

# Analiza procesa komisioniranja robe s prijedlogom poboljšanja

---

**Jozić, Antonio**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*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:119:777507>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-18**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Antonio Jozić

ANALIZA PROCESA KOMISIONIRANJA ROBE S  
PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 5. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Unutrašnji transport i skladištenje**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 4711

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

Zadatak: **Analiza procesa komisioniranja robe s prijedlogom poboljšanja**

Opis zadatka:

U radu je potrebno izvršiti analizu procesa komisioniranja robe u skladištu na primjeru iz prakse. Temeljem izvršene analize potrebno je utvrditi nedostatke promatranog procesa i predložiti moguća unapređenja.

Predložena unapređenja procesa potrebno je obrazložiti temeljem brojevanih pokazatelja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

prof. dr. sc. Kristijan Rogić

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA PROCESA KOMISIONIRANJA ROBE S  
PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA  
ANALYSIS OF ORDER PICKING PROCESS WITH  
IMPROVEMENT SUGGESTIONS

Mentor: prof. dr. sc. Kristijan Rogić

Student: Antonio Jozić  
JMBAG: 0135227634

Zagreb, rujan 2018.

## **ANALIZA PROCESA KOMISIONIRANJA ROBE S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA**

### **SAŽETAK**

U radu su obrađene teorijske osnove skladištenja, komisioniranja te značajki skladišta. Osim toga, prikazan je nacrt skladišta sa svim osnovnim dimenzijama potrebnim za kvalitetnu analizu procesa komisioniranja.

Glavni segment rada temelji se na provedenoj analizi primjene različitih metoda rutiranja s ciljem optimizacije procesa komisioniranja, sa prikazom rezultata u prostornoj i vremenskoj dimenziji. Pozitivni rezultati analize i primjene druge metode rutiranja omogućuju ostvarenje značajne uštede resursa na razini logističko-distribucijskog centra.

**KLJUČNE RIJEČI:** logistički procesi; skladišne aktivnosti; komisioniranje; metode rutiranja; metode dodjeljivanja mjesta odlaganja; metode spajanja narudžbi

## **ANALYSIS OF ORDER PICKING PROCESS WITH IMPROVEMENT SUGGESTIONS**

### **SUMMARY**

This paper describes theoretical basics of warehousing, order picking and warehouse characteristics. In addition, a warehouse floor plan is presented with all the basic dimensions required for a quality analysis of the order picking process.

The main segment of the paper is based on the conducted analysis of the application of different routing methods for the order picking process, showing the results in spatial and temporal dimensions. Positive results of analysis and application of other routing methods enable significant resource savings on the whole logistic-distribution center level.

**KEYWORDS:** logistic processes; warehouse activities; order-picking; routing methods; storage assignment methods; order batching methods

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. DEFINIRANJE PROCESA KOMISIONIRANJA .....	2
2.1. Metode komisioniranja.....	5
2.2. Metode rutiranja .....	6
2.3. Metode spajanja narudžbi.....	12
2.4. Metode dodjeljivanja mjesta odlaganja.....	14
3. OPIS LOGISTIČKIH PROCESA NA PRIMJERU TVRTKE TOKIĆ D.O.O. ....	17
4. ZNAČAJKE SKLADIŠTA .....	19
4.1. Općenito o značajkama skladišta .....	19
4.2. Značajke skladišta tvrtke Tokić d.o.o.....	22
5. ANALIZA POSTOJEĆEG SUSTAVA KOMISIONIRANJA.....	27
5.1. Analiza postojećeg rasporeda odlaganja .....	29
5.2. Analiza postojeće metode rutiranja .....	30
6. PRIJEDLOG POBOLJŠANJAPROCESA KOMISIONIRANJA .....	32
6.1. Analiza za slučaj male narudžbe .....	32
6.2. Analiza za slučaj srednje narudžbe .....	35
6.3. Analiza za veliku narudžbu .....	37
6.4. Zaključak analize i prijedlog poboljšanja.....	40
7. ZAKLJUČAK .....	43
POPIS LITERATURE .....	44
POPIS TABLICA.....	46
POPIS SLIKA .....	47

# 1. UVOD

Ostvarivanje konkurentskih prednosti cilj je svakog suvremenog poduzeća, a stalni rast, razvoj i brza prilagodba novonastalim uvjetima na tržištu su osnova opstanka i kvalitetnog poslovanja. Trgovinska poduzeća, kao što je i Tokić d.o.o. koji je predmet istraživanja ovog diplomskog rada glavni fokus postavljaju upravo na zadovoljstvo kupca, stoga su dvije osnovne lokacije same prodavaonice u kojima krajnji kupac dolazi u doticaj s poduzećem, zaposlenicima i predmetnom robom, ali isto tako i logističko-distribucijski centri koji van pogleda krajnjih kupaca vrše glavne aktivnosti opskrbnog lanca.

Optimizacijom procesa logističko-distribucijskog centra moguće je postići veću razinu zadovoljstva kupca, i to uz manje troškove što znači ostvarenje konkurentске prednosti. Jedna od osnovnih aktivnosti, pa i najvažnija aktivnost logističko-distribucijskog centra je upravo komisioniranje. Procesom komisioniranja omogućuje se izravno postizanje krajnjeg cilja trgovinskog poduzeća – usluživanje krajnjeg kupca te prodaja robe. Ostali procesi, iako neophodni, predstavljaju samo trošak, jer primjerice uskladištena roba nema vrijednosti dok se za nju ne pojavi potražnja. Sam proces komisioniranja po uloženom vremenu i troškovima najznačajniji je proces u logističko-distribucijskom centru – više od 50% godišnjih operativnih troškova otpada upravo na proces komisioniranja.

U ovom radu biti će definirane i analizirane brojne metode komisioniranja podijeljenih na: metode rutiranja, metode dodjeljivanja mjesta odlaganja i metode spajanja narudžbi, te njihova međuovisnost s ciljem optimizacije procesa komisioniranja. U drugome dijelu rada biti će analiziran postojeći proces komisioniranja na primjeru vodećeg prodajnog lanca autodijelova u Republici Hrvatskoj, tvrtke Tokić d.o.o.

Uz grafičku i analitičku analizu raznih metoda rutiranja biti će predložena i optimalna metoda rutiranja s ciljem smanjenja ukupnog puta komisioniranja, a koji za krajnji cilj ima smanjenje troškova i poboljšanje vremena odaziva na zahtjeve tj. konkretno narudžbe kupaca u veleprodaji i maloprodaji.

## 2. DEFINIRANJE PROCESA KOMISIONIRANJA

Komisioniranje, kao segment logističkog procesa i jedan od osnovnih skladišnih procesa, postoji koliko postoje i skladišta. Kroz povijest svrha mu je ostala ista: prikupljanje materijala iz skladišnih lokacija prema zahtjevima korisnika [15]. Danas o komisioniranju postoje u literaturi brojni radovi, kojima se nedvojbeno pokazuje njegov veliki potencijal za smanjenje logističkih troškova i povećanje produktivnosti [9]. Na slici 1 prikazan je odnos godišnjih operativnih troškova prema skladišnim aktivnostima, koji pokazuje kako se optimizacijom aktivnosti komisioniranja najznačajnije može utjecati na ukupne operativne troškove.

Pojednostavljeno, zadatak logistike je osigurati potreban materijal (proizvod), adekvatne kvalitete, na pravom mjestu, u pravo vrijeme, uz minimalne troškove [3]. Tradicionalno, dvije osnovne logističke aktivnosti su transport i držanje zaliha. Transportiranjem materijala s jedne lokacije na drugu, te uskladištenjem zaliha do trenutka kada se za njih pojavi potražnja, osigurava se materijal na pravom mjestu u pravo vrijeme. Kako je svako skladište samo dio većeg logističkog lanca, i komisioniranje je logistički podproces u funkciji osiguranja potrebnog materijala na pravom mjestu u pravo vrijeme.

