Just In Time*). Osnovna karakteristika logistike je njen cjelovit pristup svim aktivnostima koje obuhvaća, što znači da se organizacija vrši u skladu s potrebama i mogućnostima svih aktivnosti unutar sustava [1].

Logistika je prepoznata kao važan alat u borbi za prednost pred konkurencijom. Upravo zbog toga poduzeća moraju imati dobro definiranu vezu između strategije poduzeća i svojih logističkih ciljeva [1].

## **2.2. Nositelji logističkih procesa**

Prema uvriježenoj podjeli nositelji logističkih procesa ili elementi logističkog sustava su [1]:

- 1) transport
- 2) skladištenje
- 3) zalihe
- 4) distribucija
- 5) manipulacije
- 6) čimbenik – čovjek
- 7) informacije, komunikacije i kontrola
- 8) integracija

Pod pojmom transport (prijevoz) podrazumijevaju se razne operacije vezane uz promet robe (tereta, materijalnih dobara) kao što su ukrcaj, iskrcaj, prekrcaj, sortiranje, smještaj, punjenje i pražnjenje kontejnera. Za potrebe logističkih transportnih lanaca prijevoz mora biti neprekidan, mora omogućiti što kraće vrijeme dostave, uvažavati troškove i zadovoljiti kupca. Za učinkovito ispunjenje zadaće dovoza materijala i odvoza gotovih proizvoda prijevozno poduzeće mora odabrati optimalno prijevozno sredstvo i optimalan prijevozni put (željeznički, cestovni, pomorski, riječni, zračni, prijevoz cjevovodima ili intermodalni – korištenje više prijevoza u svrhu ekonomske i vremenske uštede). Veliki utjecaj na optimizaciju transporta imaju komunikacijski sustavi (SMS, GPS, *on board* računala) koji omogućavaju ubrzanje procesa, praćenje robe, bolju zaštitu od krađa, itd. [1].

Logistika u sebi pojmovno sadrži sve tri razine djelatnosti premještanja dobara. Sa stajališta poslovne logistike pod prijevozom se podrazumijeva djelatnost koja je istovremeno i element logističkog sustava kojim se omogućava premještanje dobara kroz logistički i distribucijski sustav [3].

U svim fazama procesa, od nabave do proizvodnje, prodaje i potrošnje roba se sprema u skladišta. Pojam skladištenja, prema Chorafasu [4], čine i fizički procesi rukovanja i čuvanja robe ili materijala. To su tri dijela: rukovanje robom (kretanje robe od porijekla do odredišta), čuvanje robe (zaštita robe od raznih fizičkih i/ili kemijskih utjecaja) i metodologija (izbor i primjena sredstava i postupaka neophodnih u procesu skladištenja). Skladište je mjesto gdje se smještaju i čuvaju različiti materijali, poluproizvodi i gotovi proizvodi, ali u širem smislu tu se ubrajaju i prostori u kojima se obavljaju razni dopunski poslovi [5].

Količinu i obujam zaliha određuju veličina skladišnog prostora, tehnička i tehnološka opremljenost skladišta i broj osposobljenih radnika. Količinu zaliha je važno optimizirati jer veća količina podrazumijeva veća financijska sredstva što povećava troškove poslovanja. Proizvodni proces se ne odvija uvijek ravnomjerno pa ni zalihe ne mogu uvijek biti jednake. Optimiziranje se može postići promatranjem sljedećih zaliha [1]:

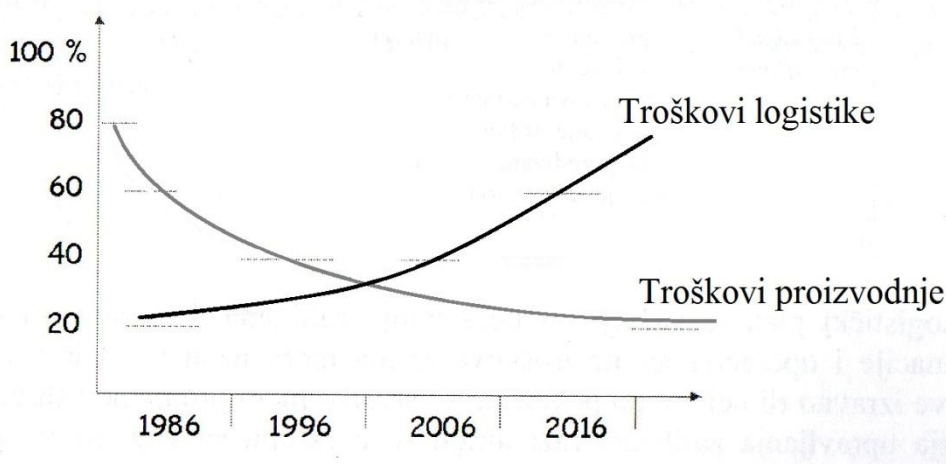
- sigurnosna ili tzv. rezervna zaliha - drži se u skladištu zbog lakšeg ublažavanja manjka materijala, tj. da se osigura nesmetana opskrba tržišta,
- signalna zaliha - razina zaliha kod koje se mora pokrenuti postupak nabave,
- maksimalna zaliha - količina zaliha do koje je ekonomski opravdano skladištiti materijal.

Zbog velikih troškova skladištenja i održavanja zaliha u svijetu je prevladala težnja za poslovanjem bez zaliha, odnosno roba, materijali, proizvodi dobavljaju se u pravo vrijeme – engl. *Just In Time*. Sustav JIT traži temeljito planiranje, dobru suradnju i vremensku usklađenost između dobavljača, kupaca i ostalih sudionika u procesu otpreme i transporta [1].

Distribucija podrazumijeva promet gospodarskih dobara između proizvođačevih i potrošačkih jedinica, te sve radnje povezane s kretanjem proizvoda do konačnog kupca. Dobro planirana i organizirana distribucija predstavlja okosnicu logističkih sustava. Distribucijom se može označiti promet dobara između proizvođačkih i potrošačkih jedinica, a s općegospodarskog aspekta pod distribucijom se razumijevaju sve aktivnosti koje raspodjeli dobara potrošačima [6].

### 2.3. Troškovi u logistici

Osnovni cilj logistike je povećanje protoka robe i informacija, optimizacije troškova i pouzdanosti sustava. Upravo sve veće i zahtjevnije potrebe potrošača uslijed globalizacije i širenja tržišta logistički operateri su prisiljeni obavljati više dodatnih aktivnosti, više transakcija u manjim količinama, s kraćim vremenom manipuliranja i uz manje troškove te s većom točnošću. Uz povećanje navedenih zahtjeva koji se stavljaju pred logističke operatere kao posljedica se javljaju i znatno veća potreba za financijskim sredstvima u sektoru logistike. Uz povećanje troškova logistike, istovremeno se odvija i proces premještanja proizvodnje na istok, tj. dalje od mjesta potrošnje koja na jednoj strani uzrokuje manju cijenu proizvodnje, a na drugoj strani, uzrokuje povišene logističke troškove (organizacija, prijenos informacija, transport). Kako je prikazano na slici 1., na prelasku u 21. stoljeće troškovi logistike prerasli su troškove proizvodnje, a taj trend se i dalje nastavlja [1].



Slika 1. Pravac kretanja troškova logistike u odnosu na troškove proizvodnje, [1]

## 2.4. Uloga distribucije u opskrbnom lancu

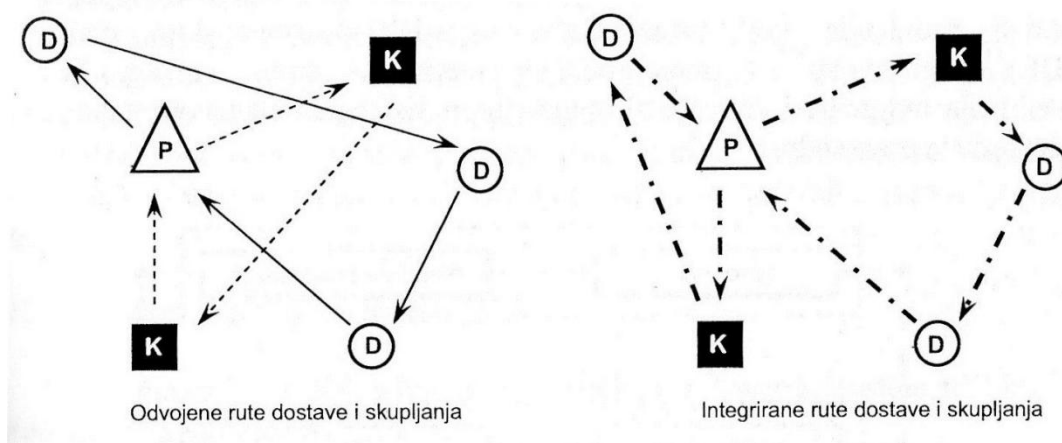
Distribucija je faza koja slijedi proizvodnju dobara od trenutka njihove komercijalizacije do isporuke potrošačima. Pod distribucijom se podrazumijeva djelotvoran prijenos dobara (roba ili usluga) od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje uz minimalne troškove i odgovarajuću razinu zadovoljenja zahtjeva kupaca.

