

Analiza logističkog procesa skladištenja primjenom simulacijskog modela - studija slučaja

Krpanić, Domagoj

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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:119:745909>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-26**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Domagoj Krpanić

**ANALIZA LOGISTIČKOG PROCESA SKLADIŠTENJA
PRIMJENOM SIMULACIJSKOG MODELA – STUDIJA SLUČAJA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA LOGISTIČKOG PROCESA SKLADIŠTENJA PRIMJENOM SIMULACIJSKOG MODELA – STUDIJA SLUČAJA ANALYSIS OF THE WHAREHAUSING LOGISTICS PROCESS BY SIMULATION – CASE STUDY

Mentor: Doc. dr. sc. Diana Božić

Student: Domagoj Krpanić , 0135227725

Zagreb, 2017.

SAŽETAK

U radu su obrađene teorijske osnove logističkih procesa, procesi skladištenja i simulacija. Prikazan je postupak izrade simulacijskog modela u logistici na primjeru skladišta građevinske firme.

Pri izradi simulacijskog modela se moraju poštivati određena pravila kao što su definicija cilja simulacijske studije, jasna indentifikacija simularanog sustava. Za izradu simulacijskog modela važno je prikupljanje podataka o sustavu i njihova analiza.

KLJUČNE RIJEČI: logistički procesi; skladištenje; simulacijski model

SUMMARY

The paper deals with the theoretical basis of logistics processes, warehousing logistics process and simulation. the procedure for drawing a simulation model in logistics is presented in the example of a building company's warehouse.

When developing a simulation model, certain rules such as the definition of a simulation study goal, clear identification of the simular system, must be respected. To develop a simulation model, it is important to collect system data and their analysis.

KEYWORDS: logistics processes; warehousing logistics process; simulation

Sadržaj

1. UVOD	1
2. Osnove simulacijskog modeliranja	2
2.1 LOGISTIKA I SIMULACIJSKI MODELI KROZ POVIJEST	2
2.3 SIMULACIJSKO MODELIRANJE	5
2.4 Programski alati u primjeni u logistici	7
2.4.1. ARENA ROCKWELL	7
2.4.2 IZRADA SIMULACIJSKOG MODELA U PROGRAMU ARENA ROCKWELL	8
2.4.3 DOSIMIS-3	11
2.4.4 GPSS (GENERAL PURPOSE SIMULATION SYSTEM)	12
2.4.5 SIMULA	14
3. Konceptualni model logističkog procesa skladištenja	15
3.1 LOGISTIČKI PROCESI	15
3.2 OPĆENITO O SKLADIŠTU	18
3.3 KLASIFIKACIJA SKLADIŠTA	19
3.3.1 Ekonomsko-eksploatacijski kriterij	19
3.3.2 Tehničko-eksploatacijski kriterij	20
3.4 LOKACIJA SKLADIŠTA	22
3.4.1 Odabir lokacije	22
3.4.2 Veličina skladišta i unutarnji prostor	22
3.4.3. Skladišni objekti za rasutu robu	23
4. Prikaz i parametrizacija simulacijskog modela	24
4.1 Tekstualni opis procesa isporuke i prijema radnih strojeva, goriva, alata i materijala	24
4.2 Parametrizacija zadatka	26
5. Analiza rezultata	30
6. Zaključak	34
POPIS SLIKA	35
POPIS TABLICA	35
POPIS DIJAGRAMA	35
POPIS LITERATURE	36

1. UVOD

Logistika je djelatnost koja u suvremenim uvjetima označava one poslovne i znanstvene funkcije koje se koriste za koordinaciju kretanja materijala, roba i proizvoda. Ona regulira kružni tok od nabave i proizvodnje do prodaje i potrošača. Sastoji se od više cjelina, ali u ovom radu ćemo obraditi jednu od njih i to skladištenje.

Unatoč sve izraženijoj težnji za tzv. savršenom proizvodnjom (proizvodnjom bez zaliha gotovih proizvoda) ipak i dalje postoji potreba za skladištenjem zaliha materijala i trgovačke robe, a samim tim i za projektiranjem skladišta. Nužnost skladištenja naročito je izražena u proizvodnji gdje proizvođač u svakom trenutku mora imati sve potrebne sirovine odmah dostupne kako bi mogao udovoljiti trenutnim zahtjevima tržišta.

U postupku projektiranja skladišta, a poglavito u evaluaciji projektiranog rješenja, simulacije mogu biti od velike pomoći. Na taj se način nabolje utvrđuje da li je projekt isplativ ili se može poboljšati.

Stoga ćemo se u ovom radu pozabaviti jednom takvom simulacijom.

2. Osnove simulacijskog modeliranja

2.1 LOGISTIKA I SIMULACIJSKI MODELI KROZ POVIJEST

U suvremenom društvu, društvu u kojem ostvarenje pozamašnog kapitala postaje krajnji cilj, opće je poznata te sveobuhvatno prihvaćena činjenica o nužnosti razumijevanja, ali isto tako i adekvatnog primjenjivanja brojnih logističkih čimbenika koji su od velikog utjecaja na uspjeh projekata. Međutim, manje je poznato kako logistika svoje korijene vuče iz drevnog razdoblja kasnog brončanog doba, odnosno antičkog doba te kako se logistika usavršavala paralelno s razvojem civilizacije. Stručnjaci povoljne uvijete za razvoj logistike pronalaze u razvoju numeričkog sustava te stoga ne čudi kako se upravo Pitagora, čuveni grčki matematičar i filozof, smatra prvim logističarem.

Logistika je u doba starih civilizacija prvenstvo za svrhu imala osigurati boljitak trgovine pa sukladno tome i sam prijevod riječi logistika dolazi iz sinteze riječi računanje i slika, budući da brojevi tada nisu imali odgovarajući simbol već su bili predstavljeni pomoću slika. Nepobitan dokaz o postojanju logistike u razdobljima prije nove ere su i intenzivnost, dalekosežnost i korpulentnost proizvodnih te trgovačkih aktivnosti kasnog brončanog doba na području Mediteranu koje se bih mogle postići bez poznavanja logističkih zakonitosti.

Uz trgovačke djelatnosti logistika je nužno vezana i uz seobe naroda te brojne ratove u kojima su znanja iz logistike korištena za pripremu i organizaciju vojnih aktivnosti kada logistika kao znanost nije ni postojala. U vojnoj znanosti logistika se koristila prilikom pozadinskog opskrbljivanja vojske te je obuhvaćala aktivnosti poput sanitetske, tehnološke, financijske, veterinarske ili pak građevinarske opskrbe. Sun Tzu, kineski učitelj, u drugom je stoljeću prije Krista posvetio cijelo poglavlje transportu i skladištenju robe u svojoj knjizi *Umijeće ratovanja* koja već više od dvije tisuća godina daje savjete o vojnoj taktici.

¹Pojam logistike u srednjem vijeku koristio je istočnorimski car Leopold na prijelazu iz devetog u deseto stoljeće: „...logistika treba da naoruža vojsku, ovisno o potrebi za sredstvima zaštite i oružjem, da se pravovremeno brine o njenim potrebama u terenskim poslovima u miru i u ratu.“ naglašavajući pritom njenu važnost. Osvajači, poput Aleksandra Makedonskog, tijekom povijesti su primjenjivali logističku teoriju kako bi uz što

¹ Sun Tzu. *umijeće ratovanja* IV. izdanje-poglavlje umijeće ratovanja u kometarima, str 140.

manje gubitke širili svoj teritorij te kako bi pronašli trgovačke puteve. Hanibal, veliki kartaški general, omogućio je pomoću dobre logističke organizacije transport 30 tisuća vojnika, konja i slonova u Italiju čime je izvojevao, doduše kratkovječnu, pobjedu nad Rimljanima.

Opće poznati Napoleonov pohod na Rusiju neslavno je završio upravo zbog nedovoljne i nekvalitetne logističke pripreme. Zanemarivši pozadinsku opskrbu vojnika te vodeći žene i djecu u vojni pohod, Napoleon je već na samome početku ekspanziju odveo u propast.²

Pogrešni logistički potezi, uz pogrešne političke odluke nedovoljno pripremljenih državnih čelnika, na početku Prvoga svjetskoga rata doveli su do toga da rat potraje te je tako uzak balkanski sukob pretvoren u sukob svjetskih razmjera. Tijekom Drugog svjetskog rata logistička su se znanja sve više primjenjivala u planiranju i upravljanju zalihama te procesu regrutiranja savezničkih trupa. Počela su se postavljati pitanja o složenim logističkim problemima, a njihovim je rješavanjem formulirana moderna koncepcija vojne logistike. Upravo se zbog značajnog doprinosa logistike u vojnih pohodima logistika počela sistematizirati te sustavno proučavati nakon Drugoga svjetskoga rata.³

Različita shvaćanja i tumačenja pojma logistike dovela su do toga da danas ne postoji stopostotno argumentiran ni opće prihvaćen pojam logistike. Međutim, pojednostavljeno gledano nije pogrešno tvrditi kako logistika ima dva glavna značenja. Prvo značenje govori kako je logistika znanstvena disciplina koja se bavi svladavanjem prostora i vremena uz najmanje troškove, dok drugo značenje opisuje logistiku kao specifičnu funkciju u okviru poduzeća kojoj je glavni zadatak omogućavanje poslovnih ciljeva. Kako bi se izbjegli bilo kakvi sukobi oko naočigled različitog shvaćanja pojma logistike u novije je vrijeme sve više u upotrebi naziv integralna logistika čime se naglašava međusobna isprepletenost dvaju termina.

Prilikom analiziranja logistike nemoguće je ne dotaći se pojma logističkog sustava koji označava skup elemenata tehničke, tehnološke, organizacijske, ekonomske i pravne naravi s

² Beraković, Mladen: Povijesni razvoj logistike kroz povijest, Fakultet organizacije i informatike Varaždin: Katedra za gospodarstvo, 2013.