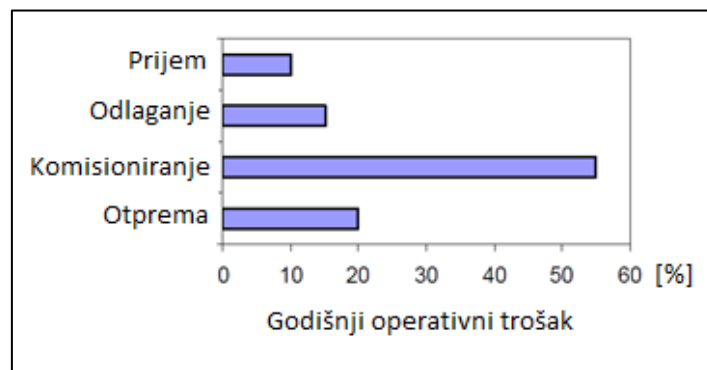
Što se skladišta tiče, brojna tehnološka dostignuća, te razvoj i sve češća i efikasnija primjena informacijskih sustava za upravljanje skladištima (*Warehouse management system - WMS*) omogućili su praćenje toka robe kroz skladište u stvarnom vremenu - od zaprimanja do otpreme prema krajnjem kupcu, te je samim time cjelokupni sustav distribucije efikasniji. Jedna od glavnih konkurentskih prednosti svakog poduzeća 21. stoljeća je brz i točan odaziv zahtjevima tj. narudžbama kupaca, dok je pri tome potrebno zadovoljiti i zahtjeve vezane za točnost narudžbe, kvalitetu materijala i odgovarajuću cijenu. Svi ovi zahtjevi kao cjelina dovode u vezu efikasne skladišne procese sa zadovoljstvom kupca.

Poznato je da se efikasno i efektivno komisioniranje nastoji postići samim oblikovanjem skladišta, odnosno pripadajućeg podsustava za komisioniranja, kao i odabirom načina izvođenja pojedinih operacija - metoda skladištenja, poglavito metoda komisioniranja.

U osnovi proces sekomisioniranja, kao rezultat oblikovanja sustava, može podijeliti u dvije grupe. Prva grupa bazira se na kretanju radnika koji obavlja poslove komisioniranja - komisionera (s ili bez transportnog sredstva) do svake lokacije na kojoj treba izuzeti materijal iz narudžbe. Takvi sustavi nazivaju se sustavi komisioniranja prema principu "čovjek robi"



(eng. *picker-to-part systems*). Druga grupa bazira se na kretanju materijala do komisionera, pa se takvi sustavi nazivaju sustavi prema principu “roba čovjeku” (eng. *part-to-picker systems*). U sustavima prema principu “čovjek robi” materijali su najčešće uskladišteni u regalima s rasporedom u redove (u praksi i literaturi koristi se i naziv skladišta s prolazima).



Slika 1. Usporedba metodi rutiranja s obzirom na veličinu narudžbe

Izvor: [12], prilagodio autor

Jedan od načina smanjenja puta, a time i vremena komisioniranja, je primjena određene metode rutiranja (određivanje redoslijeda i puta prikupljanja). Za to su razvijene brojne heurističke i, za neke slučajeve, optimizacijske metode. Neki rezultati njihove primjene u praksi pokazuju mogućnost uštede vremena vožnje pri komisioniranju i do 35% u odnosu na rješenja bez uporabe tih metoda [4].

Drugi način mogućeg smanjenja puta komisioniranja primjena je metoda dodjeljivanja mjesta odlaganja materijalima u skladištu.

Komisioniranje grupe narudžbi - spajanje narudžbi (eng. *batching*) i/ili komisioniranje po zonama (eng. *zoning*) treći je način smanjenja puta, odnosno vremena komisioniranja

Poznato je da se skladištenjem (u funkciji privremenog odlaganja) ne povećava vrijednost materijalu (osim ako materijal starenjem ne dobiva na vrijednosti) ali skladištenjem se materijalu povećava prostorna i vremenska raspoloživost (imati materijal tamo gdje je potreban i kada je potreban). Ovdje treba napomenuti da s obzirom na trend logistike dodane vrijednosti (eng. *value added logistics*), danas se procesi strukturiraju tako da se mnoge aktivnosti, kao deklariranje, kontrola kvalitete, pakiranje i dr. obavljaju u skladištu, a time se i direktno materijalu povećava vrijednost.

*Choe&Sharp* [11] koriste termin oblikovanje skladišta (eng. *warehouse design*) ukoliko je glavna funkcija u skladištu komisioniranje paletnih jedinica. Zbog veće kompleksnosti komisioniranja u slučajevima s izuzimanjem jedinica manjih od palete (kutija i pojedinačnih proizvoda), naglašavaju problem kao oblikovanje sustava za komisioniranje (eng. *orderpicking system design*).

Kako se proces komisioniranja, i paletnih jedinica i jedinica manjih od palete, obavlja u svim tipovima skladišta, autor ovog rada nije sklon definiranju sustava za komisioniranje prema tom kriteriju. Isto tako, uvažavajući činjenicu da je proces komisioniranja jedan od podprocesa skladišnog procesa, sustav za komisioniranje jedan je od skladišnih podsustava.

S polazištem od procesa komisioniranja, za potrebe ovog rada sustav za komisioniranje se definira kao: sva oprema za uskladištenje materijala pripremljenog za izuzimanje, transportna oprema koja se koristi pri izuzimanju, te ostala (pomoćna i dodatna oprema).

U komisioniranju prema principu "čovjek robi" (eng. *picker-to-part*) komisioner se kreće, hodajući ili vozeći se na transportnom sredstvu, do lokacije(a) sa koje treba izuzeti materijal. Kako se aktivnost izuzimanja najčešće obavlja u prolazima između regala, ova grupa sustava vrlo se često naziva i sustavi "u prolazima" (eng. *in-the-aisle*).

U sustavima komisioniranja prema principu "roba-čovjeku" (eng. *part-to-picker*) materijal koji treba izuzeti kreće se do komisionera. Mjesto izuzimanja nalazi se na kraju prolaza, pa se ovi sustavi još nazivaju i sustavi "na kraju prolaza" (eng. *end-of-aisle*).

Najpoznatiji primjer ovakvog sustava su visokoregalna automatizirana skladišta - eng. *AS/RS (Automated Storage Retrieval System)*. U ovim sustavima automatska visokoregalna dizalica (visokoregalni viličar) izuzima paletu iz visokog regala, te je dovozi do mjesta komisioniranja na fiksnoj lokaciji na kraju prolaza. U slučaju komisioniranja paletnih količina, cijela paleta se odvozi u predajnu zonu viličarem ili sustavom konvejera. U slučaju komisioniranja kutija, čovjek komisioner na fiksnoj lokaciji izuzima potrebnu količinu, a ostatak materijala na paleti automatska dizalica prevozi i odlaže natrag u regal. Ista metoda koristi se i za komisioniranje malih pojedinačnih predmeta u tzv. *miniloading AS/RS* sustavima. Mali pojedinačni predmeti odloženi su u regalu u posebnim sanducima umjesto na paletama. Ovi sustavi znatno su manjih dimenzija od paletnih visokoregalnih automatiziranih sustava. Za skladištenje i komisioniranje malih predmeta koriste se i optočni regali - karuseli. Karusel je regal koji se

sastoji od serije ladica koje rotiraju horizontalno ili vertikalno, donoseći određenu ladicu (lokaciju) do fiksnog mjesta izuzimanja.

Metodama rutiranja određuje se redoslijed prikupljanja i smjer kretanja pri komisioniranju, s ciljem smanjenja puta (znači i vremena) komisioniranja.

Podrazumijeva se da prije izuzimanja materijala iz skladišta u procesu komisioniranja isti moraju biti uskladišteni – odloženi na određene lokacije. Ova pretpostavka naglašava da sa stajališta vremena radnih ciklusa postoji povezanost između metoda izbora mjesta odlaganja i metoda komisioniranja. Do danas su razvijeni brojni načini dodjeljivanja lokacija pojedinim materijalima, a mogu se podijeliti u tri grupe [9]: slučajni raspored, dodijeljeni raspored odlaganja i odlaganje po zonama, definirani kao metode dodjeljivanja mjesta odlaganja.

## 2.1. Metode komisioniranja

Osnovna metoda organiziranja komisioniranja je prema narudžbi (eng. *order-picking by order* [8], iako se u literaturi se za ovu metodu koriste i drugačiji nazivi, kao npr. eng. *basic order picking* ili eng. *single order picking* [10]).