Temeljni zadaci distribucije sastoje se od [1]:

- skraćanja puta i vremena potrebnog da roba stigne od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje,
- povećanja konkurentnosti robe,
- vremenskog i prostornog usklađenja,
- programiranja proizvodnje prema zahtjevima potrošača,
- plasmana novih proizvoda na tržištu.

Osnovna svrha distribucije kao djelatnosti je omogućiti dostupnost proizvoda ili usluga kupcima, u odgovarajućoj količini i asortimanu, u odgovarajućem vremenu i na odgovarajućem mjestu [1].

Na slici 2. prikazan je primjer odvojene (neovisne) rute dostave i skupljanja, te integrirane rute dostave i skupljanja pošiljaka na relacijama između proizvođača (P), dobavljača (D) i kupca (K).



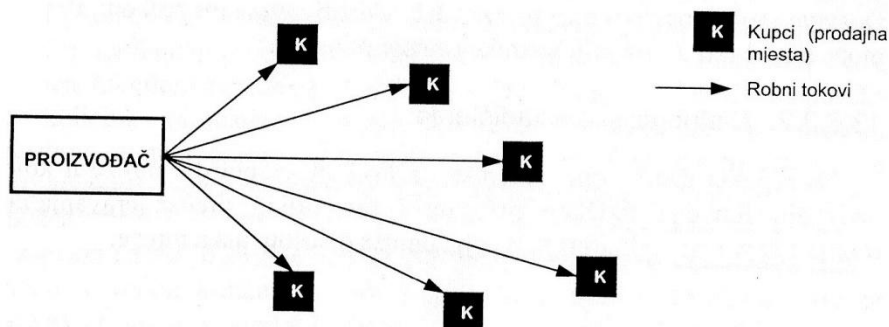
Slika 2. Rutiranje dostave i skupljanja robe, [1]

## 2.5. Konceptije distribucijskih mreža

S obzirom na način (tehnologiju) fizičke distribucije, postoje tri konceptije distribucijskih mreža [1]:

### 1. direktna dostava

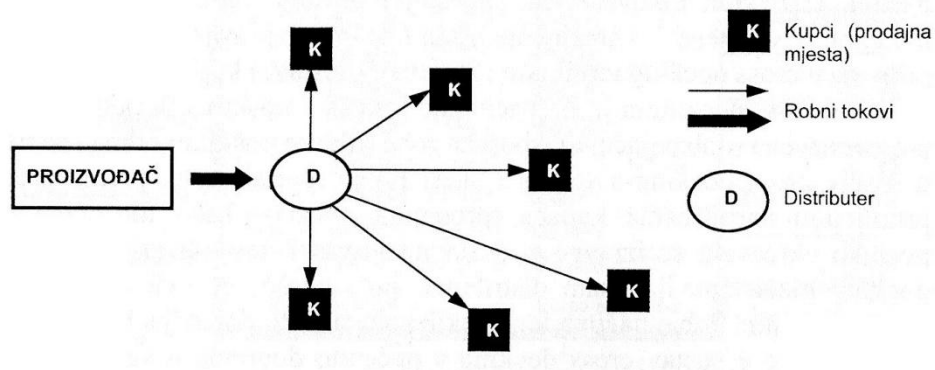
Proizvodi se direktno iz proizvođačevog skladišta dostavljaju kupcima. U ovom slučaju nema distributera ni logističko-distribucijskih centara (LDC) što smanjuje troškove i moguća je brza isporuka. Direktna dostava česta je kod visokovrijednih proizvoda koji se proizvode po narudžbi ili kod pokvarljive robe. Na slici 3. grafički je prikazana koncepcija direktnom dostavom.



Slika 3. Direktna dostava, [1]

### 2. distribucijsko skladištenje

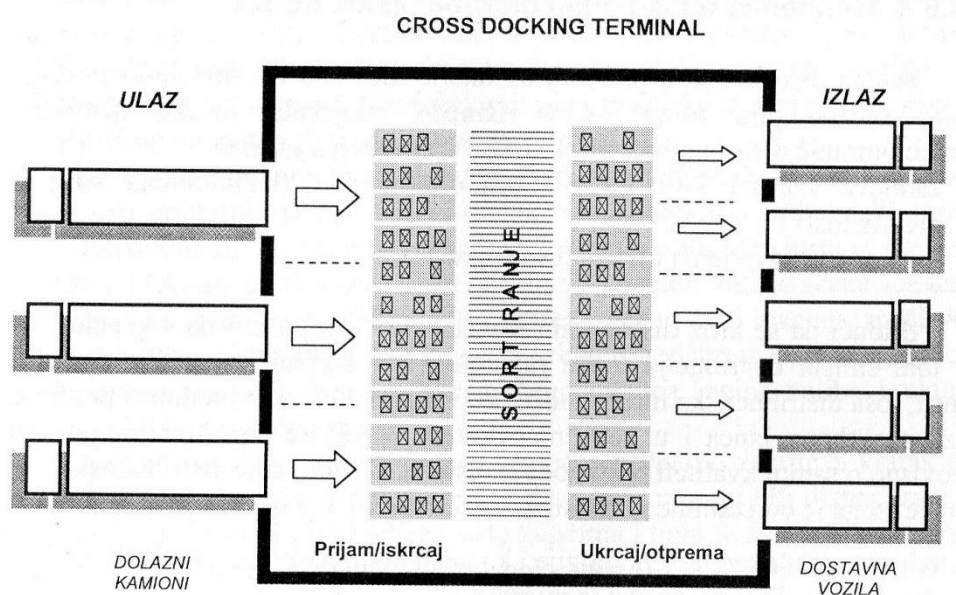
Dolazi do privremenog prekida robnih tokova kod distributera prije isporuke krajnjim kupcima. Skladište (čvor distribucijske mreže) omogućuje agregaciju narudžbi i tako umanjuje utjecaj neizvjesnosti potražnje na relaciji prema proizvođaču. Ova koncepcija iziskuje veće troškove infrastrukture i transportno-manipulacijskih sredstava u odnosu na direktniju dostavu. Međutim, povrat robe lakše je organizirati, prijevozni troškovi su manji, skladišta su smještena bliže kupcima (pokrivaju određenu gravitacijsku zonu), pa je bolje iskorištenje prijevoznih kapaciteta (puni ukrcaj) na relaciji proizvođač-distributer, a i na relaciji distributer-kupac (ako distributer radi s više proizvođača). Distribucijsko skladištenje prikladno je za proizvode koji se prodaju u većim količinama ili gdje treba obaviti etiketiranje, sortiranje, prepakiranje, itd. Na slici 4. grafički je prikazana koncepcija distribucijskog skladištenja.



Slika 4. Distirbucijsko skladištenje, [1]

### 3. cross docking

Također uključuje posrednika - distributera, no ovdje su robni tokovi neprekinuti, nema konvencionalnog skladištenja. Svaka proizvođačeva isporuka robe (ulazna pošiljka) odmah se na ulazu u sustav cross dockinga sortira i slaže prema potražnji, tj. prema prethodno primljenim narudžbama, nakon toga izlazne pošiljke ukrcavaju se u dostavna vozila i dostavljaju kupcima. Roba se doprema u većim količinama (od najmanje jedne palete na više) i u pravilu ne provodi više od 12 sati u cross docking terminalu. Prednosti su smanjenje troškova manipulacija, smanjenje razine zaliha, smanjenje potrebnog skladišnog prostora i brzina isporuke, no da bi sustav bio efikasan potrebna su značajna početna ulaganja i visok stupanj koordinacije uključenih subjekata. Na slici 5. grafički je prikazana koncepcija „cross docking-a“.