³ https://www.researchgate.net/publication/303549732_Logistika ; Zagreb 01.08.2017

ciljem optimizacije tokova materijala, roba, informacija, energije i ljudi na određenom zemljopisnom području radi ostvarenja najvećih ekonomskih prihoda. Osnovne logističke funkcije spomenutog logističkog sistema su pritom: realizacija narudžbi, upravljanje zalihama, skladištenje, pakovanje te transport. A kao što i sam naziv rada upućuje fokus ovoga rada bit će na logističkoj funkciji skladištenja.⁴

Posebna pažnja posvetit će se simulacijskim modelima. Simulacija nam omogućuje dizajniranje i analizu sustava bez eksperimentiranja sa stvarnim sustavom te je kao takva neizostavan model logističkog sistema. Umjesto eksepimentiranja sa stvarnim sustavom, eksperimentira se sa simulacijskim modelom koji je izgrađen na osnovi stvarnog sustava. Primjerice, trebamo li odlučiti koliko je korisno zaposliti dodatnog radnika u skladištu, možemo izgraditi simulacijski model proizvodnog procesa s i bez dodatnog radnika te utvrditi isplati li nam njegova nabavka. Simulacija nam čak omogućuje eksperimentiranje sa sustavom koji još ne postoje te čija je izgradnja tek u procesu planiranja. Velika prednost simulacije je i animacija sustava koji se analizira, čime se postiže poboljšana komunikacija s donositeljima odluka.⁵

⁴ Ivanković, Č., Stanković, R., Šafran, M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2010:225-363.

⁵ Jolić, Natalija.: Logistika i ITS, Fakultet prometnih znanosti sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2006:175- 176.

2.3 SIMULACIJSKO MODELIRANJE

Simulacija je oponašanje realnih stvari, stanja ili procesa. Simulacijom želimo odrediti utjecaj promjene određenih varijabli na ponašanje odabranog fizičkog ili apstraktnog sustava. Simulacija se koristi u mnogim prilikama, uključujući modeliranje prirodnih i ljudskih sustava. U tehnici se simulacije koriste za poboljšanje karakteristika ,povećanja sigurnosti, te samo testiranje sustava, a vrlo često i za obuku i obrazovanje ljudi. Simulacije se koriste i za prikaz stvarnih učinaka koje neki sustav ima na okoliš.

Iako za proces izradbe modela nema striktnih pravila, dugo iskustvo velikoga broja ljudi koji su se time bavili dovelo je do nekih općih preporuka za izradu simulacijskih modela koje je formulirao G. Gordon još davne, 1969. godine⁶.

- Granica sustava s okolinom mora biti odabrana tako da sustav, odnosno njegov model, obuhvaća samo fenomene od interesa. Okolina sustava modelira se tako da se ne uključuju detalji i uzročne veze među njima, nego se daje samo njihov sažeti prikaz (npr. slučajna razdioba dolazaka u sustav).
- Modeli ne smiju biti odveć složeniji ni detaljniji, nego treba modelirati samo relevantne elemente sustava. Odviše složene i detaljne modele teško je ili čak nemoguće razumjeti i vrjednovati, što znači da su i njihov razvoj i uporaba teški i neizvjesne kvalitete.
- Model ne smije niti odveć pojednostavniti problem npr. izbacivanjem varijabli nužnih za adekvatni opis sustava ili odveć velikim stupnjem agregiranja komponenti sustava.
- Model je razumno rastaviti na više dobro definiranih i jednostavnih modula s točno određenom funkcijom koju je lakše izgraditi i provjeriti.
- U razvoju modela preporučuje se primjena neke od provjerenih metoda za razvoj algoritma i programa koje trebaju omogućiti bolje razumijevanje modela i pojedinih njegovih modula u svim fazama razvoja modela.
- Potrebna je provjera logičke i kvantitativne ispravnosti modela, i to kako pojedinačnih modula, tako i cijelog modela. Kod modela koji uključuju slučajne varijable to znači i primjenu odgovarajućih statističkih tehnika.

Simulacijski je proces struktura rješavanja stvarnih problema s pomoću simulacijskog modeliranja. On se može opisati u obliku niza koraka koji čine pojedine faze rješavanja problema

⁶ Gordon G. System simulation. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1969. (Cit. iz Čerić V. Simulacijsko modeliranje. Zagreb: Školska knjiga, 1993.)

ovom metodom i koji slijede jedan nakon drugog, iako ne strogo sekvencijalno, jer je moguć povratak na prethodne korake procesa, ovisno o rezultatima dobivenima u pojedinim fazama toga procesa.⁷

Osnovni su koraci simulacijskoga procesa sljedeći (kako su ih formulirali Law i Kelton, 1982⁸. godine :

- Definicija cilja simulacijske studije.
- Identifikacija sustava.
- Prikupljanje podataka o sustavu i njihova analiza.
- Izgradnja simulacijskog modela.
- Izgradnja simulacijskoga programa.
- Verificiranje simulacijskog programa.
- Vrednovanje simulacijskog modela.
- Planiranje simulacijskih eksperimenata i njihovo izvođenje.
- Analiza rezultata eksperimenata.
- Zaključci i preporuka

⁷ https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf ;Zagreb 01.08.0217

⁸ Law AM, Kelton WD. Simulation modeling and analysis. New York: McGraw-Hill, 1982. (Cit. iz Čerić V. Simulacijsko modeliranje. Zagreb: Školska knjiga, 1993.)

2.4 Programski alati u primjeni u logistici

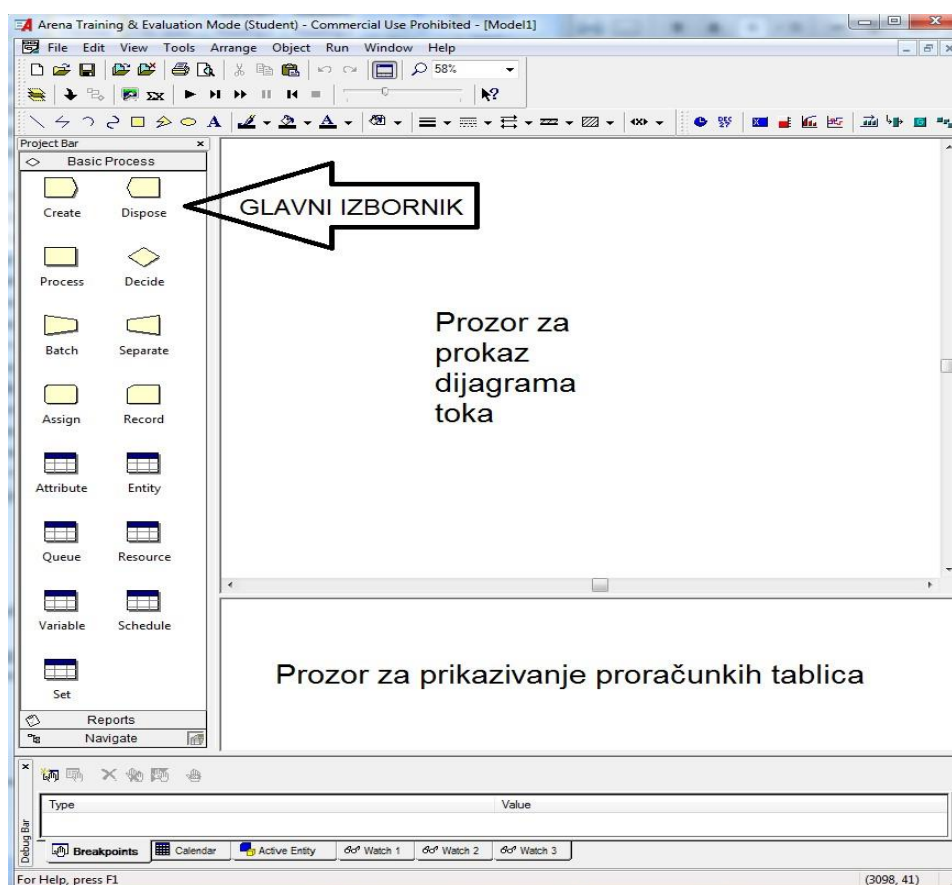
2.4.1. ARENA ROCKWELL

Arena je softver namijenjen za simulaciju diskretnih i automatiziranih događaja razvijen od strane Systems Modeling 2000. godine. Diskretna simulacija događaja omogućuje brzo analiziranje procesa ili ponašanja sustava tijekom vremena i redizajna procesa ili sustava bez ikakvih financijskih implikacija. Za izradu simulacijskih modela koristi SIMAN jezik. Danas Arena softver koriste brojne tvrtke koje se u svom poslovanju bave simulacijama. Neke od njih su: General Motors, UPS, IBM, Nike, Xerox, Lufthansa, Ford Motor Company. Pruža uvid u mnoge procese unutar tvrtke, simulira buduće karakteristike sustava i omogućuje usporedbu sadašnjeg i budućeg sustava. Takvom usporedbom utvrđuje mogućnosti za poboljšanje. Također pogodan je analitičarima za provođenje analize sustava i omogućuje vizualizaciju rješenja s dinamičnim animacijama. Arena ima široku primjenu radi mogućnosti rješavanja brojnih logističkih problema. Prije svega ima mogućnost dijagnosticiranja problema te mogućnost rješavanje problema poput pojavljivanja uskog grla, smanjenja vremena isporuke, boljeg upravljanja zalihama i osobljem te kroz sve svoje operacije poboljšati ukupnu profitabilnost cijelog sustava i poboljšati sveukupno poslovanje.⁹

⁹ <https://www.arenasimulation.com>, 01.08.2017.

2.4.2 IZRADA SIMULACIJSKOG MODELA U PROGRAMU ARENA ROCKWELL

Prije same izrade simulacije potrebno je skinuti program Arena. Moguće je skinuti besplatnu probnu verziju pri kupnje originalnog licenciranog proizvoda. Link za besplatno skidanje je : <https://www.arenasimulation.com/simulation-software-download>. Pri pokretanju programa prikazuje se prikaz kao na slici 7.. Tijekom poglavlja će biti pojedinačno objašnjen svaki proces koji je sudjelovao u simulacijskom modelu.



Slika 1 Početni zaslon programa Arena

Izradio: autor

Svaka simulacija počinje elementom „ Create „ koji je prilazan na slici 8..Služi za podešavanje entiteta u sustavu.



Slika 2 Ikona "Create"

Izradio: autor

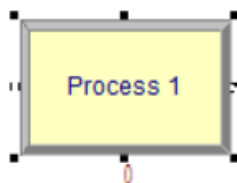
Simulacija završava procesom „Dispose“(Slika 9.) na kojem se može očitati ukupan broj entiteta koji su prošli kroz sustav.



Slika 3 kona "Dispose"

Izradio: autor

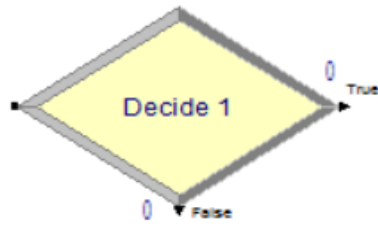
Najvažnija ikona je „Process“, u njoj se određuju parametri (slika 10). Radnja se može odvijati na četiri načina: čekanje, posluživanje, propuštanje i propuštanje nakon posluživanja. Drugo važno svojstvo procesa je da se određuje koliko će se resursa iskoristiti na obavljanje radnje. Treće svojstvo je određivanje vremena potrebnog za obavljanje radnje.