Komisioniranje grupe narudžbi (eng. *batch picking*) je metoda organizacije komisioniranja kojom se više narudžbi korisnika spoji u jednu narudžbu komisioniranja. Komisioner prikuplja u jednoj ruti materijal iz cijele grupe.

Treća metoda organizacije komisioniranja je po zonama (eng. *zoning* ili *zone picking*). U komisioniranju prema ovoj metodi područje komisioniranja podijeljeno je u zone,

Svaki komisioner prikuplja materijal iz narudžbe u njegovoj zoni. Pri tome je problem, da se tako razdijeljeni materijali iz jedne narudžbe moraju spojiti prije izdavanja, riješen u praksi na dva načina, što definira dva tipa komisioniranja po zonama.

Prvi tip komisioniranja po zonama je tzv. progresivno komisioniranje po zonama (eng. *progressive zoning* [11]), kod kojeg se prikupljeni materijal u jednoj zoni predaje komisioneru u slijedećoj zoni. Ovakvo komisioniranje naziva se i eng. *pick-and-pass* komisioniranje [7]. Drugi tip komisioniranja po zonama je tzv. paralelno komisioniranje (eng. *parallel picking* [7], a u literaturi se koriste i nazivi eng. *synchronized zoning* [11]) odnosno eng. *wave picking*

[10]). Komisioneri u svim zonama počinju istovremeno prikupljati materijal iz narudžbe u njihovim zonama, te se nakon prikupljanja svi materijali spajaju u jednu narudžbu. Ovaj tip komisioniranja po zonama rezultira kraćim vremenom prikupljanja narudžbe, ali zbog gubitka integriteta narudžbe potreban je sustav za sortiranje [11].

U praksi je vrlo čest slučaj komisioniranja po zonama grupe narudžbi. Kombinacija ove dvije metode poglavito je pogodna u sustavima s velikim brojem narudžbi u jedinici vremena, a malim brojem izuzimanja po narudžbi.

Nakon prikupljanja materijala u zoni komisioniranja, isti se stavljaju na konvejer kojim odlaze do sustava za sortiranje. Nakon puštanja na kružni konvejer, materijali se skreću u određenu sortirajuću liniju. Ukoliko nekom materijalu nije dodjeljena sortirajuća linija, on recirkulira u sustavu do oslobađanja i dodjeljivanja prazne sortirajuće linije. Način puštanja materijala na kružni konvejer sustava za sortiranje određen je metodom puštanja vala (eng. *wave release strategy*). Efekti dvije metode – valovi s prekrivanjem i bez prekrivanja (eng. *overlapping* i *non-overlapping waves*) istraživani su u *Bozer* [1]. Metodom puštanja vala bez prekrivanja, novi val materijala se pušta na kružni konvejer tek nakon što su svi materijali iz prethodnog vala sortirani. Suprotno, metodom puštanja vala s prekrivanjem, novi val se pušta na konvejer ranije (što se u istraživanju pokazalo kao bolja metoda). Način dodjeljivanja pojedine sortirajuće linije određenoj narudžbi određuje se metodom dodjeljivanja linije (eng. *line assignment strategy*).

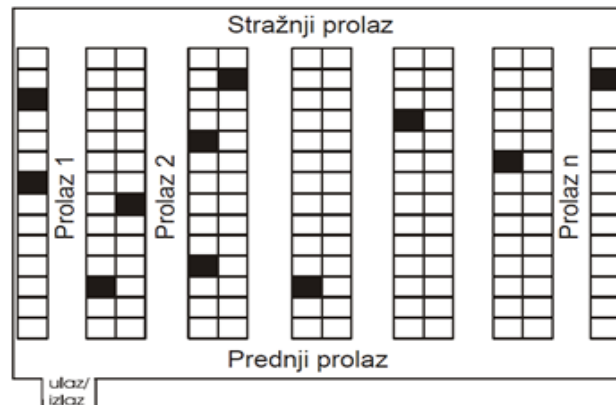
## 2.2. Metode rutiranja

Određivanje redosljeda prikupljanja i smjera kretanja jedan je od osnovnih zadataka metoda pri komisioniranju, s ciljem generiranja što kraćeg (krajnji cilj minimalnog) puta prikupljanja materijala (to je put kojega prijeđe komisioner obavljajući jedan radni ciklus). Za klasična regalna skladišta s prolazima razvijeno je nekoliko heurističkih metoda rutiranja, kao i algoritam za određivanje optimalne rute.

U nastavku ovog poglavlja daje se prikaz metoda rutiranja, te proračun puta uporabom određene metode s pretpostavkom slučajnog rasporeda odlaganja materijala u skladištu. Proračun puta komisioniranja nije za svaku metodu napravljen na temelju generirane rute, već su, korištenjem značajki pojedine metode, određivane te zbrojene pojedine komponente ukupnog puta. Tako određen ukupni put u potpunosti je jednak stvarnom ukupnom putu komisioniranja.

Kako u praksi postoje različiti prostorni rasporedi skladišta tj. samih zona komisioniranja, analiza performansi napravljena je za najčešći (osnovni) tip prostornog rasporeda skladišta (prikazan na slici 2), što odgovara i s drugim radovima i istraživanjima na ovom području [2],[6],[7],[8].

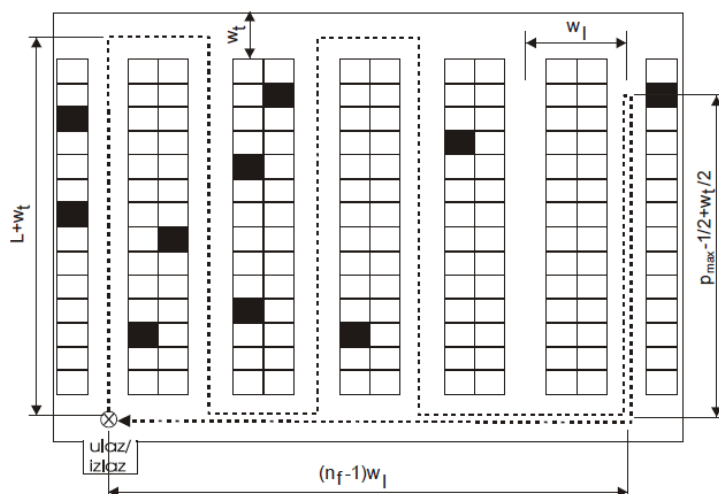
Osnovni tip skladišta predstavlja skladište s paralelnim redovima regala s prolazima, s jednim centralnim ulazom/izlazom, te mogućnošću prolaza na početku ili kraju skladišta (prednji i stražnji prolaz). Prolazi između regala omogućuju kretanje u dva smjera unutar prolaza, ali komisioniranje može biti obavljeno s obje strane prolaza bez značajne promjene položaja (potrebe za dodatnim vremenom kretanja). Slika 2 ujedno predstavlja i jedan primjer narudžbe gdje svaki pravokutnik predstavlja skladišnu lokaciju, a crno su označene lokacije s kojih treba prikupiti materijal za tu narudžbu.



Slika 2. Shema osnovnog prostornog rasporeda regalnog skladišta sa prolazima

Izvor: [12], prilagodio autor

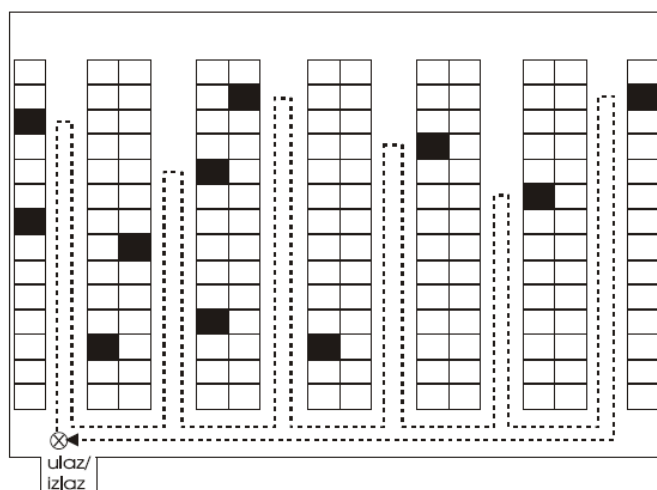
Metoda S-oblika predstavlja najjednostavniji način kretanja komisionera prilikom prikupljanja materijala, u literaturi se ova metoda još naziva i eng. *transversal*). Svaki prolaz koji sadrži barem jednu lokaciju iz koje treba izuzeti materijal prolazi se cijelom duljinom dok se ostali prolazi izbjegavaju tj. u njih se ne ulazi. Nakon što su svi materijali prikupljeni, komisioner se vraća prednjim glavnim prolazom do početne točke. Na slici 3 prikazan je primjer rute prikupljanja metodom S-oblika.