Slika 5. Grafički prikaz funkcioniranja cross docking sustava, [1]

Većina tvrtki primjenjuje različite koncepcije distribucije ili njihove kombinacije za različite proizvode.

### **3. OPIS LOGISTIČKIH PROCESA NA PRIMJERU TVRTKE TOKIĆ D.O.O.**

Tokić d.o.o. ovlašten je uvoznik i distributer preko 150 najpoznatijih svjetskih proizvođača dijelova za sve vrste osobnih i lakih teretnih automobila. Zajedno s franšiznim partnerima Tokić d.o.o. najveći je prodajni lanac autodijelova u Hrvatskoj. Kroz više od 100 poslovnica diljem Hrvatske i BiH, Tokić d.o.o. nudi više od 150.000 različitih artikala [7]. Tvrtka Tokić d.o.o. član je ATR grupe koja je jedna od najvećih i najuspješnijih internacionalnih poduzeća za distribuciju auto dijelova [8].

Nabava auto dijelova vrši se preko veletrgovaca diljem Europe, a prijevoz robe vrši se cestovnim kamionskim prijevozom. U slučaju dopreme robe s Azijskog tržišta, prijevoz se vrši pomorskim, a potom cestovnim kamionskim prijevozom do centralnog skladišta. Sva roba prvo se doprema u centralno skladište, a potom se po potrebi lakim dostavnim vozilima distribuira po poslovnicama u regiji.

Tok robe u tvrtki odvija se na način da se iz poslovnice šalje narudžba za potrebne dijelove, koji se potom na dva načina mogu dopremiti u poslovnicu. Prvi način je da roba dolazi iz centralnog skladišta, a drugi način je da roba dolazi iz drugih poslovnica u prodajnoj mreži. Prijevoz iz centralnog skladišta do poslovnice organiziran je 2 puta dnevno, a prijevoz između poslovnica 4 puta dnevno. Razmjena robe među poslovnicama odvija se u oba smjera, između svih poslovnica na određenom području poslovanja, u ovom slučaju to je grad Zagreb. Broj dijelova koji se svakodnevno dopremi u poslovnicu iznosi oko 1000 artikala.

Po dolasku robe u poslovnicu, prvo slijedi aktivnost istovara, potom aktivnost zaprimanja robe tj. potvrđivanja da je tražena roba stigla u ispravnoj količini i stanju. Po zaprimanju robe, roba je spremna za otpremanje na skladišne regale.

Daljnji tok robe može se odvijati u dva smjera. Jedan smjer je onaj za maloprodaju, tj. za izravnu prodaju u poslovnici, a drugi smjer je onaj za slanje naručene robe veletrgovcima. Prodaja dijelova u maloprodaji je jednostavna, zaposlenik u prodaji dolazi u skladište po traženi artikl i prodaje ga kupcu. Prodaja dijelova za veletrgovce nešto je različita, a odvija se na način da skladišni radnici na svoje elektronske čitače (eng. scanner) dobivaju naloge (popis određenog broja artikala koje kupac potražuje) za određene veletrgovce, te se potom takav nalog doprema

sa skladišnih regala na za to predviđenu zonu u skladištu. Dopremljenu robu radnik potom sortira i pakira za daljnji transport van poslovnice.<sup>1</sup> Detaljniji opis s točno navedenim vremenima trajanja toka robe i aktivnosti potrebnih za simulaciju slijede u poglavlju 4.

---

<sup>1</sup>Svi podaci o toku robe i logističkim procesima prikupljeni su osobno od strane autora u tvrtki Tokić d.o.o.

## 4. ULAZNE VELIČINE ZA SIMULACIJU LOGISTIČKOG PROCESA

Svi potrebni parametri za uspješno provođenje simulacije skladišnih procesa u tvrtki Tokić d.o.o. prikupljeni su osobno u poslovnici Tokića na adresi Zagrebačka cesta 143a, 10000 Zagreb.

Za potrebe izrade simulacijskog modela snimljen je proces skladištenja u odnosnoj tvrtci. Aktivnosti procesa navedne su po redosljedu događanja u tablici 1. U tablici 1 ujedno je prikazano i vremensko trajanje izvođenja aktivnosti. Mjerenje vremenskog trajanja aktivnosti izvršeno je tijekom svibnja 2016. godine.

Tablica 1. Vremena trajanja aktivnosti

| Aktivnost                  | Minimalno trajanje (s) | Maksimalno trajanje (s) | Prosječno trajanje (s) | Vrsta razdiobe |
|----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|----------------|
| <b>Istovar (po vozilu)</b> | <b>600</b>             | <b>900</b>              | <b>-</b>               | Uniformna      |
| <b>Zaprimanje</b>          | <b>5</b>               | <b>60</b>               | <b>10</b>              | Trokutasta     |
| <b>Pozicioniranje</b>      | <b>10</b>              | <b>60</b>               | <b>30</b>              | Trokutasta     |
| <b>Komisioniranje</b>      |                        |                         |                        |                |
| -Za poslovnice             | <b>30</b>              | <b>180</b>              | <b>100</b>             | Trokutasta     |
| -Za veletrgovinu           | <b>30</b>              | <b>180</b>              | <b>100</b>             | Trokutasta     |
| <b>Pakiranje</b>           |                        |                         |                        |                |
| -Za poslovnice             | <b>3</b>               | <b>8</b>                | <b>5</b>               | Trokutasta     |
| -Za veletrgovinu           | <b>3</b>               | <b>8</b>                | <b>5</b>               | Trokutasta     |
| <b>Utovar</b>              |                        |                         | <b>-</b>               |                |
| -Za poslovnice             | <b>3</b>               | <b>10</b>               | <b>-</b>               | Uniformna      |
| -Za veletrgovinu           | <b>3</b>               | <b>10</b>               | <b>-</b>               | Uniformna      |
| -Za povrat                 | <b>3</b>               | <b>10</b>               | <b>-</b>               | Uniformna      |
| <b>Odlaganje za povrat</b> | <b>3</b>               | <b>10</b>               | <b>5</b>               | Trokutasta     |

Osnovni parametar čini broj zaposlenih radnika u skladištu, kojih ima 4. Svaki radnik može obavljati svaku aktivnost, ali u pravilu svaki od radnika ima zadanu aktivnost koju konstantno obavlja. Na primjer, ukoliko je u tijeku istovar robe, te je radniku/radnicima na istovaru potrebna pomoć, radnik koji primjerice diže robu na regale u skladištu doći će pomoći radnicima na istovaru. Prioritetna aktivnost je slaganje naloga za veletrgovinu koju uglavnom obavlja jedan radnik a po potrebi i još jedan dodatni radnik. Aktivnost zaprimanja robe obavlja jedan radnik. Aktivnost pozicioniranja obavlja jedan radnik, te ta aktivnost ima srednje visok prioritet.

#### **Ostale ulazne veličine:**

- Broj dolazaka artikala: prosječno svakih 2 sata po 140 artikala – ukupno oko 1000 artikala dnevno
- Broj artikala na nalogima: oko 350 artikala dnevno (ukupno) - od toga za veletrgovinu 65%
- Broj artikala koji imaju oštećenje ili na drugi način ne zadovoljavaju uvjete: 3% od ukupnog broja artikala, tj. oko 30 artikala dnevno
- Radno vrijeme: 12 sati

Tablica 2. Podjela radnika po aktivnostima i prioritetima

| Naziv radnika   | Opis aktivnosti                                                                                         | Prioritetna aktivnost |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Radnik 1</b> | Obavlja aktivnosti istovara, utovara i pozicioniranja robe na skladišne regale.                         | Pozicioniranje robe   |
| <b>Radnik 2</b> | Obavlja aktivnosti istovara, komisioniranja, pakiranja robe, i pozicioniranja robe na skladišne regale. | Komisioniranje        |
| <b>Radnik 3</b> | Obavlja aktivnosti istovara, utovara, odlaganja za povrat i zaprimanja robe.                            | Zaprimanje            |
| <b>Radnik 4</b> | Obavlja aktivnosti utovara, istovara, pakiranja i komisioniranja robe                                   | Istovar               |

## **5. SIMULACIJA LOGISTIČKOG PROCESA TVRTKE TOKIĆ D.O.O. POMOĆU PROGRAMSKOG ALATA ARENA**

### **5.1. Simulacijski program ARENA**

Simulacijsko modeliranje predstavlja proces stvaranja i eksperimentiranja s računalnim matematičkim ili logičkim modelom fizikalnog sustava u određenom vremenu.