Slika 4 Ikona "Process"

Izradio: autor

„Decide“ naredba služi za donošenje odluka na temelju ulaznih podataka, također može imati 2 ili više izlaza. Broj izlaza ovisi o samim postavkama simulacijskog programa.



Slika 5 Ikona "Decide"

Izradio: autor

Ikona „Record“ služi kao brojač unutar simulacijskog procesa. Može brojati Broj entiteta, mjeriti vrijeme prolaska...



Slika 6 Ikona "Record"

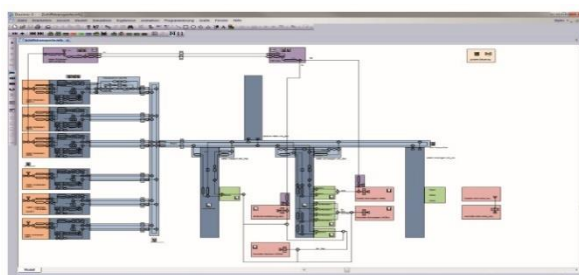
Izradio: autor

2.4.3 DOSIMIS-3

Dosimis-3 Trenutno na tržištu među vodećim simulacijskim paketima za simulacije u inženjerstvu. Od svog osnutka, prije 25 godina, neprekidan razvoj aplikacije je doveo do vodeće uloge u svijetu simulacija. Dosimis-3 omogućava rad preko jednostavnog i intuitivnog korisničkog sučelja, visokih performansi, gdje se posebno stavlja naglasak na statističke metode koje su dostupne korisnicima. Alat koji je univerzalan i svestran da zadovolji sve zahtjeve vezane uz planiranje i optimizaciju procesa, proizvodnju i lance nabave. Također je moguće simulirati i sve potrebne logističke procese koji se pojavljuju u određenoj proizvodnji ili skladišnim procesima, od početnog prijema sirovine, pa kroz proizvodnju sve do isporuke kupcu. Iako je DOSIMIS-3 razvijen za logističke inženjere, može se koristiti i kao matematički alat, jednostavan kalkulator. Prikaz 3D modela izrađenog u Dosimis-3 odlikuju sljedeće značajke:

- jednostavan za korištenje - brzo izvršenje traženih upita - visoka 3D animacija, kao podrška korisnici se 3D Studio Max
- rezultati u nekoliko standardnih statističkih dijagrama toka
- mogućnost prezentiranja rješenja u više sučelja- MS-Excel, COM, C++ - simulacija troškova
- posebna ponuda aplikacije za obrazovanje

Korisnici Dosimis-3 simulacijskog paketa su neke od vodećih poduzeća u svijetu u svojem poslovanju: Audi, Bayer Chemicals, Berger, BMW, Bosch, DHL, Deutsche post, Electrolux, Nokia, Porsche Leipzig, SAS France, Seat, Siemens, Škoda auto, VW i mnogi drugi.¹⁰



Slika 7 Prikaz projekta u programu Dosimis 3

(Izvor: <https://www.sdz.de/simulieren-sie-erfolgreich-mit-dosimis-3/01.08.2017.>)

¹⁰ <https://www.sdz.de/produkte/dosimis-3/,01.08.2017.>

2.4.4 GPSS (GENERAL PURPOSE SIMULATION SYSTEM)

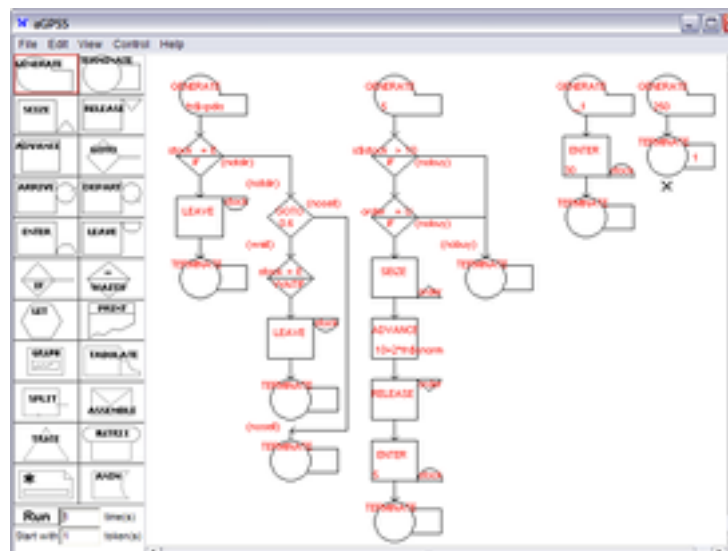
Autor programa je Geoffrey Gordon iz IBM-a (1960.) , to je jezik za diskretne simulacije, gdje simulacijski sat napreduje u diskretnim koracima vremena. Bio je popularan u 1960-tim i 1970-tim godinama. Danas mu je popularna inačica WEBGPSS (pisan u Java jeziku), demo je javno raspoloživ na <http://www.webgpss.com/> . Program je konstruiran tako da se najprije se konstruiraju blok dijagrami – izborom blokova iz izbornika klikanjem miša, Za svaki blok unose se operandi. Tekstualni program koji je na taj način razvijen na korisničkom računalu šalje se na poslužitelj kako bi se izvršio s pomoću GPSS.EXE, jezgrom programa koji koristi WebGPSS. Izlazne datoteke šalju se natrag na korisničko računalo i rezultati se prezentiraju u obliku tablica, histograma i grafikona.

Prednosti su:

- Kreirani modeli i programi su slični stvarnim problemima;
- Moguć brz razvoj simulacija;
- Grafičko sučelje potiče učenje i razumijevanje;
- Automatski omogućuje potrebnu statistiku;
- Lako uočljiv i razumljiv output;
- Omogućuje debugging (uočavanje i otklanjanje grešaka) i verifikaciju;
- Blok dijagram je koristan za dokumentaciju;
- Lako je napraviti kopije modela;
- Lako je konstruirati funkcije na temelju iskustvenih podataka;
- Minimizira rizik od log.

Nedostaci programa su niska razina fleksibilnosti u odnosu na ostale programe, pa su danas više u upotrebi fleksibilniji jezici, kao npr. Simula i SIMSCRIPT II.5.¹¹

¹¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/GPSS> ,01.08.2017.

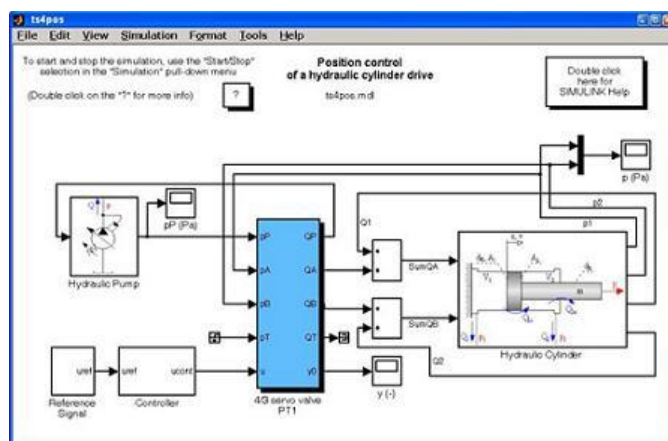


Slika 8 Primjer raspoloživih blokova i dva blok dijagrama kreirana u GPSS-u
(izvor:<http://www.webgpss.com/images/screenshot-1.png>,01.08.2017.)

2.4.5 SIMULA

Simula je opći programski jezik koji uključuje dva programska jezika: Simula i Simula 67. Razvijen 1960-tih u Norwegian Computing Center, Oslo (autori su: Ole Johan Dahl i Kristen Nygaard) kao jezik za diskretne simulacije, ali je kasnije postao objektni programski jezik opće namjene. Ima dosta specifičan način rada gdje mu se sintaksa temelji na jeziku Angel 60. Za razliku od Simula, Simula 67 je objektno orijentiran jezik, koristi objekte, klase, virtualne metode i dr. objektne koncepte i smatra se prvim objektno-orijentiranim jezikom i utjecao je na razvoj C++-a i ostalih objektnih jezika. Koristi se za različite aplikacije, kao npr. simulacije modeliranja procesa, protokola, algoritama, računalne grafike, i u obrazovanju. Sadrži simulacijski paket koji može kreirati diskretne simulacije.

Simulink (MathLab) je simulacijski alat koji je dio programskog paketa Mathlab. Njegove osnovne karakterizacije su što se simulacije izgrađuju upotrebom blok dijagrama, modeliranim izvorom komponenti. Može se koristiti za modeliranje, simulaciju i analizu sustava, kao što su komunikacijski sustavi, kontrolni sustavi, sustavi obrada podataka. Simulink raspolaže velikim rasponom ugrađenih blokova za opis procesa. Koristi se multitasking simulacijom, gdje se mogu paralelno odvijati više zadataka i događaja, također raspolaže podrškom za ubrzani mod rada, te ima na raspolaganju veliki raspon alata za uočavanje i otklanjanje grešaka.¹²



Slika 9 Prikaz programa Simulink

(izvor: www.scienceprog.com, 01.8.2017)

¹²http://www.efos.unios.hr/poslovne-simulacije/wp-content/uploads/sites/180/2013/04/P5_Simulacijski-programi.pdf, 01.08.2017.

3. Konceptualni model logističkog procesa skladištenja

3.1 LOGISTIČKI PROCESI

Logistički sustavi se mogu definirati kao sustavi prostorno-vremenske transformacije dobara, a procesi koji u njima teku nazivaju se logističkim procesima.

Osnovna funkcija logističkih sustava je prostorno-vremenska transformacija dobara. S njenim ispunjenjem vezane su funkcije promjene količina i vrsta dobara te funkcije olakšavanja transformacije dobara.