Slika 3. Shema rute kretanja metodom S-oblika

Izvor: [12], prilagodio autor

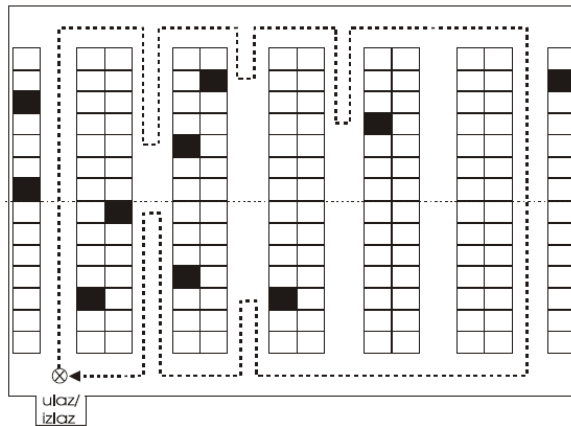
Metoda povratka (eng. *return method*) također je jedna od jednostavnijih metoda rutiranja (slika 4). Ovom metodom komisioner ulazi u prolaze između regala isključivo iz prednjeg prolaza, te se nakon prikupljanja materijala istim putem vraća prema prednjem prolazu.



Slika 4. Shema rute kretanja metodom povratka

Izvor: [12], prilagodio autor

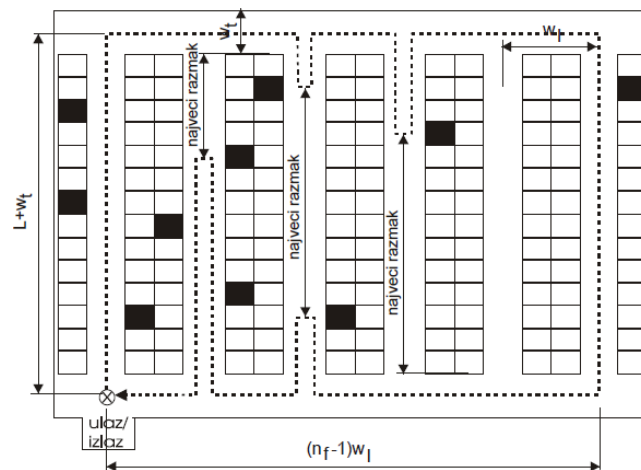
Metodom srednje točke (eng. *midpoint method*) skladište je podjeljeno u dvije polovice (slika 5). Prikupljanje u prednjoj polovici obavlja se ulaskom komisionera iz prednjeg prolaza, dok se prikupljanje u stražnjoj polovici obavlja ulaskom komisionera iz stražnjeg prolaza, a samo se prvi i zadnji prolaz prolaze cijelom duljinom.



Slika 5. Shema rute kretanja metodom središnje točke

Izvor: [12], prilagodio autor

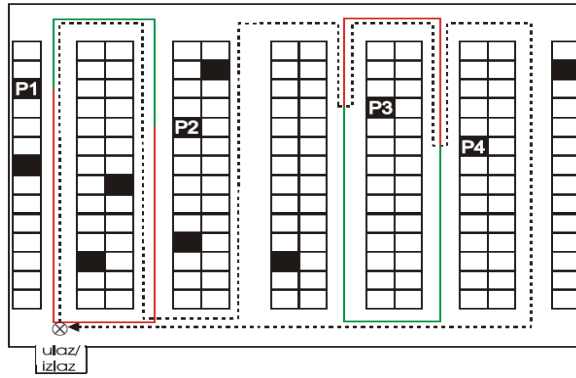
Metodom najvećeg razmaka (eng. *largest gap method*) komisioner, slično kao i kod metode srednje točke, prvi i zadnji prolaz prolazi u cjelosti. U ostale glavne prolaze ulazi i izlazi s iste strane, na način da se "najveći razmak" (eng. *largest gap*) ne prolazi (slika 6).



Slika 6. Shema rute kretanja metodom najvećeg razmaka

Izvor: [12], prilagodio autor

Kompozitna metoda kombinacija metode S-oblika i metode povratka. Ovom metodom se minimizira kretanje između dvije najdalje lokacije, u dva susjedna prolaza. Ovisno o lokaciji na kojoj je potrebno izuzeti proizvod prolaz se prolazi u cijelosti (metoda S-oblika) ili se radi povratak u glavni prolaz (metoda povratka). Shema rute kretanja prema kompozitnoj metodi prikazana je na slici 7.



Slika 7. Shema rute kretanja metodom najvećeg razmaka

Izvor: [12], prilagodio autor

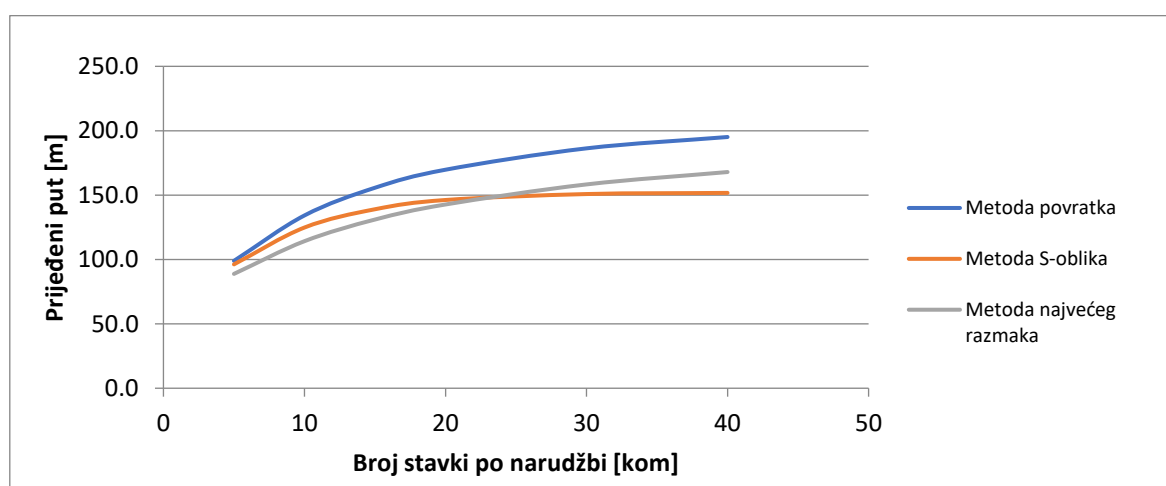
Kombinirana metoda koja je predložena u *De Koster&Roodbergen*[4], koristi dodatak dinamičkog programiranja, što omogućuje donošenje odluke o trenutnom putu u međuovisnosti o sljedećem koraku. Usporedba performansi metoda rutiranja za manje i veće skladište u odnosu na veličinu narudžbe prikazana je u tablici 1, te slikama 8 i 9.