Prednost simulacija je mogućnost da se određeni model koji je predmet istraživanja proučava u raznim uvjetima, te uz mogućnost beskonačno mnogo izmjena ulaznih parametara u sustavu, moguće je analizirati promjene u izlaznim parametrima. Iako bi u određenim situacijama ovakve izmjene ulaznih parametara u sustavu bilo moguće ostvariti i u realnom svijetu, u većini slučajeva to bi iziskivalo velika financijska ulaganja, ali i mnogo više potrebnog vremena za ispitivanje sustava.

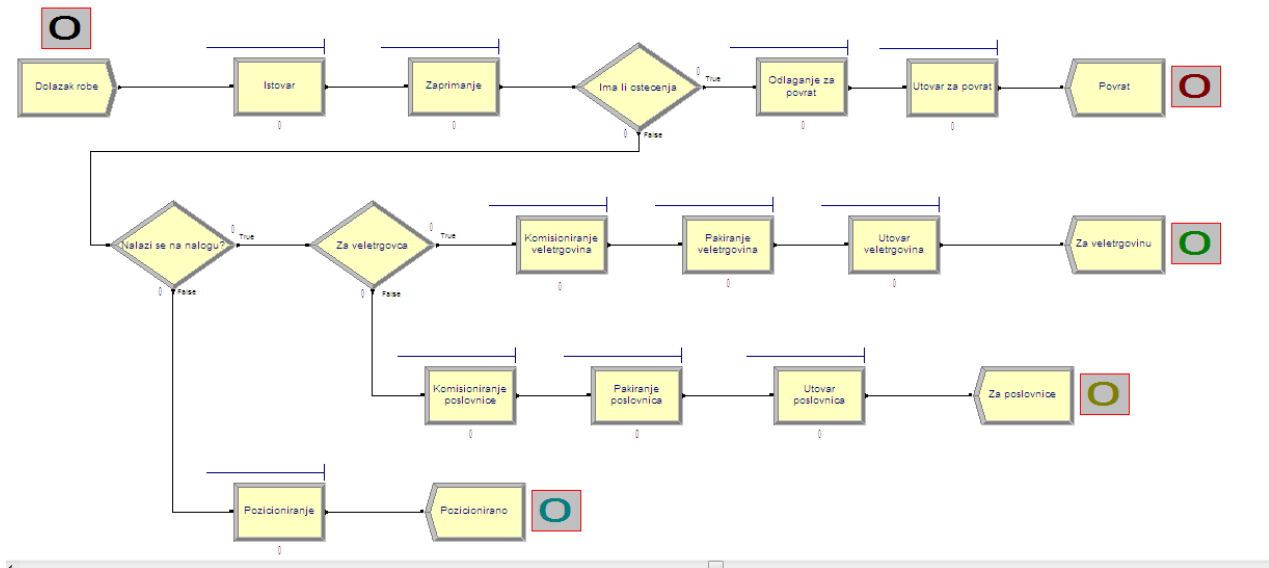
Uz pomoć računalnih simulacija proizvodnih procesa moguće je ostvariti uštede na primjer na: ukupnom proizvodnom vremenu, novčanim sredstvima, transportnim vremenima, vremenima skladištenja, stupnju iskorištenja resursa itd.

Arena je računalni simulacijski program diskretnih sustava koji je razvila tvrtka Systems Modeling, te je 2000. godine preuzet od strane Rockwell Automation. Arena je vodeći simulacijski program diskretnih sustava u posljednjih 30 godina [9].

Najvažnije karakteristike simulacijskog softvera ARENA jesu mogućnost projektiranja i simulacije proizvodnog procesa na temelju realnih podataka tj. poznatih ulaznih parametara do kojih se došlo mjerenjem. Također moguće je pokretanje i zaustavljanje izvršenja simulacije na temelju rubnih uvjeta kao što su točno određeni vremenski period, završetak radne smjene (nakon 8 sati), određenih količina entiteta (artikala) , primjerice 1000, 2000, 5000 komada i sl.

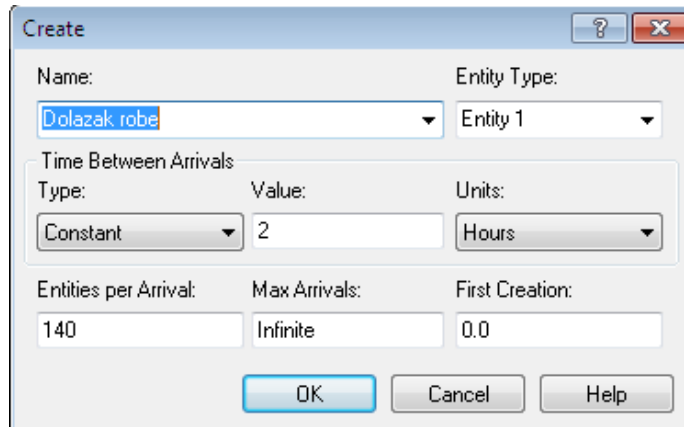
## 5.2. Simulacija

Uz sve poznate podatke parametrizacije moguće je početi kreirati simulacijski model. Na slici 6. prikazan je završeni simulacijski model, a zatim će na slijedećim slikama biti prikazan svaki korak izrade simulacijskog modela.



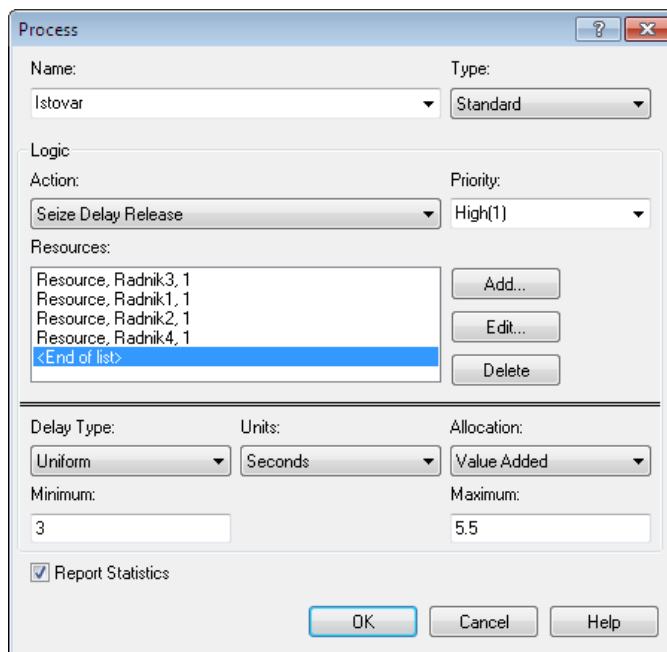
Slika 6. Simulacijski model

Simulacijski model započinje s blokom “Create” koji simulira dolaske dostavnih vozila, tj. dolaske entiteta (artikala) u poslovnicu. Unos parametara vrši se kako je prikazano na slici 7.



Slika 7. Kreacija entiteta

Sljedeći blok u simulaciji jest aktivnost istovara, koje se prikazuju blokom “Process”. Svi parametri zadaju se kao što je prikazano na slici 8, uz napomenu da se radi o aktivnosti visokog prioriteta.



Slika 8. Aktivnost istovara

Sljedeći blok je aktivnost zaprimanja robe, koja se također prikazuje blokom “Process”. Svi parametri zadaju se kao što je prikazano na slici 9.

The screenshot shows a 'Process' dialog box with the following settings:

- Name:** Zaprimanje
- Type:** Standard
- Logic:**
  - Action:** Seize Delay Release
  - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
  - Resource, Radnik3, 1
  - <End of list>
- Delay Type:** Triangular
- Units:** Seconds
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 5
- Value (Most Likely):** 10
- Maximum:** 60
- ☒ Report Statistics

Slika 9. Aktivnost zaprimanja

Sljedeći blok je blok “Decide” koji nam služi kao blok na kojem je moguće napraviti određeni izbor za daljnji tijek simulacije. U ovom bloku postavlja se pitanje ima li oštećenja na robi koja je zaprimljena. U slučaju da je otkriveno oštećenje, roba (artikl) se odlaže za povrat koji je prikazan blokom „Process“ na slici 11, a potom i na utovar za povrat kao što je prikazao na slici 12.