Funkcije koje se obavljaju u procesima su:

- Transport , pregrupiranje i skladištenje , gdje su bitni procesi tokova dobara
- Pakiranje i signiranje, gdje su bitni procesi pomaganja tokovima dobara
- Dostavljanje I obrada naloga, gdje su bitni procesi tokova informacija

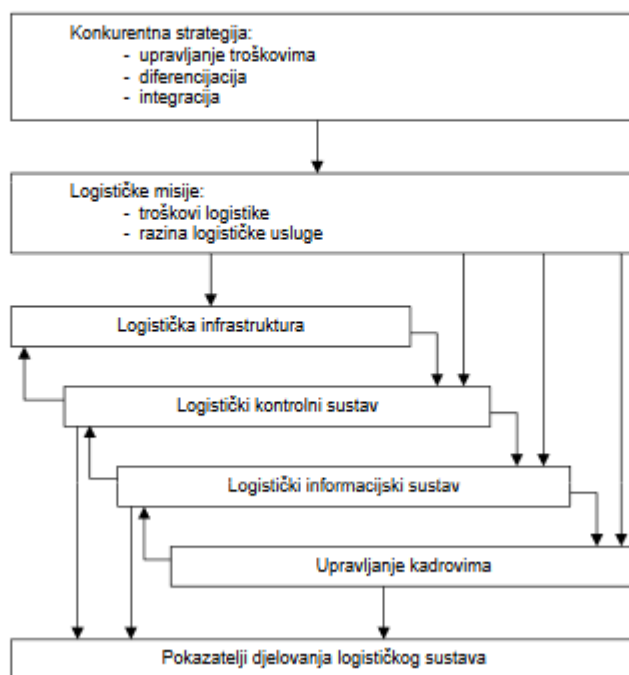
Pri planiranju logističkih procesa, potrebno je definirati nositelje logističkih procesa ili elemente logističkog sustava. U njih ubrajamo :

- Transport
- Skladištenje
- Zalihe
- Distribucija
- Manipulacija
- Čimbenik-čovjek
- Informacije, komunikacije I kontrola
- Integracija

Svaki element logističkih procesa je zaseban, samostalan te zahtjeva planiranje zasebno i samostalno, ta činjenica predstavlja najveću prepreku planiranju logističkih – distribucijskih procesa.¹³

¹³ http://e-student.fpz.hr/predmeti/p/planiranje_logistickih_procesa/novosti/nastavni_materijali_2.pdf, 02.09.2017

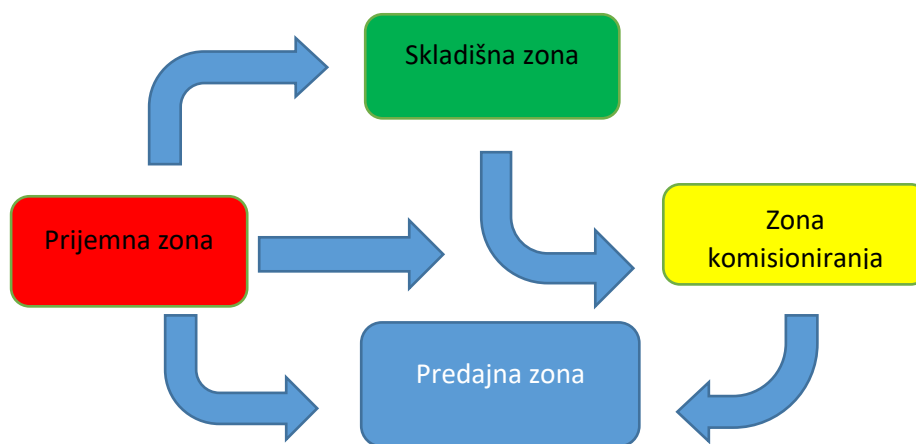
Logistički koncept



Slika 10 Prikaz organizacije logističkog procesa

Izvor: http://e-student.fpz.hr/predmeti/p/planiranje_logistickih_procesa/novosti/nastavni_materijali_2.pdf, 02.09.2017

Pod pojmom skladište u krije se sinonim za skladišni sustav. Skladišni proces je skup svih aktivnosti koje se dešavaju unutar prostora skladišta i uključuju materijal, alate, ljude i sl. Aktivnosti unutar skladišta moraju biti organizirane tako da se ispunjavaju zadaće određenih funkcija. Skladište može biti podijeljeno u zonama, te se u svakoj zoni odrađuje pojedini podproces, odnosno skup aktivnosti. Na dijagramu 1 nalazi se prikaz najčešćih skladišnih podprocesa unutar skladišnog procesa.



Dijagram 1. Osnovni podprocesi unutar skladišnog procesa

Prijem robe započinje najavom dolaska robe. To omogućuje upravi skladišta obavljanje potrebnih predradnji koje uključuju izradu rasporeda iskrcaja robe i koordiniranje ostalih potrebnih aktivnosti povezanih sa prijemom robe.

Aktivnosti pri prijemu robe su:

- Definiranje zone iskrcaja
- Bilježenje podataka o dolasku vozila
- Provjera dokumentacije
- Osiguranje vozila za iskrcaj
- Iskrcaj vozila
- Slaganje vozila u zoni prijema
- Provjera robe; stanje, količina...
- Premještanje robe iz prijemne zone skladišta¹⁴

Smještaj ponajprije ovisi o značajkama robe. Principi prostornog smještaja ovise o strategiji koja se koristi pri skladištenju, pri čemu se roba može smjestiti na stalno mjesto (unaprijed određeno) ili na prvo slobodno mjesto. Skladištenje robe je vrlo odgovoran zadatak jer nepravilnim skladištenjem se upropaštava roba, povećavaju se troškovi poslovanja, mogući su problemi sa raznim inspekcijama. Za vrijeme uskladištenja može doći do različitih gubitaka.¹⁵

Podizanje robe (komisioniranje) je proces izuzimanja proizvoda iz određene skladišne lokacije na temelju narudžbe korisnika (zahtjeva za izdavanje). U većini poduzeća to je proces s najvećim udjelom manualnog rada, s najvećim utjecajem na skladišne troškove.

Otprema robe je obveza prodavača prema kupcu. Ona obuhvaća pripremu robe za otpremu i pakiranje, izradu odgovarajućih dokumenata, nabavu prijevoznog sredstva, pripremu za preuzimanje na skladištu, utovar i isporuku robe.¹⁶

¹⁴ Rogić, K.: Unutrašnji transport i skladištenje-autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014

¹⁵ <http://bestlogistika.blogspot.hr/2008/07/skladitenje.htm>, 02.09.2017

¹⁶ http://repositorij.fsb.hr/151/1/07_04_2006_Djukic_Magistarski.pdf, 02.09.2017

3.2 OPĆENITO O SKLADIŠTU

Skladišni sustavi ili skladišta su jedna od najvažnijih dijelova logistike. Skladište je prostor za uskladištenje robe u rasutom stanju ili u ambalaži s namjerom da poslije određenog vremena roba bude uključena u daljnji transport, proizvodnju, distribuciju ili potrošnju. Skladište može biti ograđeni ili neograđeni prostor, pokriveni ili nepokriveni prostor koji se koristi za čuvanje sirovina, poluproizvoda ili gotovih proizvoda.

Skladište je točka ili izvor u sistemu logistike gdje pojedino poduzeće čuva sirovine, poluproizvode ili gotove proizvode u različitim vremenskim intervalima. Formiraju se kako bi se uravnotežio mehanizam ponude i potrošnje na tržištu. Čuvanje proizvoda u skladištima zaustavlja ili prekida tok robe, što dovodi do povećanja troškova proizvodnje pa je nužno skladištenje provesti na najefikasniji mogući način. Zbog dodatnih troškova kod nekih se kompanija razvija takozvani *strah od skladištenja* pa one nastoje u potpunosti izbjeći proces skladištenja. Kako bi se spriječio trend izbjegavanja skladištenja potiče se svijet o skladištenju kao procesu koji ne povećava troškove, već vrijednost proizvoda. S druge strane, postoje i poduzeća koja prekomjerno skladište robu.

Druga funkcija skladišta je razvrstavanje proizvoda prema narudžbini kupca. Poduzeća često proizvode brojne proizvode, čak ako u obzir uzmemo samo boju, veličinu, oblik i neke druge slične varijacije. Zbog toga je razvrstavanje proizvoda neizbježan proces koji dovodi do efikasnijeg ispunjavanja narudžbi mješovitih skladišta blizu gusto naseljenih zone gdje je važno izbjeći gomilanje proizvoda.¹⁷

Zadatak skladišta je prihvatiti robu na kraju određenog proizvodnog ili transportnog procesa na onim mjestima koja omogućuju da se ista roba što uspješnije uključi u neki drugi proizvodni ili transportni proces. Tri komponente čine svako skladište, a one su prostor oprema i ljudi. Prostor omogućava očuvanje robe kada ponuda i potražnja na tržištu nisu uravnotežene. Bitan faktor pritom je cijena zemljišta koja je obrnuto proporcionalna količini dostupnog prostora. Opremu čine: uređaji za rukovanje materijalima, police za odlaganje,

¹⁷ Available from: https://www.researchgate.net/publication/303549732_Logistika [accessed Aug 13, 2017]., Zagreb 01.08.2017

oprema za prijenos i sistem za obradu informacija. Ljudi su najznačajnija komponentna skladišta, njihova stručnost ili nedostatak iste može utjecati na cijeli tok proizvodnje.¹⁸

Gledajući povezanost između logistike i skladištenja korisno je primijetiti kako je glavna funkcija skladišnog podsistema u logističkom sistemu stvaranje sinkronizacije između procesa koji prethode skladištenju i procesa koji se odvijaju nakon skladištenja, a sve to uz smanjenje troškova i povećanje kvalitete za što je stručnost zaposlenika neophodna.

3.3 KLASIFIKACIJA SKLADIŠTA

Osnovni zahtjev koji svako skladište treba zadovoljiti je da roba koja se nalazi u skladištu zadrži svoja svojstva u dozvoljenim granicama. Zadržavanje svojstva pritom označava ne postojanje kvantitativnih niti kvalitativnih promjena robe, a iznimku čine ona skladišta koja su konstruirana s ciljem preobrazbe robe nakon njezina dospijea.

Budući da se skladišta grade za različite namjene, smještaj različite vrste robe pri gradnji, ali isto tako i funkcioniranju skladišta koriste se različiti tehnološka i konstrukcijska pravila. Stoga se u literaturi prihvatila opća, nadasve pojednostavljena podjela koja skladišta definira prema:

1. ekonomsko-eksploatacijskim kriterijima,
2. tehničko-eksploatacijskim kriterijima.¹⁹

3.3.1 Ekonomsko-eksploatacijski kriterij

Ovisno o obliku robe moguće je razlikovati dva osnovna oblika skladišta, a to su skladišta za rasutu robu te skladišta za ambalažnu i komadnu robu.

¹⁸ Ivanković, Č., Stanković, R., Šafran, M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2010:197-205.

¹⁹ Zelinka, R., Skender Pavlić, H., Upravljanje logističkim mrežama, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007.

Prema prirodi robe, odnosno prema roku trajanja robe te ovisnosti trajanja robe o temperaturi moguće je izdvojiti obična skladišta za robu koja ne podliježe kvaru te skladišta sa reguliranim mikroklimatskim uvjetima za robu koja je pokvarljiva.