Tablica 1. Analiza ukupnog puta po metodama komisioniranja

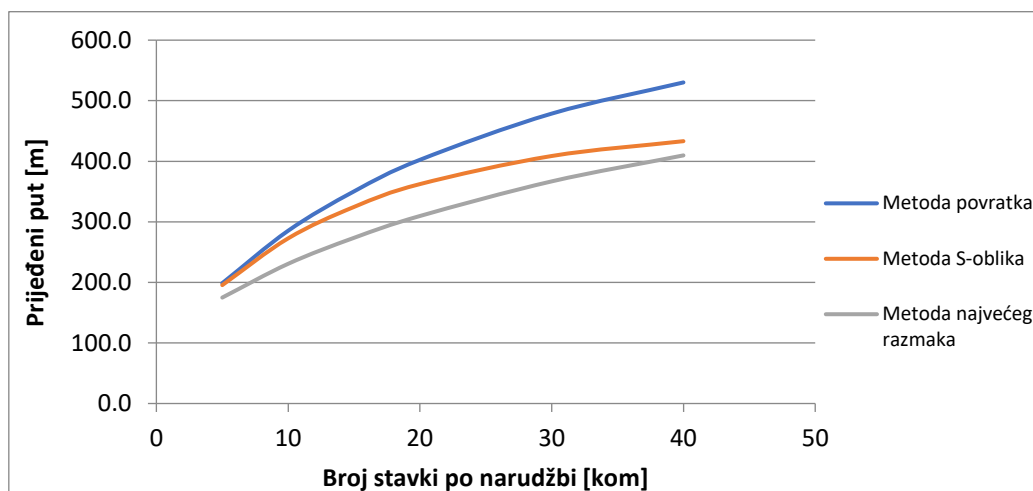
Veličina narudžbe [N]	Metoda rutiranja	Ukupni prijeđeni put [m]	
		Manje skladište Broj prolaza: 8 Duljina prolaza: 9m	Veće skladište Broj prolaza: 16 Duljina prolaza: 18m
5	Metoda povratka	98.9	198.7
10		134.2	285.3
15		155.7	350.3
20		169.7	402.4
30		186.3	478.7
40		195.1	530.2
5	Metoda S-oblika	96.2	195.5
10		124.8	272.7
15		139.0	324.6
20		146.2	362.3
30		150.8	408.7
40		151.7	433.2
5	Metoda najvećeg razmaka	88.8	174.9
10		114.2	230.7
15		131.0	273.6
20		142.7	309.6
30		158.3	366.8
40		167.9	409.7

Izvor: [12], prilagodio autor



Slika 8. Analiza ukupnog puta komisioniranja za manje skladište

Izvor: [12], prilagodio autor



Slika 9. Analiza ukupnog puta komisioniranja za veće skladište

Izvor: [12], prilagodio autor

### 2.3. Metode spajanja narudžbi

Metode spajanja narudžbi (eng. *order batching methods*) čine treću grupu metoda za smanjenje vremena kretanja pri komisioniranju obrađenu u ovom radu. Primjena ovih metoda rezultat je odluke o organizaciji komisioniranja. Osnovna metoda, komisioniranje prema narudžbi, podrazumijeva prikupljanje materijala sa samo jedne narudžbe, odnosno narudžba komisioniranja jednaka je narudžbi korisnika. Analize metoda rutiranja i metoda odlaganja prikazane u prethodna dva poglavlja napravljene su uz pretpostavku o ovakvom načinu komisioniranja. Kod manjih narudžbi (manjeg broja izuzimanja po narudžbi korisnika), veliki udio vremena komisioniranja otpada na vrijeme kretanja. U tom slučaju moguće je primjeniti drugačiji način organizacije komisioniranja – komisioniranje grupe narudžbi (eng. *batch picking*). Više narudžbi korisnika spaja se u jednu narudžbu komisioniranja, pa komisioner u jednoj ruti prikuplja materijal iz cijele grupe. Na taj se način može smanjiti prosječno vrijeme kretanja pri komisioniranju, te proces komisioniranja učiniti efikasnijim [5].

Očigledan je visoki potencijal smanjenja puta komisioniranja primjenom metoda spajanja narudžbi, koje se kreće u rasponu od 40 do 70%, ovisno o broju narudžbi u grupi i primjenjenoj metodi rutiranja [14]. Može se zaključiti da će, za određeni kapacitet, spajanje relativno malih narudžbi rezultirati vrlo visokim postotkom smanjenja puta komisioniranja po narudžbi. U slučaju velikih narudžbi taj se postotak smanjuje. Variranje veličine narudžbe uz

konstantan kapacitet rezultirao bi nešto manjim uštedama kod manjih vrijednosti broja narudžbi u grupi, iz razloga većeg broja lokacija po narudžbi što povlači za sobom smanjen potencijal ostvarivanja ušteda. Za narudžbe kod kojih srednja vrijednost veličine teži ukupnom kapacitetu skladišta, smanjenje puta komisioniranja približava se nuli.

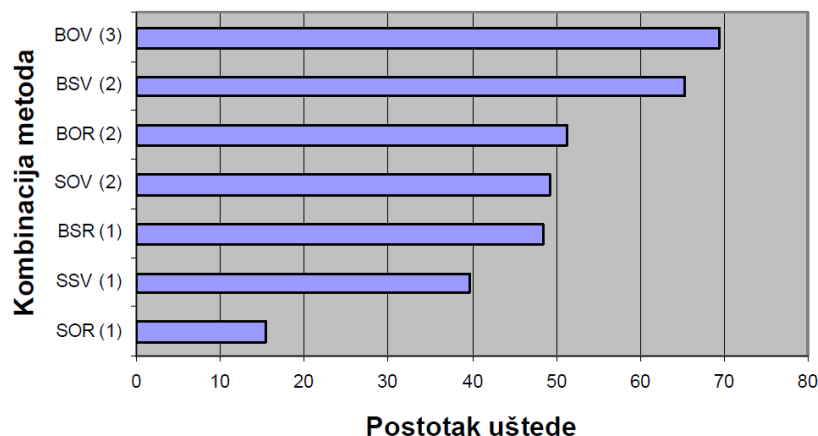
Primjena dodijeljenog rasporeda odlaganja dokazana je u praksi za smanjenje kretanja prilikom komisioniranja. Međutim, odabir najpovoljnijeg tipa odlaganja ovisi o metodi rutiranja. Osim metode rutiranja, teorijski najbolji tip odlaganja ovisi i o veličini skladišta, veličini narudžbe i zakrivljenosti ABC krivulje. Za praktičnu primjenu, odlaganje po prolazima pokazalo se kao vrlo kvalitetan tip odlaganja, s optimalnim ili približno optimalnim rezultatima u svim situacijama, nadmašivši najčešće korišteni tip odlaganja u praksi – odlaganje uzduž prednjeg prolaza. Kako primjena dodijeljenog rasporeda odlaganja može povlačiti za sobom i potrebiti povećani kapacitet i/ili stalne analize i premještanja, jedno od rješenja je primjena odlaganja po zonama.

I s teorijskog i s praktičnog stajališta važno je saznanje da se i kod klasičnih regalnih skladišta, kao i kod automatiziranih (što je otprije poznato), već sa nekoliko zona eliminiraju spomenuti problemi, a gotovo u potpunosti ostvaruju smanjenja puta komisioniranja. Pri tome je od nezanemarivog utjecaja osim broja zona i pravilan odabir veličina pojedinih zona. Najznačajniji utjecaj na smanjenje puta komisioniranja ima pak promjena organizacije komisioniranja. Spajanjem narudžbi umjesto komisioniranja prema narudžbi moguće su najveće uštede u putu komisioniranja. Kao i kod metoda rutiranja, i algoritme spajanja vrlo je jednostavno ugraditi u WMS-ove [12].