Decide

Name: Ima li oštećenja

Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 3 %

OK Cancel Help

Slika 10. Zadovoljenje uvjeta o ispravnosti robe

Process

Name: Odlaganje za povrat

Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release

Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Radnik3, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Triangular

Units: Seconds

Allocation: Value Added

Minimum: 3

Value (Most Likely): 5

Maximum: 10

☒ Report Statistics

OK Cancel Help

Slika 11. Aktivnost odlaganja robe za povrat

**Process**

Name: Utovar za povrat Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

- Resource, Radnik1, 1
- Resource, Radnik3, 1
- Resource, Radnik4, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Uniform Units: Seconds Allocation: Value Added

Minimum: 3 Maximum: 10

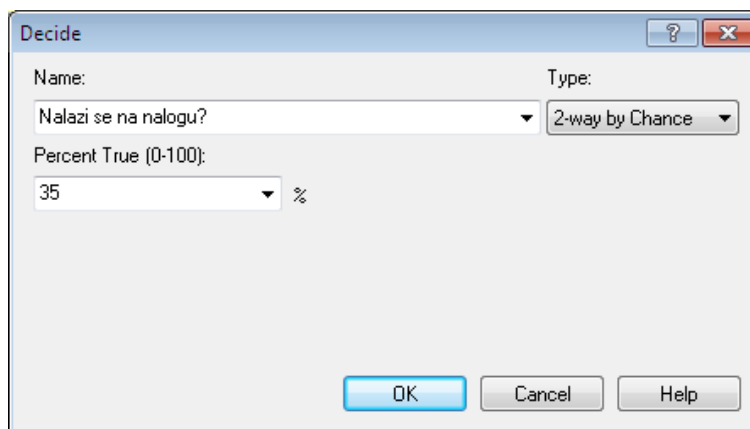
☒ Report Statistics

OK Cancel Help

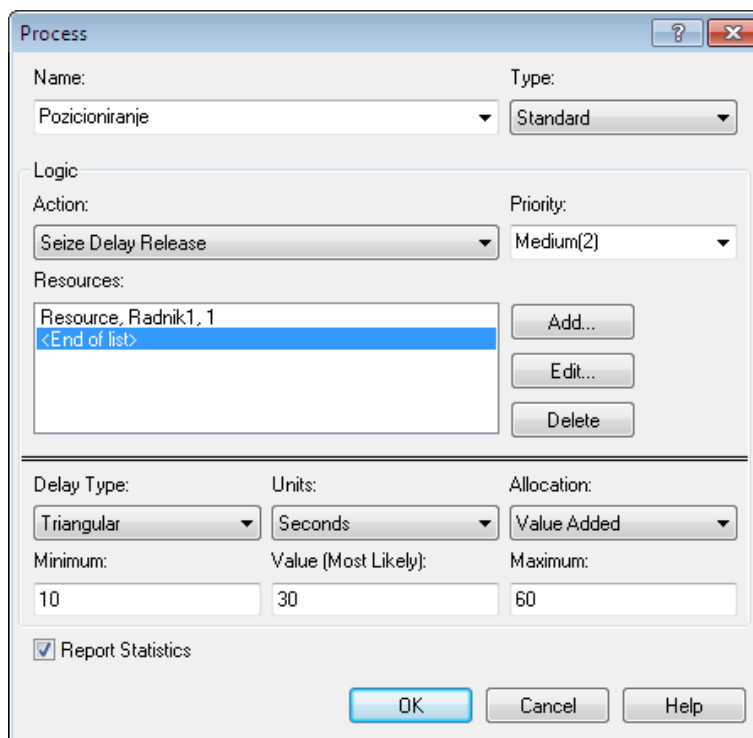
Slika 12. Aktivnost utovara robe za povrat

Nakon utovara oštećene robe za povrat ova grana simulacijskog modela završava blokom „Dispose“ koji bilježi broj entiteta koji su izašli iz modela u određenoj grani.

Ukoliko roba nije imala oštećenja, postavlja se novi „Decide“ blok s pitanjem nalazi li se određena roba ili artikl na nalogu za kupca. Artikl se može nalaziti na nalogu za kupca i biti spreman za komisioniranje ali može biti namjenjen i za redovito popunjavanje skladišta s ciljem održavanja razine zaliha te se u tom slučaju roba pozicionira na skladišne regale. Navedeni blok „Decide“ prikazan je na slici 13, a aktivnost pozicioniranja pomoću bloka „Process“ na slici 14.



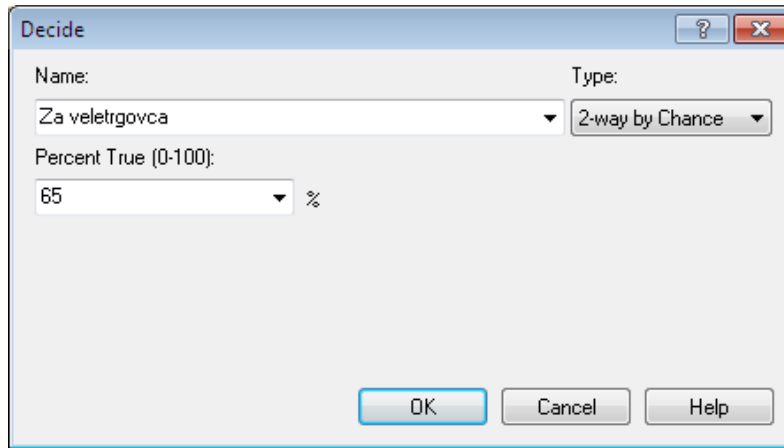
Slika 13. Blok „Decide“



Slika 14. Aktivnost pozicioniranja

Nakon pozicioniranja robe na skladišne regale i ova grana simulacijskog modela završava blokom „Dispose“ koji bilježi broj entiteta koji su izašli iz modela u određenoj grani (u ovom slučaju grana u kojoj se roba nije nalazila na nalogu za kupca).

Ukoliko se roba nalazi na nalogu, sljedeće pitanje koje se postavlja u novom bloku „Decide“ je o vrsti naloga: na nalogu za veletrgovca ili za neku od poslovnica. U ovom bloku postavljena je vjerojatnost od 65% da se roba nalazi na nalogu za veletrgovca. Opisani blok prikazan je na slici 15.



Slika 15. Blok „Decide“, odluka o veletrgovcu ili poslovnici

Nakon ovog bloka simulacija se razdvaja na dvije grane koje se sastoje od jednakih blokova i jednakih parametara, s jedinom razlikom da jedna grana predstavlja aktivnosti s ciljem isporuke robe za veletrgovce, a druga s ciljem isporuke robe za ostale poslovnice. U daljnjem tijeku rada zbog praktičnih razloga biti će prikazana samo grana koja se odnosi na veletrgovce.

Grana počinje blokom „Process“ kojim je predstavljena aktivnost komisioniranja robe. Parametri su zadani kao što je prikazano na slici 16. Nakon aktivnosti komisioniranja slijedi aktivnost pakiranja robe, te konačno aktivnost utovara robe kao što je prikazano na slikama 17 i 18.