Prema podrijetlu robe, s obzirom na unutrašnju i međunarodnu razmjenu robe postoje skladišta za domaću robu, skladišta za robu stranog podrijetla ili pak skladišta za robu podvrgnutu fiskalnom režimu poznatu pod nazivom carinska roba.

Prema vlasništvu uskladištene robe skladišta se dijele na javna skladišta te skladišta za osobnu upotrebu.²⁰

Prema sektoru iz kojeg potječe roba koja se nalazi u skladištu, skladišta se dijele na poljoprivredna, industrijska, trgovinska, mješovita skladišta i ona opća.

S obzirom na lokaciju, odnosno s obzirom na vrstu transporta koji dominira skladišta mogu biti: željezničko- stanična, pristanično-lučka te unutrašnja.²¹

3.3.2 Tehničko-eksploatacijski kriterij

Prema izloženosti sadržaja objekta vanjskim utjecajima postoje: otvorena, polu otvorena, zatvorena i natkrivena. Otvorena skladišta namijenjena su za onu robu koja ne podliježe atmosferskim procesima, a ona obuhvaćaju i terminale za kontejnere, deponije. Zatvorena skladišta za vrijednu ili komadnu robu koju treba u cijelosti zaštititi. Natkrivena skladišta čuvaju robu koja je samo djelomično potrebno zaštititi, a većinom su konstruirana tako da su bočne strane bez zidova dok je prostor odozdo zaštićen krovom.

Prema namjeni skladišta se dijele na: specijalna koja su namijenjena skladištenju robe koja zahtjeva posebne uvjete ili određenu doradu, prizemna kod kojih je izražena dinamičnost te česta razmjena robe, katna koja su konstruirana tako da postoji više nivoa skladištenja, skladišta za dugo čuvanje robe u kojima roba duži period ostaje u stanju mirovanja te manipulacionalna skladišta kod kojih se roba ne skladišti, već se sortira ili pretovaruje.

Prema položaju skladišnog objekta u odnosu na nivo tla moguće je izdvojiti nadzemna skladišta, skladišta zasuta zemljom radi očuvanja opasnih tvari, polu ukopana skladišta

²⁰ https://www.researchgate.net/publication/303549732_Logistika [accessed Aug 13, 2017].

²¹ https://www.researchgate.net/publication/303549732_Logistika [accessed Aug 13, 2017].

namijenjena su rasutoj robi te u ovu vrstu skladišta spadaju i podzemne prostorije pojedinih građevina. Podzemna skladišta postoje radi skladištenja opasne robe, dok podvodna skladišta služe za čuvanje zapaljivih materijala poput nafte uz morske naftne platforme.

Prema konstrukciji i vrsti materijala postoje: betonska, čelična, zračna, laka metalna, samonosiva metalna i zidana skladišta.

Prema značaju skladišta i njihovoj funkciji postoje glavna, pomoćna i priručna skladišta. Glavna su skladišta ona u koja poduzeća prvo šalju robe te se iz njih roba šalje u proizvodnju, prodaju ili se prebacuje u druga skladišta. Pomoćna skladišta preuzimaju dio zadataka od glavnih skladišta, prostorno su manja od glavnih skladišta te im je glavna funkcija tek privremeni smještaj robe. Pričuvna skladišta nastaju kada je zadataka previše da bi ih glavna i pomoćna skladišta samostalno ispunila. Uz njih možemo ubrojiti i prihvatna skladišta koje nastaju u blizini zračnih luka, željezničkih postaja ili pomorskih luka koje služe kako bi se iz njih roba transportirala u glavna ili pomoćna skladišta.²²

Geometrijski se skladišta mogu definirati kao objekti ravnih geometrijskih figura, objekti sfernog, cilindričnog ili mješovitog oblika.

Prema kapacitetu skladišta mogu biti velika, srednja i mala ovisno o količini robe koju mogu zaprimiti. Isto tako postoje visoka, srednja te niska skladišta ovisno o visini objekta u kojem se skladištenje odvija.²³

Prema lokaciji skladišta mogu biti vanjska ili unutarnja. Specijalna skladišta služe za skladištenje lakozapaljive, radioaktivne, eksplozivne... robe.²⁴

²² Zelinka, R., Skender Pavlić, H., Upravljanje logističkim mrežama, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007.

²³ Jović, Natalija, Logistika i ITS, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2006:99- 114.

²⁴ Available from: https://www.researchgate.net/publication/303549732_Logistika [accessed Aug 13, 2017]., Zagreb 01.08.2017.

3.4 LOKACIJA SKLADIŠTA

3.4.1 Odabir lokacije

Lokacija skladišta definira se kao mjesto na kojem se gradi skladište. Kod odabira lokacije najvažnije je da lokacija svojim položajem osigurava što ekonomičnije kolanje robe, a to se postiže kvalitetnom prometnom infrastrukturom te smještanjem skladišta u blizinu distributivnog centra i distribucije robe do krajnjeg korisnika. Budući da postoje dva načina skladištenja robe, grupno ili odvojeno, lokacija mora poštivati kriterije za svaki od njih.

Grupno skladištenje zahtjeva koncentraciju prostorijskih, njegova prednost je ekonomično korištenje zemljišta, jednostavnije i brže kontroliranje rada, troškovi usluživanja su manji, funkcionalnost je veća, osoblje lako može svladavati udaljenosti između pojedinih sektora te tako raditi s većim učinkom. Odvojeno skladište podrazumijeva postojanje većeg broja udaljenijih sektora, a potreba za takvom vrstom skladištenja javlja se kada određena roba zahtjeva posebne uvjete skladištenja, kada su prodavaonice rasprostranjene diljem grada ili kada određena roba ne može biti skladištena zajedno s drugom robom.

Prilikom odabira lokacije posebna se pažnja treba usmjeriti na geomorfologiju određenog terena pa ne čudi da se unutar geomorfologije razvila posebna grana naziva primijenjena geomorfologija unutar koje pak postoji inženjerska geomorfologija kojoj je zadatak odrediti odgovara li litološki i tektonski sastav terena uvjetima gradnje. Vlažnost tla poseban je problem jer vlaga djeluje negativno gotovo na svu robu.²⁵

3.4.2 Veličina skladišta i unutarnji prostor

Unutrašnji prostor skladišta mora zadovoljavati tri osnovna zahtjeva. Zahtjev o postojanju mjesta za prijem i otpremu robe. To mjesto može biti jedno područje, ali efikasnost će se prije postići ukoliko su mjesto za prijem i otpust odvojeni. Pri tome se treba voditi računa isplati li se robu utovarivati, odnosno istovarivati izvan skladišta ili će se roba dovoziti direktno u skladište. Prostor za zbirne isporuke također je neizostavni dio svakog skladišta, a uz njega je tu i mjesto za provjeru, kontrolu ili brojanje.

²⁵ Zelinka, R., Skender Pavlič, H., Upravljanje logističkim mrežama, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007.

Zahtjev za postojanjem područja za narudžbu. Veličina tog prostora ovisi o obujmu posla i važno je smjestiti ga funkcionalno kako bi proces isporuke i prijema robe funkcionirao.

Treći zahtjev je zahtjev za određivanjem stvarnog prostora za skladištenje budući da svako poduzeće nastoji što efikasnije koristiti ukupan prostor. Kolika će veličina skladišta biti određuje poduzeće s obzirom na prostor potreban za oštećene i neoštećene dijelove paketa, veličinu prostora koji je potreban za obavljanje administrativnih poslova, veličinu prostorija potrebnih za odmor, objedovanje, garderobu, a sav prostor ovisi o broju zaposlenika.²⁶

3.4.3. Skladišni objekti za rasutu robu

Otvoreni skladišni objekti za rasutu robu su namijenjeni za čuvanje velikog broja različitih vrsta robe, kao što su ugljen, šljunak, pijesak, rude, šećerna repa, asfalt, kamen, otpadne tvari itd. Obično se ovi skladišni objekti nazivaju deponij rasute robe. Ovisno o organizaciji skladišnog prostora i samoj mehanizaciji koja se koristi, deponiji mogu biti različitog oblika, materijal koji se skladišti može formirati različite prostorne oblike. Skladišni objekti koji se grade u obliku zgrada uglavnom imaju oblik koji prati konture robe koja se unutra nasipa. Osnovni princip je robi pristup "odozgo".

Pri planiranju skladišnog objekta za rasute terete potrebno je utvrditi količinu zaliha i kapacitet skladišta koje će djelovati kao balans između ponude i potražnje. Iako je skladišni samo jedna od karika u transportnom lancu, njegova je uloga odlučujuća za funkcioniranje čitavog transportnog sustava. Tako, primjerice, ako veličina zaliha padne ispod određene razine, Na isporuku materijala će čekati cijeli proizvodni sustav, ali ako je kapacitet skladišta nedovoljan, prijevozna sredstva morat će čekati na iskrcaj što će pridonijeti povećanju troškova zbog neadekvatne raspodjele radnog vremena zaposlenika.²⁷

²⁶ https://www.researchgate.net/publication/303549732_Logistika [accessed Aug 13, 2017].

²⁷ Završni rad br. 287/TGL/2016 ;Zagreb,01.08.2017

4. Prikaz i parametrizacija simulacijskog modela

U ovom poglavlju prikazan je odabrani proces isporuke i prijema radnih strojeva, goriva, alata i materijala za koji je napravljen simulacijski model u cilju analize uskih grla u procesu.

4.1 Tekstualni opis procesa isporuke i prijema radnih strojeva, goriva, alata i materijala

Promatran je proces isporuke i prijema radnih strojeva, goriva, alata i materijala sa skladišta jedne građevinske tvrtke. Ulazni parametri koji se koriste u parametrizaciji simulacijskog modela temelje se na podacima dobivenih od same građevinske tvrtke.

U promatranom sektoru građevinske tvrtke zaposleno je 7 strojara i 12 građevinskih radnika. S obzirom na operativne planove na gradilištu se na dnevnoj bazi nalazi 5 strojara (upravitelja građevinskim strojevima) i 10 kvalificiranih građevinskih radnika kako bi se poštivala dinamika izvođenja radova koju je zadao naručitelj.

Svaki djelatnik obavezan je na početku radnog dana preuzeti iz skladišta sredstvo rada i/ili materijal za rad. Jednako tako, po završetku radnog dana sredstva za rad obavezni su vratiti u skladište kao i alat te nepotrošeni materijal. U skladištu na prijemu i izdavanju robe rade dva zaposlenika na radnoj poziciji- skladištar. U skladištu se pohranjuju: radni strojevi, alati, materijal i gorivo.