Tablica 2. Notacija kombinacija metoda komisioniranja

<b>Organizacija komisioniranja</b>	S	komisioniranje prema narudžbi (Single order-picking)
	B	komisioniranje grupe narudžbi (Batched order-picking)
<b>Metoda rutiranja</b>	S	kretanje prema metodi Soblika
	O	kretanje po ruti Optimalnog algoritma
<b>Metoda odlaganja</b>	R	slučajni raspored odlaganja (Random storage)
	V	dodijeljeni raspored odlaganja (Volume based)

Izvor: [12], prilagodio autor



Slika 10. Grafički prikaz postotka uštede prema kombinaciji metoda komisioniranja

Izvor: [12], prilagodio autor

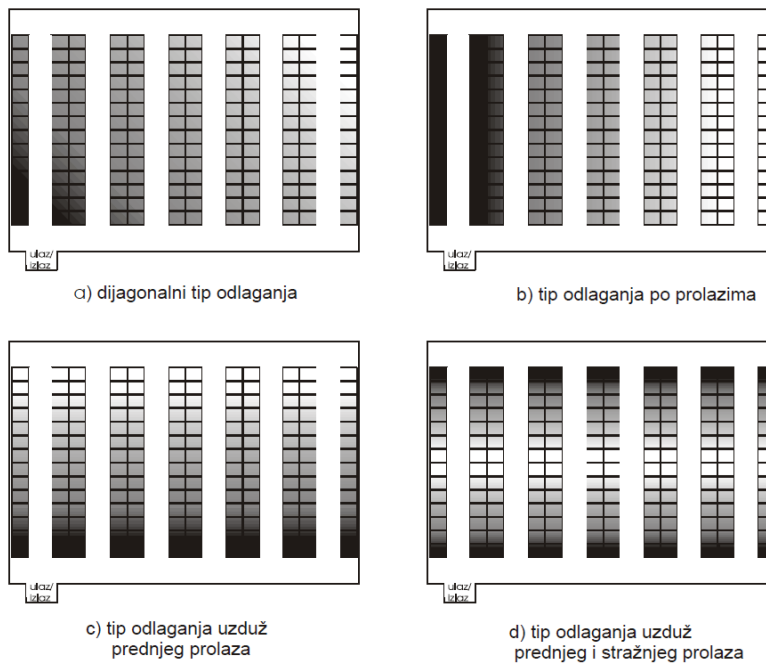
Analiza provedena na primjeru regalnog skladišta sa 8 prolaza duljine 36 metara ( $N=8$ ,  $L=36$ ) pokazala je kako je najbolja kombinacija metoda komisioniranja BOV (grupno komisioniranje, prema optimalnom algoritmu kretanja, dodijeljenog rasporeda odlaganja). Rezultati analize prikazani su na slici 10. Iako je analiza provedena samo za navedeni prostorni raspored i veličinu skladišta, apsolutni odnos efekata kombinacija metoda komisioniranja ostaje jednak.

Također je vidljivo kako najznačajniji utjecaj na smanjenje ukupnog puta komisioniranja ima primjena metode spajanja narudžbi (B), potom promjena metode dodjeljivanja mjesta odlaganja (V), a najmanji utjecaj ima promjena metode rutiranja (O/S).

## 2.4. Metode dodjeljivanja mjesta odlaganja

Logika nalaže da se vrlo teški materijali odlažu na niže lokacije, različita kemijska sredstva udaljena od prehrambenih proizvoda, itd. S ciljem minimizacije troškova rukovanja materijalom, poznat je princip odlaganja materijala s većim protokom bliže ulazu/izlazu [9], [8], [13]. Stoga je na put (vrijeme) kretanja pri komisioniranju moguće utjecati odabirom načina rasporeda materijala u zoni komisioniranja, definiranog metodom dodjeljivanja mjesta odlaganja (u daljnjem tekstu nazivaju se skraćeno metode odlaganja). Za razliku od izuzimanja paletnih jedinica, kod komisioniranja kutija i pojedinačnih materijala (kakvo se razmatra u ovom radu), udaljenost mjesta odlaganja od ulaza/izlaza potrebno je promatrati u

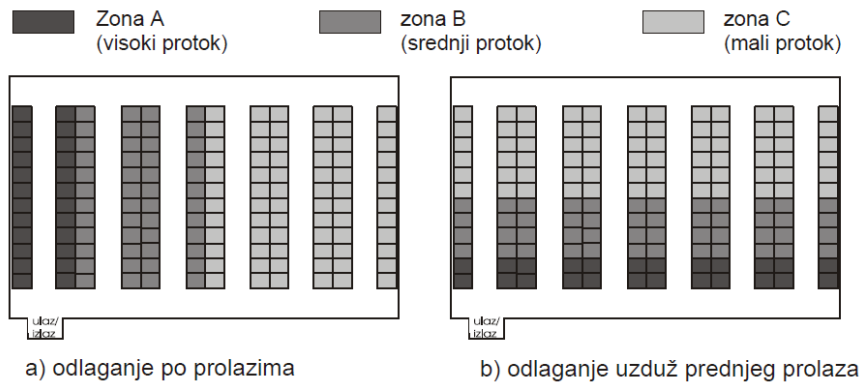
kontekstu cijele narudžbe (više lokacija) te načina kretanja pri komisioniranju (metodi rutiranja)[12]. Osnovni tipovi dodjeljivanja mjesta odlaganja s podjelom po zonama prikazani su na slici 11.



Slika 11. Tipovi zona odlaganja

Izvor: [12], prilagodio autor

Provedena istraživanja, iako za automatizirana skladišta [60], [61], [62], pokazala su da se samo nekoliko zona gotovo u potpunosti ostvaruje prednost unaprijed dodijeljenog rasporeda odlaganja u vidu minimizacije puta, a zadržava prednost slučajnog rasporeda odlaganja u vidu minimalne potrebne površine. Za očekivati je da je takav slučaj i kod klasičnih regalnih skladišta s prolazima. Provedena analiza ograničena je na jedan prostorni raspored ( $N=6$ ,  $L=12$ ), s veličinom narudžbe  $x=20$  i dvije ABC krivulje protoka, 50/20 i 80/20, te tri metode rutiranja. Za metodu rutiranja S-oblika primjenjeno je odlaganje u zone po prolazima, dok za metodu povratka odlaganje uzduž prednjeg prolaza (slika 12).[12]



Slika 12. Zone odlaganja materijala prema ABC kategorizaciji

Izvor: [12], prilagodio autor

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

Tokić d.o.o. ovlaštenu je uvoznik i distributer preko 230 najpoznatijih svjetskih proizvođača dijelova za sve vrste osobnih automobila, motocikala i teretnih vozila. 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 200.000 različitih artikala.

Kratka vremenska crta razvoja Tokića kroz posljednjih 28 godina:

- 1990. – osnovana tvrtka Tokić d.o.o. i otvorena prva poslovnica,
- 2000. – tvrtka ima 10 poslovnica u Zagrebu, samostalno uvozi 50% prodajnog programa i 30% prodajnog asortimana kvalitete prve ugradnje,
- 2002. – 2004. – stvara se novi vizualni identitet tvrtke i ulažu znatna financijska sredstva u naprednu informacijsku tehnologiju,
- 2005. – uvodi se franšizni model poslovanja, otvaraju se nove poslovnice u Hrvatskoj te Bosni i Hercegovini,
- 2008. – Tokić d.o.o. postaje članom i dioničarom ATR International AG-a,
- 2012. – 14 poslovnica u Zagrebu te 71 poslovnica u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini,
- 2014. – otvoren TEC – Tokić Edukacijski Centar u sklopu nove zgrade Uprave Tokić d.o.o.,
- 2014. – 100 poslovnica diljem Hrvatske i Bosne i Hercegovine,
- 2015. – uveden program vjernosti- Tokić kartica, uvedeni moto i teretni program, uspostavljen Call Centar,
- 2016. – pušten u pogon novi logističko distributivni centar u Sesvetama u sklopu kojeg je i nova Upravna zgrada, predstavljen novi koncept poslovnica.

LDC u Sesvetama opslužuje 21 vlastitu poslovnicu i 74 poslovnice ovlaštenih prodajnih partnera. U distribucijskoj mreži egzistiraju i tri logistička čvorišta locirana u Slavenskom Brodu, Splitu i Zadru. Osnovna uloga navedenih čvorišta je akumuliranje dovoljne količine i širine asortimana geografski bliže kupcima, kako bi vrijeme odaziva na potrebe distributera moglo biti minimalno, a prijevozom većih količina robe (okrupnjavanjem pošiljaka) prema hubovima postižu se i uštede na prijevozu.

Distribucija u Gradu Zagrebu i okolici vrši se vlastitim voznim parkom koji se sastoji od 58 lakih dostavnih vozila, od čega je 20 vozila alocirano na relaciji LDC-poslovnica, a preostalih 38 vozila alocirano je na lokaciji poslovnica-krajnji kupac (mehaničar). Ostatak distribucije vrši se putem više vanjskih dobavljača logističkih i prijevoznih usluga. Unutar Republike Hrvatske distribucijska mreža broji ukupno 101 isporučno mjesto, a izvan Republike Hrvatske (Bosna i Hercegovina, Slovenija, Austrija) 67 isporučnih mjesta.