**Process**

Name:  Type:

Logic

Action:  Priority:

Resources:

|                      |                                                                                                                          |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resource, Radnik2, 1 | <input type="button" value="Add..."/><br><input type="button" value="Edit..."/><br><input type="button" value="Delete"/> |
| Resource, Radnik4, 1 |                                                                                                                          |
| <End of list>        |                                                                                                                          |

Delay Type:  Units:  Allocation:

Minimum:  Value (Most Likely):  Maximum:

☒ Report Statistics

Slika 16. Aktivnost komisioniranja

**Process**

Name:  Type:

Logic

Action:  Priority:

Resources:

|                      |                                                                                                                          |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resource, Radnik2, 1 | <input type="button" value="Add..."/><br><input type="button" value="Edit..."/><br><input type="button" value="Delete"/> |
| Resource, Radnik4, 1 |                                                                                                                          |
| <End of list>        |                                                                                                                          |

Delay Type:  Units:  Allocation:

Minimum:  Value (Most Likely):  Maximum:

☒ Report Statistics

Slika 17. Aktivnost pakiranja robe za veletrgovinu

**Process**

Name: Utovar veletrgovina Type: Standard

**Logic**

Action: Seize Delay Release Priority: High(1)

Resources:

- Resource, Radnik3, 1
- Resource, Radnik1, 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

---

Delay Type: Uniform Units: Seconds Allocation: Value Added

Minimum: 3 Maximum: 10

☒ Report Statistics

OK Cancel Help

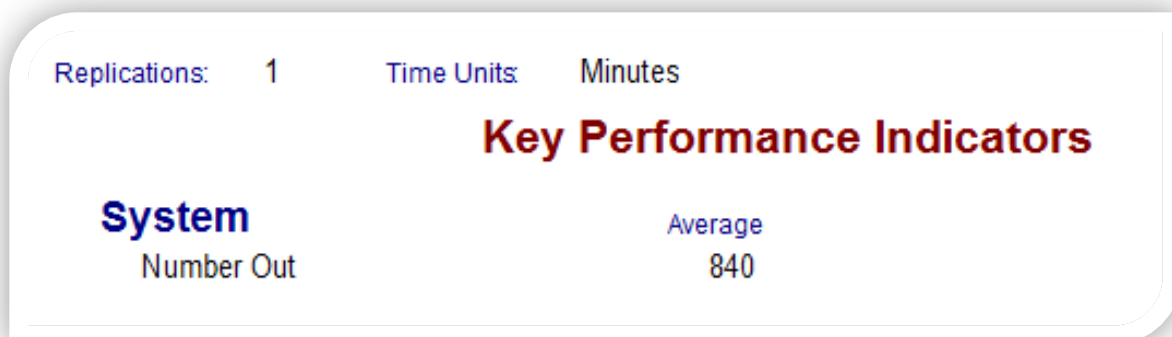
Slika 18. Aktivnost utovara robe za veletrgovinu

Nakon utovara robe za veletrgovinu i ova grana simulacijskog modela završava blokom „Dispose“ koji bilježi broj entiteta koji su izašli iz modela u određenoj grani (u ovom slučaju grana u kojoj se roba dostavlja veletrgovcu).

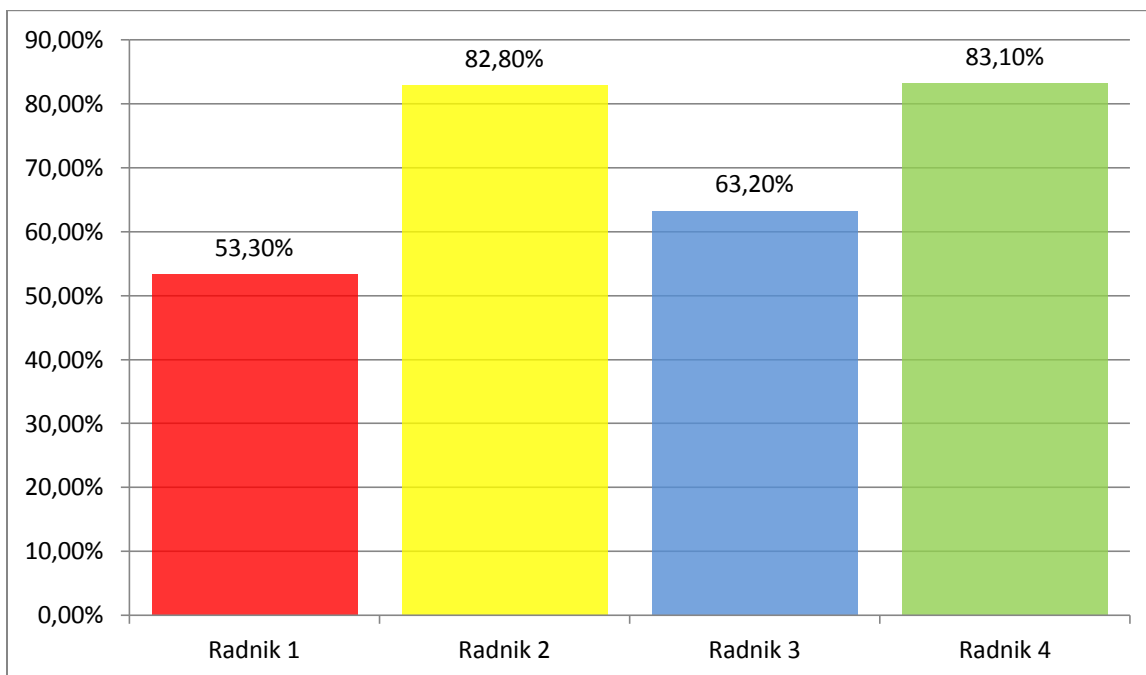
### 5.3. Rezultati simulacije

Nakon validacije simulacijskog modela provedena je simulacija u trajanju 1 radnog dana. Radni dan u tvrtci podrazumijeva 12 radnih sati. Rezultati simulacije prikazani su niže u tekstu.

Kao osnovni parametri za razmatranje rezultata simulacije uzeti će se broj entiteta na izlazu “Number Out” na slici 19, te iskorištenost kapaciteta tj. radnika “Resource Utilization” na grafikonu 1. Kao dodatni parametri, u svrhu procjene optimizacije sustava, razmatrati će se i red čekanja (vrijeme čekanja pojedinog artikla na aktivnost i broj artikala u redu čekanja) na pojedinoj aktivnosti “Queue – Waiting Time, Number Waiting” prikazani na slici 21. Kao konstantni ulazni parametar postavljen je broj entiteta koji su ušli u sustav „Number in“ i on iznosi 980 entiteta tj. artikala u danu.



Slika 19. Broj entiteta koji je izašao iz sustava



Grafikon 1. Iskorištenost kapaciteta

Zbog bolje preglednosti i lakše usporedbe nakon izvršenog simulacijskog eksperimenta izlazni parametar o redu čekanja na pojedinim aktivnostima prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Red čekanja na pojedinim aktivnostima

| Aktivnost                      | Vrijeme provedeno u redu<br>čekanja (min) | Broj entiteta (artikala) u redu<br>čekanja (kom) |
|--------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Istovar                        | 4.91                                      | 5.73                                             |
| Zaprimanje                     | 35.70                                     | 41.65                                            |
| Odlaganje za povrat            | 32.74                                     | 0.86                                             |
| Utovar za povrat               | 29.67                                     | 0.78                                             |
| Komisioniranje za poslovnice   | 14.03                                     | 2.28                                             |
| Pakiranje za poslovnice        | 13.59                                     | 2.21                                             |
| Utovar za poslovnice           | 1.06                                      | 0.17                                             |
| Komisioniranje za veletrgovinu | 13.11                                     | 3.33                                             |
| Pakiranje za veletrgovinu      | 14.91                                     | 3.79                                             |
| Utovar za veletrgovinu         | 2.07                                      | 0.53                                             |
| Pozicioniranje                 | 0.56                                      | 0.41                                             |

## 5.4. Simulacijski eksperiment

Kao cilj simulacijskog eksperimenta bit će postavljeno optimiziranje sustava s ciljem smanjenja reda čekanja. Prvi korak je odrediti kritične aktivnosti na kojima je red čekanja (vremenski i po komadu) najveći, a te aktivnosti su aktivnost istovara, zaprimanja i odlaganja za povrat. Aktivnost s uvjerljivo najvećim redom čekanja po oba kriterija je aktivnost zaprimanja, stoga će na nju biti obraćena najveća pozornost tijekom provođenja simulacijskog eksperimenta. Simulacijski eksperiment provodi se na istom simulacijskom modelu, a koraci pomoću kojih se može doći do optimizacije aktivnosti i konačno procesa biti će opisani u daljnjem tijeku rada.

Kao jedna od osnovnih izmjena na simulacijskom modelu, uz izmjene na alokaciji resursa, navedena je promjena prioriteta aktivnosti. Promjenom prioriteta aktivnosti u simulacijskom programu ARENA definira se kojim će se redoslijedom izvršavati aktivnosti koje bi se izvršavale istovremeno. Kao primjer mogu se navesti aktivnosti istovara i zaprimanja robe. Na obje aktivnosti kao resurs je postavljen Radnik 3. Aktivnost istovara ima postavljen visoki prioritet (1), a aktivnost zaprimanja srednji prioritet (2). Ovako postavljeni prioriteti znače da će se aktivnost zaprimanja (2) izvršiti prije aktivnosti nižih prioriteta (3), a nakon aktivnosti istovara (1).