Prije početka radnog dana skladištar, posebno zadužen za to, na temelju zahtjeva poslovođe za izdavanjem stroja/vozila, utvrđuje koja će se vozila, odnosno strojevi, koristiti taj dan, te izdaje radni nalog vozaču/strojaru da napravi tehnički pregled svakog od njih. Za pregled je potrebno u prosjeku 3 minute. S obzirom da se prosječno dnevno koristi 5 različitih strojeva i vozila, to znači da mu je za sam pregled potrebno 15 – 20 minuta. U prosjeku je 80% voznog parka u ispravnom stanju. Kod 3% slučajeva na vozilu/stroju tijekom pregleda otkriva se manji kvar kojeg vozač/strojar (zaposlenik) može sam otkloniti i za što mu je potrebno približno 20 minuta. Kod ostalih 17% kvarova na vozilu/stroju zbog veličine kvara vozilo/stroj je potrebno uputiti serviseru. Obveza skladištara je da ugovori sa

serviserom dijagnostiku kvara. Teži kvarovi otklanjaju se u prosjeku oko 48 sati, dok je za manje kvarove servisu potrebo do 6 sati rada.

Odvoza i dovoz vozila/stroja serviseru radi djelatnik na radnoj poziciji vozač/strojari koji je pozicioniran u skladištu i na te aktivnosti troši prosječno 1 sat.

Nakon pregleda vozača/strojara, kada je potpisao ispravnost vozila/stroja, skladištar izdaje zaposlenicima i svakog pojedinačno zadužuje za njegov stroj ili vozilo. Na kraju radnog dana zaposlenik zadužen za svoj stroj, odnosno vozilo, dužan je isto vratiti u skladište uz pregled ispravnosti od strane zaduženog vozača/strojara.

Istovremeno, skladištar utvrđuje stanje goriva u cisterni, te izdaje gorivo vozilima i strojevima za što mu je potrebno oko 3 minute po vozilu, te vodi evidenciju izdanog goriva. Nakon toga, u slučaju potrebe odlazi po novo gorivo u cisterni za naredne potrebe istog ili slijedećih dana za što mu je potrebno oko 15 minuta.

Drugi skladištar, temeljem zahtjevnice poslovođe, izdaje alate svakom radniku ponaosob o čemu također vodi evidenciju, Za izdavanje alata skladištaru je potrebno 1 – 3 minute po komadu alata, a obično se izda oko 10 različitih alata. Postoji mogućnost kvarova i tih alata kao i strojeva te ih, u slučaju manjih kvarova koji čine 60% ukupnih kvarova, skladištar sam popravi, a u slučaju većih kvarova alat se nosi serviseru. U oko 10% slučajeva potrebno je kupiti nove alate. Sitne popravke, dostavu alata serviseru i njegovo podizanje, kao i kupnju novog alata obavlja Skladištar i za to mu je potrebno prosječno 2 sata.

Nakon završetka radnog dana i povratka radnika sa gradilišta, skladištar preuzima alate uz provjeru njihove ispravnosti, Svaki radnik zadužen za svoj alat dužan je o njemu voditi računa i odgovoran je za njegovo ispravno korištenje.

Dva skladištara na temelju zahtjevnice poslovođe gradilišta, izdaje istom materijal potreban za izvođenje radova o čemu sastavlja izdatnicu koja sadrži naziv materijala, količinu i naziv gradilišta za koji se material izdaje. U slučaju da se material ne utroši, a nemoguće ga je deponirati na gradilištu, radnici vraćaju material natrag u skladište o čemu skladištar izdaje dokument – povratnicu. VOZAČ/STROJAR prevozi izdani material na gradilište za što mu je potrebno prosječno 1 sat.

Razlog izrade simulacijskog modela je želja građevinske tvrtke da optimizira proces isporuke i prijema radnih strojeva, goriva, alata i materijala. Potrebno je ispitati zagušenja u samom sustavu koja mogu biti prouzročena kašnjenjem radnika, nepovoljnim vremenskim uvjetima, kvarom vozila i alata , te neimanjem materijala i goriva za rad. Veliku važnost tvrtka želi pridonijeti rasterećenju (u slučaju prevelikog opsega posla) ili dodatnom zaduženju (u slučaju premale količine opsega posla) kod skladišnih radnika. U slučaju prevelikog opsega posla dolazi do zastoja pri odvijanju određenog procesa, što može rezultirati povećanju troškova u smislu prekovremenih sati.

Nakon izrade ovog simuliranog modela potrebno je isti ispitati i utvrditi njegovu stopu iskoristivosti, te ponuditi rješenje i korekcije u ovisnosti o rezultata ispitivanja.

4.2 Parametrizacija zadatka

Priprema entiteta za otpremu vrši se sa skladišnog prostora firme. Skladišni prostor je podijeljen u 4 dijela , te su zaposlena 2 skladištara koja su zadužena za 4 dijela skladišta. Dijelovi skladišta preko kojih se organizira cijeli proces su : parkiralište strojeva/vozila, stanica za izdavanje goriva, deponij materijala i alatnica. Prvi skladištar je zadužen za izdavanje strojeva i goriva. Drugi skladištar je zadužen za izdavanje alata i materijala. Kako imamo dva skladištara koji vrše različite poslove imati ćemo dvije naredbe „create“ , te svaka od njih će naznačiti početak rada skladištara. Parametri naredbe „ create“ se nalaze u tablici 1.

Nakon naredbe „create“ nalazi se naredba „record“ u prijevodu na hrvatski jezik znači snimač, svrha snimača je zabilježiti broj entiteta koji su o ovom slučaju „strojar“ i „građevinski radnik“ . U našem simuliranom modelu služi za kontrolu broja strojara i građevinskih radnika koji su došli na posao. Parametri naredbe „record“ nalaze se u tablici 2..

Tablica 1 Prikaz parametara naredbe "Create"

vrsta naredbe	entitet	vrijeme između dolazaka	mj. jed . vremena	broj entiteta po dolasku
create	zahtjev za preuzimanje stroja	8	sat	5
create	Zahtjev za preuzimanje alata	8	sat	10

Tablica 2 Prikaz parametara naredbe "Record"

vrsta naredbe	ime naredbe	Statistička definicija
record	broj strojara	count,1,No, broj strojara koji su dosli na posao
record	broj radnika	count,1,No, broj grad rad. koji su dosli na posao

Nakon što strojari i građevinski radnici dođu na posao predaju zahtjeve skladištarima za potreban alat za izvođenje radova , strojari potražuju vozila i gorivo , građevinski radnici potražuju alate i materijal.

Ponekad skladištar ne može izdati traženu robu radi određenih problema kako što su kvarovi alata i vozila ili nedovoljne količine materijala i goriva. Za simuliranje i takvih slučajeva jer ni jedan sustav nije idealan služi naredba „Decide“ koja služi za donošenje odluka na temelju ulaznih podataka koja također može imati 2 ili više izlaza. Nakon što skladištar zaprimi zahtjev ako je u mogućnosti ga ispuniti zahtjev odlazi na izlaz „true“ , tj. skladištar ga ispunjava ,ali ako skladištar nije u mogućnosti ispuniti zahtjev , zahtjev odlazi na izlaz „false“ te se traži drugi način za realizaciju zahtjeva. Popis svih naredbi „decide“ zajedno s pripadajućim imenima i odnosima izlaza „true“ i „false“ nalazi se u tablici 3..

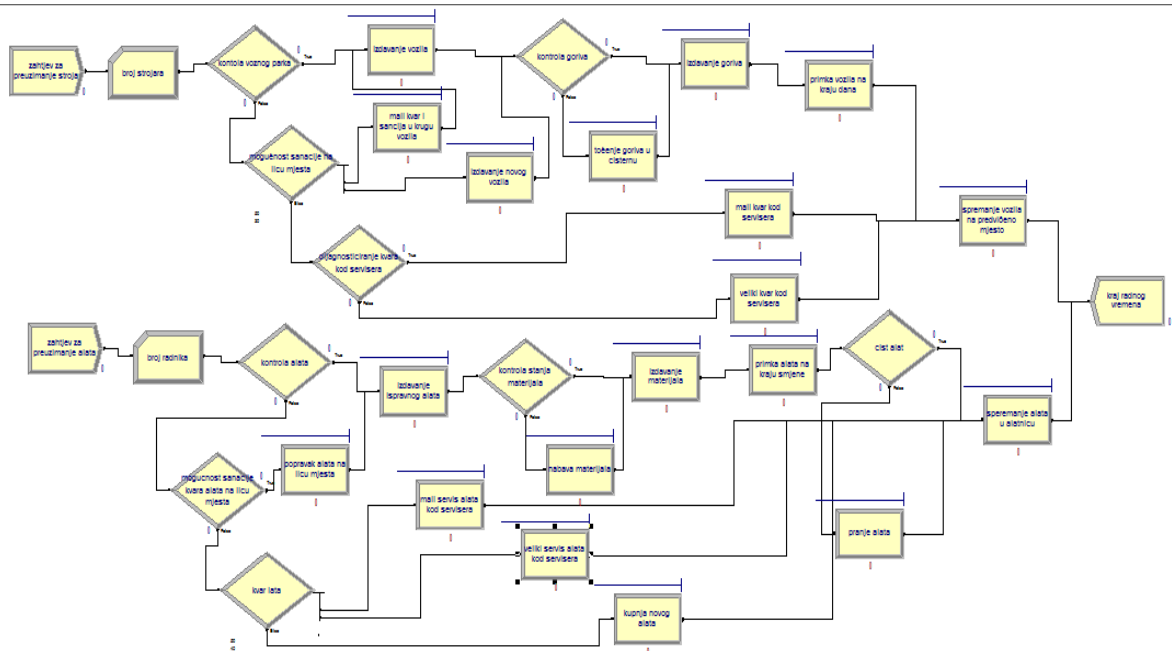
Tablica 3 Prikaz parametara naredbe "Decide"

vrsta naredbe	ime naredbe	broj izlaza	postotak izlaza "true"	postotak izlaza "false"
decide	kontrola voznog parka	2	85	15
decide	kontrola goriva	2	90	10
decide	mogućnost sanacije na licu mjesta	3	50	30/20
decide	dijagnosticiranje kvara kod serviser	2	80	20
decide	kontrola alata	2	85	15
decide	kontrola stanja materijala	2	50	50
decide	cist alat	2	50	50
decide	mogućnost sanacije kvara alata na licu mjesta	2	75	25
decide	kvar alata	3	50	40/10

Tablica broj 4. sažeti je prikaz naredba "process". Sastoji se od imena naredbe gdje je ukratko opisan zadatak pojedinog resursa, u sljedećem stupcu naziva „resursi“ stoje izvršitelji zadataka. Četvrti i peti i šesti stupac vezani su uz vrijeme realizacije same naredbe, pri čemu valja imati na umu kako određeni resurs svojevremeno može usluživati samo jedan entitet (seize delay release).