Prijevoz na relaciji LDC – poslovnica vrši se 4 puta dnevno (svaka 2 sata), te se takve dostave nazivaju hitnima, jer se sastoje od artikala koje su krajnji kupci naručili u poslovnici, te je cilj da roba što prije stigne u ciljanu poslovnicu kako bi se smanjilo čekanje kupca, i povećalo njegovo zadovoljstvo uslugom. Osim hitnih dostava na relaciji LDC – poslovnica, periodički se vrše i redovne dostave koje služe za nadopunjavanje i održavanje zadovoljavajuće razine zaliha svake od poslovnica. Narudžbe od strane distributera LDC prima do 15:30 sati, a već sljedećega dana do 06:00 sati zagantirana je isporuka na cijelom području Republike Hrvatske, uključujući otoke te grad Dubrovnik.

#### Specifičnosti distribucije autodijelova

Specifičnosti distribucije autodijelova su u tome što se većina od asortimana distribuira i prodaje komadno, što omogućava manju količinu zaliha u poslovnicama, ali ujedno znači i dulje vrijeme procesuiranja narudžbi u LDC-u, a približno 95% robe dolazi iz uvoza, što znači da je potrebno deklarirati robu pri ulazu u skladište. Sam proces deklariranja često zna postati usko grlo pri ulasku robe u skladište, jer kao što je navedeno radi se o komadnoj robi u vrlo velikim količinama.

Naglasak na hitnost, brzinu i fleksibilnost distribucijskog lanca u industriji autodijelova je značajniji od distribucije većine vrsta robe, jer se često događa da pri servisu vozila mehaničar tek nakon demontaže starog dijela može krenuti u nabavu novoga – primjer vizualne inspekcije dijela. U tom trenutku vozilo nije u voznom stanju, te je nabava i ugradnja novoga dijela neophodna i iznimno hitna kako bi krajnji korisnik (vozač) bio zadovoljen.



## 4. ZNAČAJKE SKLADIŠTA

### 4.1. Općenito o značajkama skladišta

Proračun prosječnog puta komisioniranja provodi se uz glavne varijable i parametre, kako u programima tako i u analitičkim modelima, a korištene su sljedeće oznake:

$N$  – broj glavnih prolaza u skladištu

$L$  – duljina glavnog prolaza, m

$n$  – broj prolaza koji sadrži barem jednu traženu lokaciju

$n_f$  – posljednji glavni prolaz koji sadrži barem jednu traženu lokaciju

$l_f$  – udaljenost do najdalje lokacija u prolazu, m

$w_t$  – širina prednjeg/stražnjeg prolaza, m

$w_l$  – razmak između središta dva susjedna glavna prolaza, odnosno zbroj širine glavnog prolaza i dvostrukog regala, m

$x$  – broj lokacija koje treba posjetiti prema narudžbi

$L_t$  – "uzduž prolaza" komponenta puta komisioniranja, m

$L_l$  – "preko prolaza" komponenta puta komisioniranja, m

$L_{tot}$  – ukupni put komisioniranja jedne narudžbe, m

U praksi najčešći način skladištenje materijala na paletama je odlaganje u regale. Paletni regalisa svojom konstrukcijom omogućuju odlaganje paleta na više razine nego podno skladištenje, istovremeno omogućujući pristup svakoj paleti (što podrazumijeva i pristup svakom materijalu). U principu je nekoliko jediničnih regala spojeno tako da čine redove, između kojih su prolazi za transportna sredstva i radnike. Osim ovih prolaza postoje i glavni prolazi (prednji, stražnji i eventualno jedan ili više poprečnih prolaza) koji služe za promjenu prolaza između regala, mimoilaženje i/ili okretanje transportnog sredstva. Komisioniranje se obavlja ili pomoću transportne opreme izuzimanjem ukupne količine na paleti, ili ručno izuzimanjem sa regala količina manjih od ukupne količine na paleti (s najnižih razina regala), ili kombinirano izuzimanjem ukupne količine na paleti pomoću transportnog sredstva, te spuštanjem na nižu razinu i ručnog izuzimanja potrebne količine. Pri tome se za transport

izuzetog materijala koriste razna kolica ili viličar za komisioniranje. S ciljem bolje iskoristivosti površine i prostora, kao i ostvarenja drugih zahtjeva skladištenja, umjesto paletnih regala mogu se koristiti i drugačije izvedbe.

Kod rješenja s prolaznim regalima isti su postavljeni u blok – kompaktnu rešetkastu konstrukciju kroz koju prolaze transportna sredstva. Kod ove izvedbe nema posebnih prolaza između regala, kao kod skladišta s paletnim regalima, budući da su ovi prolazi sastavni dio površine za skladištenje (naravno da postoje glavni prolazi). Ako opisana izvedba treba zadovoljiti princip izravnog pristupa svakoj vrsti materijala, jasno je da se u tom slučaju može skladištiti mali asortiman materijala.

U izvedbama s protočnim paletnim regalima palete se također nalaze jedna do druge, krećući se prolazima - stazama od mjesta ulaza u regal s jedne strane do mjesta izuzimanja s druge strane regala. Kretanje paleta po stazi ostvaruje se pogonjenim valjcima ili gravitacijom. Ovakva izvedba regala ne omogućuje izravno izuzimanje svake palete u sustavu, ali treba osigurati pristup svakoj vrsti materijala u sustavu, te je pogodna u situacijama visokog protoka paletnih jedinica.

S ciljem omogućavanja izuzimanja svake paletne jedinice u sustavu, a uz zadržavanje visoke iskoristivosti prostora, koriste se i izvedbe s provoznim regalima. Izvedba regala u dijelu odlaganja jediničnih tereta identična je paletnom regalima, a razlika je jedino u pokretnom postolju na kojem je regal. Redovi regala postavljeni su tako da čine kompaktnu cjelinu, pri čemu se pristup materijalu – prolaz – stvara pomicanjem reda regala (izvlačenjem ili razmicanjem).

U strojogradnji se vrlo često skladište materijali koji zbog svojih dimenzija i oblika nisu pogodni za skladištenje na paletama (šipke, limovi, cijevi,...), pa se takvi materijali odlažu u konzolne regale ili u posebno izvedene stalke. Prostorni raspored konzolnih regala u skladištu ima istu strukturu kao paletni regali.

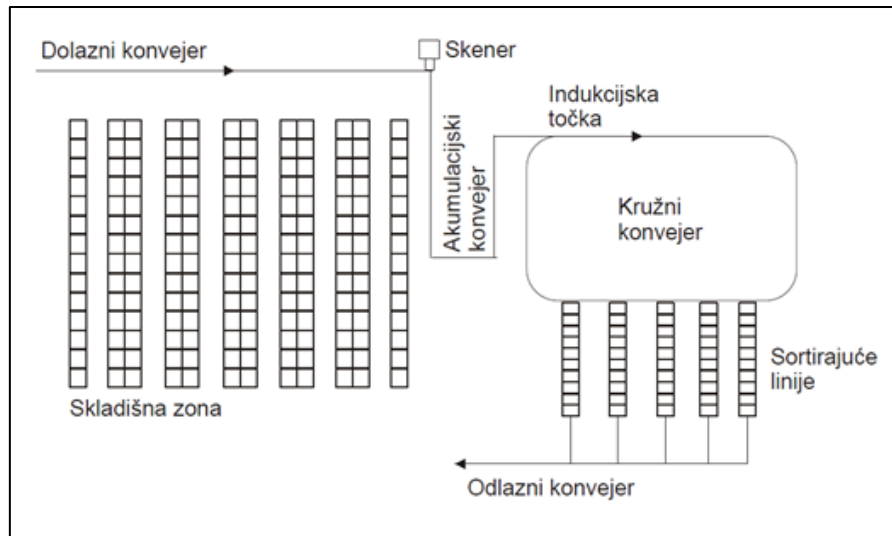
Transportna sredstva koja se koriste za odlaganje i izuzimanje paleta (kao i cijevi, šipke, limova) isključivo su različite izvedbe viličara s mogućnošću dizanja na više razine. Visina regala (broj razina) ograničeni su tehničkom izvedbom transportnog sredstva. Ukoliko su jedinice skladištenja kutije i pojedinačni predmeti, koriste se polični regali, ladični regali, protočni regali za kutije i automatizirani sustavi s čovjekom komisionerom na automatskoj dizalici.