S ciljem smanjenja reda čekanja na svim elementima sustava biti će provedene sljedeće izmjene na simulacijskom modelu:

- 1) Na aktivnosti zaprimanja prioritet će biti postavljen sa srednjeg (2) na visoki prioritet (1). Aktivnost i dalje vrši samo Radnik 3 kao i prije simulacijskog eksperimenta.
- 2) Na aktivnosti utovara za veletrovinu kao jedini dostupni resurs biti će postavljen samo Radnik 1. Prije provedbe simulacijskog eksperimenta na navedenoj aktivnosti bili su dostupni i Radnik 3 i Radnik 4.
- 3) Na aktivnosti utovara za poslovnice kao dostupni resurs biti će postavljen samo Radnik 1. Prije provedbe simulacijskog eksperimenta na navedenoj aktivnosti bili su dostupni i Radnik 3 i Radnik 4.
- 4) Na aktivnosti pozicioniranja prioritet će biti postavljen sa srednjeg (2) na niski prioritet (3). Aktivnost i dalje vrši samo Radnik 1 kao i prije simulacijskog eksperimenta.

- 5) Na aktivnosti utovara za povrat kao dostupni resurs biti će postavljen samo Radnik 1. Prije provedbe simulacijskog eksperimenta na navedenoj aktivnosti bili su dostupni i Radnik 3 i Radnik 4. Uz promjenu dostupnih resursa na ovoj aktivnosti promijenjen je i prioritet sa visokog (1) na srednji prioritet (2).

## 5.5. Rezultati simulacijskog eksperimenta

Rezultati simulacijskog eksperimenta prikazani su na tablici 4. Smanjenje vremena provedenog u redu čekanja prikazano je na tablici 5, a tablica 6 prikazuje smanjenje broja entiteta koji se nalaze u redu čekanja prije i nakon provedbe simulacijskog eksperimenta.

Tablica 4. Red čekanja na pojedinim aktivnostima nakon simulacijskog eksperimenta

| Aktivnost                      | Vrijeme provedeno u redu<br>čekanja (min) | Broj entiteta (artikala) u redu<br>čekanja (kom) |
|--------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Istovar                        | 4.92                                      | 5.75                                             |
| Zaprimanje                     | 33.64                                     | 39.25                                            |
| Odlaganje za povrat            | 29.59                                     | 0.82                                             |
| Utovar za povrat               | 0.33                                      | 0.01                                             |
| Komisioniranje za poslovnice   | 15.58                                     | 2.14                                             |
| Pakiranje za poslovnice        | 14.69                                     | 2.02                                             |
| Utovar za poslovnice           | 0.18                                      | 0.03                                             |
| Komisioniranje za veletrgovinu | 11.85                                     | 3.01                                             |
| Pakiranje za veletrgovinu      | 13.41                                     | 3.41                                             |
| Utovar za veletrgovinu         | 0.22                                      | 0.06                                             |
| Pozicioniranje                 | 1.05                                      | 0.78                                             |

Tablica 5. Usporedba vremena provedenog u redu čekanja prije i nakon simulacijskog eksperimenta

| Aktivnost                      | Vrijeme provedeno u redu čekanja (min) |               |
|--------------------------------|----------------------------------------|---------------|
|                                | prije                                  | poslije       |
| Istovar                        | 4.91                                   | 4.92          |
| Zaprimanje                     | 35.70                                  | 33.64         |
| Odlaganje za povrat            | 32.74                                  | 29.59         |
| Utovar za povrat               | 29.67                                  | 0.33          |
| Komisioniranje za poslovnice   | 14.03                                  | 15.58         |
| Pakiranje za poslovnice        | 13.59                                  | 14.69         |
| Utovar za poslovnice           | 1.06                                   | 0.18          |
| Komisioniranje za veletrgovinu | 13.11                                  | 11.85         |
| Pakiranje za veletrgovinu      | 14.91                                  | 13.41         |
| Utovar za veletrgovinu         | 2.07                                   | 0.22          |
| Pozicioniranje                 | 0.56                                   | 1.05          |
| <i>Ukupno</i>                  | <i>165.35</i>                          | <i>125.46</i> |
| <i>Razlika</i>                 |                                        | <i>24.12%</i> |

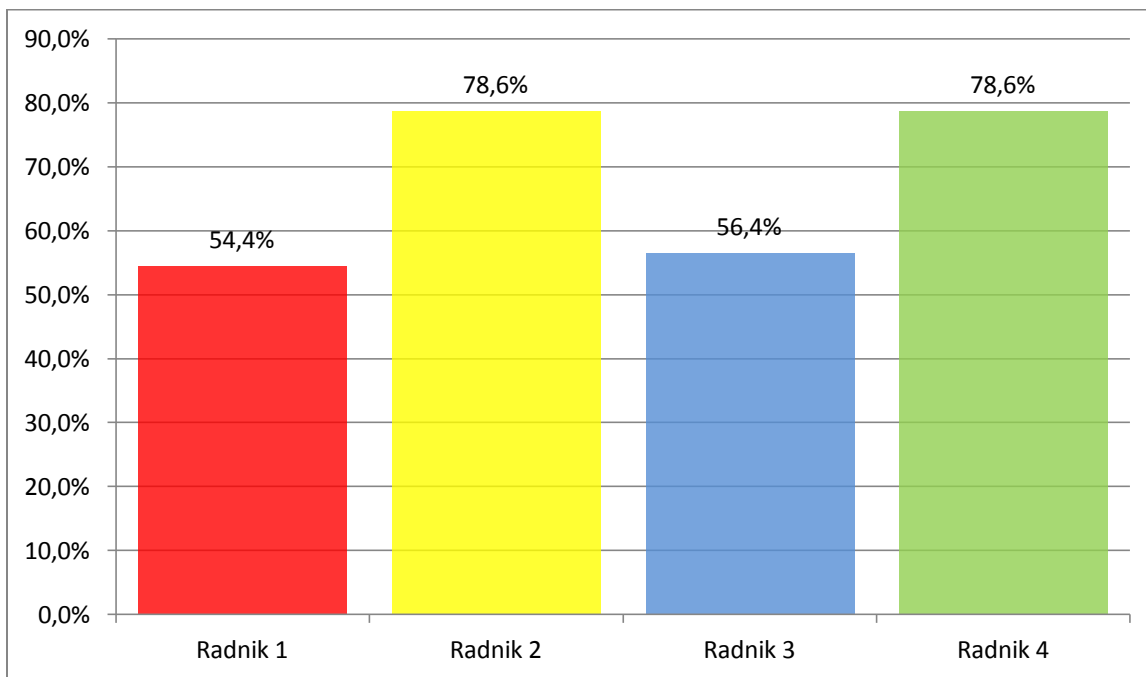
Tablica 6. Usporedba broja entiteta u redu čekanja prije i nakon simulacijskog eksperimenta

| Aktivnost                      | Broj entiteta u redu čekanja (kom) |              |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------|
|                                | prije                              | poslije      |
| Istovar                        | 5.73                               | 5.75         |
| Zaprimanje                     | 41.65                              | 39.25        |
| Odlaganje za povrat            | 0.86                               | 0.82         |
| Utovar za povrat               | 0.78                               | 0.01         |
| Komisioniranje za poslovnice   | 2.28                               | 2.14         |
| Pakiranje za poslovnice        | 2.21                               | 2.02         |
| Utovar za poslovnice           | 0.17                               | 0.03         |
| Komisioniranje za veletrgovinu | 3.33                               | 3.01         |
| Pakiranje za veletrgovinu      | 3.79                               | 3.41         |
| Utovar za veletrgovinu         | 0.53                               | 0.06         |
| Pozicioniranje                 | 0.41                               | 0.78         |
| <i>Ukupno</i>                  | <i>61.83</i>                       | <i>57.28</i> |
| <i>Razlika</i>                 | <i>7.36%</i>                       |              |

Iz tablica je vidljivo značajno smanjenje reda čekanja u gotovo svim aktivnostima, a posebno u onima koji su imali najveće redove čekanja. Tek blago povećanja reda čekanja vidljivi su na aktivnostima pozicioniranja, komisioniranja za poslovnice i pakiranja za poslovnice. Kao uzrok ovog blagog povećanja reda čekanja je što je simulacijski eksperiment proveden bez dodavanja novih radnika, nego uz postojeće resurse, stoga je značajno smanjenje reda čekanja na većini aktivnosti u manjoj mjeri negativno utjecalo na preostale aktivnosti.