Tablica 4 Prikaz parametara naredbe „Process“

vrsta naredbe	ime naredbe	resursi	tip kašnjenja	mj. jed.	vrijednost (minimalna/prosječna/maksimalna)
process	izdavanje vozila	skladištar	triangular	minuta	5/7/10
process	izdavanje goriva	skladištar	triangular	minuta	1/2/5
process	spremanje vozila na predviđeno mjesto	skladištar	normal	minuta	0,5/1/1,5
process	mali kvar i sanacija u krugu vozila	vozač	triangular	minuta	15/20/30
process	mali kvar kod serviser	vozač	triangular	sat	1/1,5/2
process	veliki kvar kod serviser	vozač	triangular	sat	2/4/5
process	izdavanje ispravnog alata	skladištar 2	triangular	minuta	1/1,5/3
process	prijevoz materijala	vozac	normal	sat	1
process	primka alata na kraju smjene	skladištar 2	triangular	minuta	0,5/1/1,5
process	spremanje alata u alatnicu	skladištar 2	triangular	minuta	1/2/3
process	popravak alata na licu mjesta	skladištar 2	triangular	sat	1/2/3
process	mali servis alata kod serviser	vozač	normal	minuta	30
process	veliki servis alata kod serviser	vozač	triangular	minuta	180/240/280
process	kupnja novog alata	skladištar 2	triangular	minuta	40/50/60
process	nabava materijala	skladištar	triangular	minuta	20/25/30
process	točenje goriva u cisternu	skladištar	normal	minuta	15
process	izdavanje novog vozila	skladištar	triangular	minuta	1/2/5
process	primka vozila na kraju dana	skladištar	triangular	minuta	2/5/10
process	pranje alata	skladištar 2	triangular	minuta	2/3/4



Slika 11 Prikaz simulacijskog modela

Na slici 11. je prikazano rješenje problemskog simulacijskog modela. U poglavlju 4.6 objašnjeni su procesi koji su bili korišteni pri izradi simulacijskog modela.

5. Analiza rezultata

Trajanje simulacije je 7 dana po 8 sati . Rezultati su prezentirani izvješćima, te grafovima na kojima je prikazano iskorištenje resursa. Tijekom simuliranog razdoblja kroz sustav je prošlo 80 građevinskih radnika i 40 strojara što znaci da su svi radnici došli na posao kako nalaže politika građevinske tvrtke.

Posebnu pažnju pri izradi analize simuliranog modela pridonijeta je vremenu koje pojedini entitet provede u sustavu. Vrijeme koje je potrebno da entitet dođe do usluživanja prikazano je na slici 13. zajedno s vremenom usluživanja pojedinog entiteta. Na slici 14. prikazano je ukupno vrijeme koje je potrebno da se zadovolji određeni entitet, ponajviše vremena je potrebno za isporuku materijala ali to je predvidljivo jer vozač je dužan otići po materijal izvan kruga lokacije građevinske tvrtke i radi se o većim količina koje su dostatne za nekoliko dana pa se prema tome mogu lako isplanirati i kontrolirati. Najveći problem za optimizaciju sustava predstavlja izdavanje ispravnog alata kao što su vibronabijači, rezačiće asfalta, motorne pile i pumpe za vodu. Zbog konstantne upotrebe alati se povremeno kvare i nije moguće predvidjeti kada će se koji alat pokvariti te ih je potrebno popraviti kako bi se moglo s njima dalje rukovati. Popravak alata kod servisera je jako skup te se tvrtki ne isplati pri svakom kvaru alata odlaziti na servis jer većinu kvarova je moguće popraviti u krugu firme. Kod popravaka alata na lokaciji firme problem je što ti popravci iziskuju mnogo vremena što pridonosi stvaranju uskih grla, odnosno skladištar nije u mogućnosti odraditi popravke dovoljno brzo kako bi se rasteretio sustav. Na slici 14. prikazano je ukupno vrijeme usluživanja koje je potrebno da se usluži određeni entitet.

Na slici 15 analitički , a na slici 16 grafički su ukupna vremena čekanja na usluživanje pojedinog građevinskog radnika ili strojara. Najviše vremena iziskuje popravak alata na licu mjesta što prikazuje usko grlo sustava. Skoro 15 puta više vremena je potrebno za popravak alata nego za obavljanje drugih zadaća što što znaci da skladištar nije u mogućnosti podjednako se baviti ostalim zadaćama kao popravkom alata. Na slici 16. koja prikazuje iskoristivost pojedinih resursa vidljivo je da iskoristivost resursa „SKLADIŠTAR 2“ je na 100% svoga kapaciteta, dok resurs „SKLADIŠTAR“ je na manje od 20% iskoristivost svoga kapaciteta, a resurs „VOZAČ“ je na svega 8 %.

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
izdavanje goriva	2.6278	(Insufficient)	1.2476	4.8358
izdavanje ispravnog alata	2.6330	(Insufficient)	1.0928	4.7529
izdavanje novog vozila	2.8039	(Insufficient)	2.8039	2.8039
izdavanje vozila	7.6117	(Insufficient)	5.8990	9.8010
mali kvar i sanacija u krugu vozila	19.7445	(Insufficient)	18.6918	20.8118
mali servis alata kod serviser	30.0041	(Insufficient)	30.0041	30.0041
nabava materijala	24.4869	(Insufficient)	20.7038	27.3175
popravak alata na licu mjesta	342.45	(Insufficient)	254.77	397.68
primka vozila na kraju dana	5.9667	(Insufficient)	2.5478	8.9977
spremanje vozila na predviđeno mjesto	1.0458	(Insufficient)	0.5248	1.4973
točenje goriva u cisternu	14.9928	(Insufficient)	14.5803	15.2049
veliki servis alata kod serviser	208.81	(Insufficient)	208.81	208.81
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
izdavanje goriva	19.5070	(Insufficient)	0.00	38.9904
izdavanje ispravnog alata	1119.23	(Insufficient)	380.20	1577.35
izdavanje novog vozila	8.7726	(Insufficient)	8.7726	8.7726
izdavanje vozila	13.3845	(Insufficient)	0.00	33.3546
mali kvar i sanacija u krugu vozila	79.6038	(Insufficient)	0.00	238.81
mali servis alata kod serviser	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
nabava materijala	1020.53	(Insufficient)	817.90	1478.52
popravak alata na licu mjesta	647.01	(Insufficient)	0.00	1253.00
primka vozila na kraju dana	17.3408	(Insufficient)	0.00	31.4207
spremanje vozila na predviđeno mjesto	12.7805	(Insufficient)	0.00	30.9610
točenje goriva u cisternu	25.8007	(Insufficient)	18.6040	33.0269
veliki servis alata kod serviser	30.0041	(Insufficient)	30.0041	30.0041

Slika 12 Vrijeme prolaska entiteta kroz sustav- vrijeme

Time per Entity

Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
izdavanje goriva	22.1349	(Insufficient)	2.7171	40.9464
izdavanje ispravnog alata	1121.86	(Insufficient)	383.12	1581.73
izdavanje novog vozila	11.5765	(Insufficient)	11.5765	11.5765
izdavanje vozila	20.9962	(Insufficient)	6.8956	39.9225
mali kvar i sanacija u krugu vozila	99.35	(Insufficient)	18.6918	259.62
mali servis alata kod serviser	30.0041	(Insufficient)	30.0041	30.0041
nabava materijala	1045.01	(Insufficient)	843.25	1502.01
popravak alata na licu mjesta	989.46	(Insufficient)	380.20	1563.84
primka vozila na kraju dana	23.3075	(Insufficient)	4.5927	36.4089
spremanje vozila na predviđeno mjesto	13.8263	(Insufficient)	1.1062	31.6982
točenje goriva u cisternu	40.7935	(Insufficient)	33.8088	47.6072
veliki servis alata kod serviser	238.81	(Insufficient)	238.81	238.81

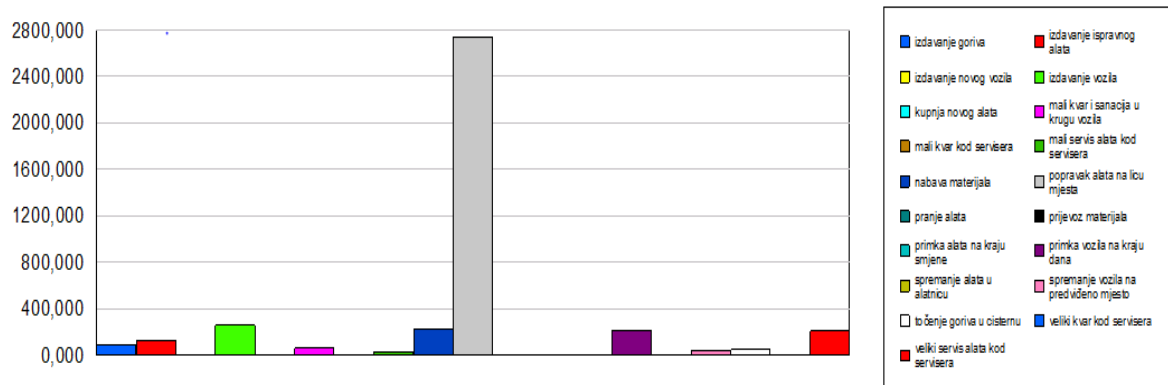
Slika 13 Vrijeme prolaska entiteta kroz sustav- ukupno vrijeme usluživanja

Process

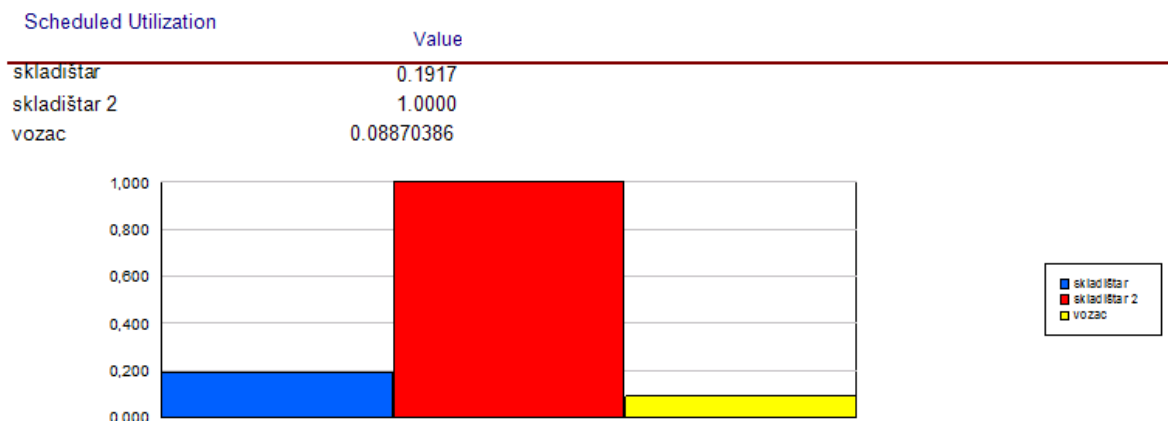
Accumulated Time

Accum VA Time	Value
izdavanje goriva	91.9747
izdavanje ispravnog alata	126.38
izdavanje novog vozila	2.8039
izdavanje vozila	258.80
kupnja novog alata	0.00
mali kvar i sanacija u krugu vozila	59.2334
mali kvar kod serviser	0.00
mali servis alata kod serviser	30.0041
nabava materijala	220.38
popravak alata na licu mjesta	2739.59
pranje alata	0.00
prijevoz materijala	0.00
primka alata na kraju smjene	0.00
primka vozila na kraju dana	208.84
spremanje alata u alatnicu	0.00
spremanje vozila na predviđeno mjesto	36.6045
točenje goriva u cisternu	44.9784
veliki kvar kod serviser	0.00
veliki servis alata kod serviser	208.81

Slika 14 Vrijeme prolaska entiteta kroz sustav- akumulirano vrijeme usluživanja (izraženo u minutama)



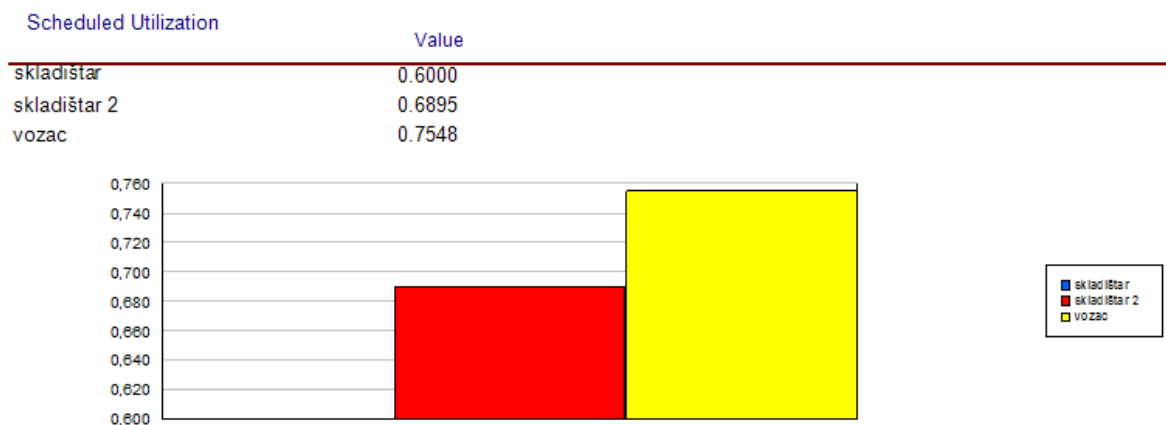
Slika 15 Grafički prikaz vremena prolaska entiteta kroz sustav- akumulirano vrijeme usluživanja (izraženo u minutama)



Slika 16 Iskoristivost resursa

Potrebno bi bilo napraviti preraspodjelu zadaća pojedinih zaposlenika da bi se rasteretilo opterećenje samog sustava i da bi se smanjilo vrijeme čekanja.

Kao rješenje prezaposlenosti, tj. maksimalne iskoristivosti resursa „SKLADIŠTAR 2“ predlaže se da proces „popravak alata na licu mjesta,“ obavlja uz resurs „SKLADIŠTAR 2“ rade i resursi „SKLADIŠTAR “ i „VOZAČ“. Nakon preraspodjele radnih zadaća, svaki resurs ima produktivnost od 60-75 %. Prikaz rješenja nalazi se na slici 18.



Slika 17 Prikaz rješenja proizvodnog sustava

6. Zaključak

Logistika kao djelatnost sadrži poslovne i znanstvene funkcije koje se koriste za koordinaciju kretanja materijala, robe i proizvoda. Sam rad se može podijeliti na dva glavna dijela – teorijski i praktički . U teorijskom dijelu obrađena je jedna cjelina logističkog procesa, a to je skladištenje. U samom početku teorijskog dijela obrađeni su osnovni pojmovi logistike, logističkih procesa i skladišta koje je potrebno znati kako bi se mogao razumjeti sami koncept simulacijskog modela jer se radi o simulaciji skladišta. Nakon što je objašnjen teorijski dio koji se odnosi na logistiku i njene procese, u radu su objašnjenja pravila i koraci kao što su indentifikacija simulacijskog sustava i jasno definiranje cilja simulacijske studije. Cilj rada je bio ukazati na prednost simulacijskog modeliranja na prikazu konkretnih rezultata simuliranog modela.

U praktičnom dijelu rada opisana je sama izrada simulacijskog modela. Prije izrade simulacijskog modela potrebno je prikupiti podatke o sustavu , te dobivene podatke analizirati. Simulacijski model mora biti vjerna kopija stvarnog sustava . Model ne smije biti previše složen ni detaljan , potrebno je modelirati samo važne elementi. Previše složene sustave teško je vrednovati i razumjeti , što znači da na kraju simulacijskog procesa dobiveni rezultati mogu biti neizvjesne kvalitete. Nakon što je izgrađen simulacijski model napravljena je parametrizacija svih elemenata unutar simulacijskog modela. Nakon parametrizacije elemenata moglo je započeti simulacijsko eksperimentiranje

Cilj simulacijskog eksperimenta bio je rasteretiti sam skladišni sustav i smanjiti redove čekanja na svim aktivnostima. Pri analizi otkriveno je usko grlo, tj. neravnomjerna iskoristivost zaposlenika. Nakon što su se napravile izmjene u raspodjeli radnika, efikasnost svih zaposlenika je iznosila od 60 do 75 %. Kao rezultat simulacijskog eksperimenta postignuta je pravilnija raspodjela iskorištenja kapaciteta, tj. radnika, što omogućuje da se višak kapaciteta može rasporediti na dodatne aktivnosti koje bi pridonijele većoj efikasnosti cjelokupnog poslovanja.

POPIS SLIKA

SLIKA 1 POČETNI ZASLON PROGRAMA ARENA	8
SLIKA 2 IKONA "CREATE"	9
SLIKA 3 KONA "DISPOSE"	9
SLIKA 4 IKONA "PROCESS"	9
SLIKA 5 IKONA "DECIDE"	10
SLIKA 6 IKONA "RECORD"	10
SLIKA 7 PRIKAZ PROJEKTA U PROGRAMU DOSIMIS 3	11
SLIKA 8 PRIMJER RASPOLOŽIVIH BLOKOVA I DVA BLOK DIJAGRAMA KREIRANA U GPSS-U	13
SLIKA 9 PRIKAZ PROGRAMA SIMULINK	14
SLIKA 10 PRIKAZ ORGANIZACIJE LOGISTIČKOG PROCESA	16
SLIKA 11 PRIKAZ SIMULACIJSKOG MODELA	29
SLIKA 12 VRIJEME PROLASKA ENTITETA KROZ SUSTAV- VRIJEME	31
SLIKA 13 VRIJEME PROLASKA ENTITETA KROZ SUSTAV- UKUPNO VRIJEME USLUŽIVANJA	31
SLIKA 14 VRIJEME PROLASKA ENTITETA KROZ SUSTAV- AKUMULIRANO VRIJEME USLUŽIVANJA (IZRAŽENO U MINUTAMA)	32
SLIKA 15 GRAFIČKI PRIKAZ VREMENA PROLASKA ENTITETA KROZ SUSTAV- AKUMULIRANO VRIJEME USLUŽIVANJA (IZRAŽENO U MINUTAMA)	32
SLIKA 16 ISKORISTIVOST RESURSA	33
SLIKA 17 PRIKAZ RJEŠENJA PROIZVODNOG SUSTAVA	33

POPIS TABLICA

TABLICA 1 PRIKAZ PARAMETARA NAREDBE "CREATE"	27
TABLICA 2 PRIKAZ PARAMETARA NAREDBE "RECORD"	27
TABLICA 3 PRIKAZ PARAMETARA NAREDBE "DECIDE"	28
TABLICA 4 PRIKAZ PARAMETARA NAREDBE "PROCESS"	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

POPIS DIJAGRAMA

DIJAGRAM 1. OSNOVNI PODPROCESI UNUTAR SKLADIŠNOG PROCESA	20
--	----

POPIS LITERATURE

1. Sun Tzu.umijeće ratovanja IV. izdanje-poglavlje umjeće ratovanja u kometarima,str 140
2. Beraković, Mladen: Povijesni razvoj logistike kroz povijest, Fakultet organizacije i informatike Varaždin Katedra za gospodarstvo,2013.Katedra za gospodarstvo,2013.
3. https://www.researchgate.net/publication/303549732_Logistika,Zagreb 01.08.2017
4. Ivanković, Č., Stanković, R., Šafran, M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2010:225-363.
5. Jolić,Natalija.: Logistika i ITS, Fakultet prometnih znanosti sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2006:175- 176
6. Zelinka,R., Skender Pavlić, H., Upravljanje logističkim mrežama, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci Rijeka,2007
7. Završni rad br. 287/TGL/2016 ;Zagreb,01.08.2017
8. Gordon G. System simulation. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1969. (Cit. iz Čerić V. Simulacijsko modeliranje. Zagreb: Školska knjiga, 1993.)
9. https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf
10. Law AM, Kelton WD. Simulation modeling and analysis. New York: McGraw-Hill, 1982. (Cit. iz Čerić V. Simulacijsko modeliranje. Zagreb: Školska knjiga, 1993.)
11. <https://www.arenasimulation.com>, 01.08.2017.
12. <https://www.sdz.de/produkte/dosimis-3/>,01.08.2017.
13. <https://en.wikipedia.org/wiki/GPSS> ,01.08.2017.
14. http://www.efos.unios.hr/poslovne-simulacije/wp-content/uploads/sites/180/2013/04/P5_Simulacijski-programi.pdf, 01.08.2017.
15. http://estudent.fpz.hr/predmeti/p/planiranje_logistickih_procesa/novosti/nastavni_materijali_2.pdf, 02.09.2017
16. Rogić, K.: Unutrašnji transport i skladištenje-autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014

17. http://repozitorij.fsb.hr/151/1/07_04_2006_Djukic_Magistarski.pdf