Apsolutno smanjenje vremena provedenog u reda čekanja iznosi 39.89 minuta (40 minuta i 29 sekundi), što odgovara smanjenju od 24.12% (vidljivo u tablici 5). Apsolutno smanjenje broja entiteta u redu čekanja iznosi 4 entiteta, što odgovara smanjenju od 7.36% (tablica 6).

Promjena u iskorištenosti kapaciteta prikazana je na grafikonu 2. Rezultat simulacijskog eksperimenta je pravilnija raspodjela iskorištenosti radnika, ali i manja ukupna iskorištenost pri jednakom broju radnika i jednakom broju entiteta na ulazu, što ukazuje na bolje optimiran sustav.



Grafikon 2. Iskorištenost kapaciteta nakon simulacijskog eksperimenta

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu koji se može podijeliti na dva glavna dijela – teorijskom i praktičnom, obrađene su teorijske cjeline logističkih procesa, distribucije te simulacija u logistici. U prvom dijelu rada definirani su osnovni pojmovi te podjele nositelja logističkih procesa, troškova u logistici i distribucije, a potom i temeljni zadaci distribucije i koncepcije distribucijskih mreža. Prvi, teorijski, dio rada predstavlja teorijski uvod u temu rada koji je potrebno poznavati jer se simulacijski model odnosi na skladište autodijelova, koje se nalazi u razgranatoj distribucijskoj mreži tvrtke Tokić d.o.o. Cilj ovog rada bio je ukazati na prednosti simulacijskog modeliranja, uz konačni prikaz konkretnih rezultata simulacijskog eksperimenta.

Drugi dio rada baziran je na izradu simulacijskog modela. Za izradu simulacijskog modela bilo je potrebno prikupiti sve osnovne ulazne veličine. Realan simulacijski model koji će biti vjerna kopija stvarnog sustava ovisi o kvantiteti i kvaliteti prikupljenih ulaznih veličina, stoga je u ovaj dio rada uloženo mnogo vremena. Nakon prikupljanja svih potrebnih ulaznih veličina izrađen je simulacijski model, te je nakon njegove verifikacije i validacije moglo početi simulacijsko eksperimentiranje.

Cilj simulacijskog eksperimenta bio je smanjiti redove čekanja na svim aktivnostima u sustavu te na taj način optimizirati sustav, a uz izmjene na simulacijskom modelu ostvaren je pozitivan rezultat. Smanjenje vremena provedenog u redu čekanja na svim aktivnostima u sustavu iznosi 24.12% što predstavlja značajno smanjenje, a ono je postignuto tek uz manje izmjene u raspodjeli radnika te promjeni prioriteta određenih aktivnosti. Uz dodavanje novih radnika u sustav bila bi moguća i daljnja poboljšanja, no cilj je bio uz male izmjene postići zapaženi rezultat. Kao rezultat simulacijskog eksperimenta postignuta je i pravilnija raspodjela iskorištenja kapaciteta tj. radnika te pri jednakom broju entiteta na ulazu ukupna iskorištenost kapaciteta umanjena, što omogućuje da se višak kapaciteta postavi na dodatne aktivnosti koje su u ovom simulacijskom modelu izostavljene zbog pojednostavljenja modela.

## LITERATURA

- [1] Ivaković, Č., Stanković, R., Šafran, M.: *Špedicija i logistički procesi*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [2] Zelenika, R.: *Logistički sustavi*, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2005.
- [3] Šamanović, J.: *Logistički i distribucijski sustavi*, Ekonomski fakultet, Split, 1999.
- [4] Chorafas, D. N.: *Warehousing-Planning, Organising and Conroling the Storage and Distribution of Goods*, Macmillan, PressLtd, London, 1974.
- [5] Ferišak, V., Medveščak, I., Renko, F., Sremec, D., Šnajder, B.: *Poslovna logistika*, Informator, Zagreb, 1983.
- [6] Segetlija, Z., Lamza-Maronić, M.: *Distribucijski sustav trgovinskog poduzeća*, Ekonomski fakultet Osijek, Osijek, 1994.
- [7] URL: <https://www.tokic.hr/onama/> (srpanj 2016.)
- [8] URL: <http://www.atr.de/en/about-us/our-company/> (kolovoz 2016.)
- [9] URL: <https://www.arenasimulation.com/what-is-simulation> (kolovoz 2016.)

## POPIS SLIKA

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Pravac kretanja troškova logistike u odnosu na troškove proizvodnje ..... | 5  |
| Slika 2. Rutiranje dostave i skupljanja robe .....                                 | 6  |
| Slika 3. Direktna dostava .....                                                    | 7  |
| Slika 4. Distirbucijsko skladištenje .....                                         | 8  |
| Slika 5. Grafički prikaz funkcioniranja cross docking sustava .....                | 9  |
| Slika 6. Simulacijski model .....                                                  | 15 |
| Slika 7. Kreacija entiteta .....                                                   | 16 |
| Slika 8. Aktivnost istovara .....                                                  | 16 |
| Slika 9. Aktivnost zaprimanja .....                                                | 17 |
| Slika 10. Zadovoljenje uvjeta o ispravnosti robe .....                             | 18 |
| Slika 11. Aktivnost odlaganja robe za povrat .....                                 | 18 |
| Slika 12. Aktivnost utovara robe za povrat .....                                   | 19 |
| Slika 13. Blok „Decide“ .....                                                      | 20 |
| Slika 14. Aktivnost pozicioniranja .....                                           | 20 |
| Slika 15. Blok „Decide“, odluka o veletrgovcu ili poslovnici .....                 | 21 |
| Slika 16. Aktivnost komisioniranja .....                                           | 22 |
| Slika 17. Aktivnost pakiranja robe za veletrgovinu .....                           | 22 |
| Slika 18. Aktivnost utovara robe za veletrgovinu .....                             | 23 |
| Slika 19. Broj entiteta koji je izašao iz sustava .....                            | 24 |

## POPIS TABLICA

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1. Vremena trajanja aktivnosti .....                                                             | 12 |
| Tablica 2. Podjela radnika po aktivnostima i prioritetima .....                                          | 13 |
| Tablica 3. Red čekanja na pojedinim aktivnostima .....                                                   | 26 |
| Tablica 4. Red čekanja na pojedinim aktivnostima nakon simulacijskog eksperimenta .....                  | 28 |
| Tablica 5. Usporedba vremena provedenog u redu čekanja prije i nakon simulacijskog<br>eksperimenta ..... | 29 |
| Tablica 6. Usporedba broja entiteta u redu čekanja prije i nakon simulacijskog eksperimenta ...          | 30 |

## POPIS GRAFIKONA

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafikon 1. Iskorištenost kapaciteta .....                                  | 25 |
| Grafikon 2. Iskorištenost kapaciteta nakon simulacijskog eksperimenta ..... | 31 |

## METAPODACI

**Naslov rada:** Analiza procesa skladištenja primjenom simulacijskog modela

**Student:** Antonio Jozić

**Mentor:** doc. dr. sc. Diana Božić

**Naslov na drugom jeziku (engleski):**

Storage process analysis by usage of simulation modeling

**Povjerenstvo za obranu:**

- doc. dr. sc. Ratko Stanković predsjednik
- doc. dr. sc. Diana Božić mentor
- dr. sc. Ivona Bajor član
- prof. dr. sc. Kristijan Rogić zamjena

**Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj:** Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod:** Zavod za transportnu logistiku

**Vrsta studija:** Preddiplomski

**Studij:** ITS i logistika (npr. Promet, ITS i logistika, Aeronautika)

**Datum obrane završnog rada:** 13.09.2016.



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih  
znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.  
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.  
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.  
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada  
pod naslovom **Analiza procesa skladištenja primjenom simulacijskog modela**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 1.9.2016.

Antonio Jozic'