Polični regalisu najjednostavniji i najčešće korišteni sustav za količine manje od palete. Regali su slične konstrukcije kao i paletni, uz dodatak polica. I raspored regala je sličan kao kod paletnih, s nekoliko regala u redu i prolazima između redova. Izvedbe s prijevoznim poličnim regalima koriste se u slučajevima kada se želi bolja iskoristivost prostora, ali uz niže iznose protoka.

Ladični regalinajčešći su sustav za skladištenje i komisioniranje malih pojedinačnih predmeta. Omogućuju veću iskoristivost prostora od poličnih regala, ali su i skuplji. Raspored ladičnih regala sličan je rasporedu poličnih regala.

Kao i u slučaju komisioniranja paleta, u situacijama s komisioniranjem kutija visokim protokom, kao pogodan sustav koriste se gravitacijski protočni regaliza kutije. Ovakva izvedba također omogućuje dobru iskoristivost prostora, no zahtjeva uniformne veličine i oblike kutija. Izuzimanje materijala iz prikazanih sustava za skladištenje kutija i pojedinačnih predmeta isključivo je ručno, pa se problem primjene regala s više razina u praksi rješava primjenom viličara za komisioniranje ili, ako je moguće, izvedbom podestnog skladišta. U poluautomatiziranomvisokoregalnom sustavu (eng. *person-on-board S/RS*) visokoregalni viličar (koristi se i naziv visokoregalna dizalica) kreće se između regala s čovjekom koji izuzima kutije ili pojedinačne predmete ručno. Ovi sustavi imaju dobru iskoristivost površine, ali su i znatno skuplji od ostalih opisanih sustava.

Za transport izuzetih dijelova tijekom komisioniranja (osim u posljednjem opisanom slučaju) koriste se razne izvedbe kolica ili viličara. Poseban slučaj je izvedba sustava za komisioniranje sa konvejerima (eng. *pick-to-belt system*) [3], kod kojih se nakon ručnog izuzimanja kutija ili pojedinačnih predmeta oni stavljaju na konvejer i odvoze iz zone komisioniranja. Opći shematski sustav komisioniranja s konvejerom prikazan je na slici 13.



Slika 13. Opći shematski prikaz sustava komisioniranja s konvejerom

Izvor:[12]

#### 4.2. Značajke skladišta tvrtke Tokić d.o.o.

Logističko-distribucijski centar tvrtke lociran je u Sesvetama, u neposrednoj blizini zagrebačke obilaznice te čvora Ivanja Reka. Lokacija omogućava efikasnu distribuciju u svim glavnim trgovačkim i prometnim pravcima – sjeverno autocesta A4 te gradovi Varaždin i Čakovec, jugoistočno autocesta A3 te gradovi Osijek i Slavonski Brod, jugozapadno autocesta A1 te gradovi Pula, Rijeka, Zadar i Split, te zapadno Slavonska/Zagrebačka avenija te Grad Zagreb. Lokacija LDC-a tvrtke Tokić d.o.o. prikazana je na slici 14.



Slika 14. Lokacija Tokić d.o.o. LDC-a

Skladište je ukupne površine 22.000 m<sup>2</sup>, kapaciteta 12.000 paletnih mjesta i 22.000 polica etažnih regala. Skladište je podijeljeno u 3 etaže a sastoji se od:

- podrum - površine 7.000m<sup>2</sup> namijenjen je za skladištenje nisko-obrtajnih i kabastih artikala kao što su auto-dizalice, strojevi za balansiranje, veći karoserijski dijelovi, itd. Unutrašnji transport u podrumski dio skladišta moguće je uz teretno dizalo nosivosti 8 tona,
- prizemna etaža - podijeljena u dvije zone po načinu odlaganja robe – etažnog i paletnog, koji su razdvojeni glavnim prolazom duljine 130m i širine 4m (slika 17),
- prva etaža - također regalno skladište, te se prostire iznad cijele površine prizemnog regalnog dijela skladišta.

Vanjski izgled logističko-distribucijskog centra Tokić d.o.o. prikazan je na slici 15.

U skladištu je uskladišteno preko 200.000 artikala, te je trenutna popunjenost skladišta 70%. Za 420 najfrekventnijih artikala predviđeno je odlaganje u protočne regale koji se nalaze u neposrednoj blizini konvejske trake te tako omogućuju komisioniranje na najbrži i najefikasniji način.



Slika 15. Vanjski izgled logističko-distributivnog centra Tokić d.o.o.

Skladište zapošljava 89 skladišnih radnika raspoređenih u dvije smjene, te po potrebi i desetak učenika i studenata povremeno zaposlenih na deklariranju robe. Stalni skladišni radnici alocirani su približno u odnosu 50% zaposlenika u prijemu i 50% zaposlenika u otpremi robe, a taj omjer može varirati i do omjera 40/60%. Razlog većem broju dodjeljenih skladišnih radnika u otpremi je što se dio robe zaprima u pakiranjima koje sadržavaju veći broj pojedinačnih proizvoda (često je na ambalaži naveden točan broj komada u pakiranju), te je prijem takve robe nešto brži od otpreme komadnih jedinica iste robe jer je moguće reducirati potrebno vrijeme za prebrojavanje i kontrolu robe.

Prosječne dnevne brojke ulaza robe su 25.000 komada, te 100 paleta robe, a izlaza robe 25.000 komada pakiranih u približno 400 paketa, te dodatnih 120 paleta robe. Dnevno se prosječno deklarira 10.000 komada.

Skladište posjeduje i dvije utovarno-istovarne rampe za kamione, te jednu rampu za laka teretna (kombi) vozila.

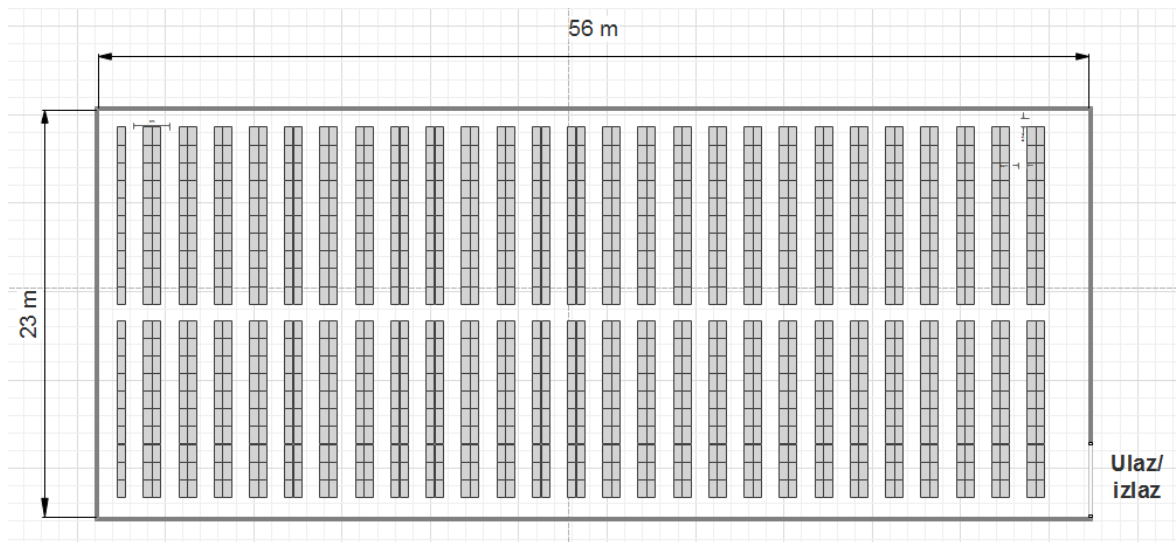
Nacrt prizemlja regalnog dijela skladišta koji će biti fokus ovog rada prikazan je na slici 18, dok su osnovne dimenzije i prostorni raspored prikazani na slici 19. Središnji prolaz regalnog dijela skladišta prikazan je na slici 16.



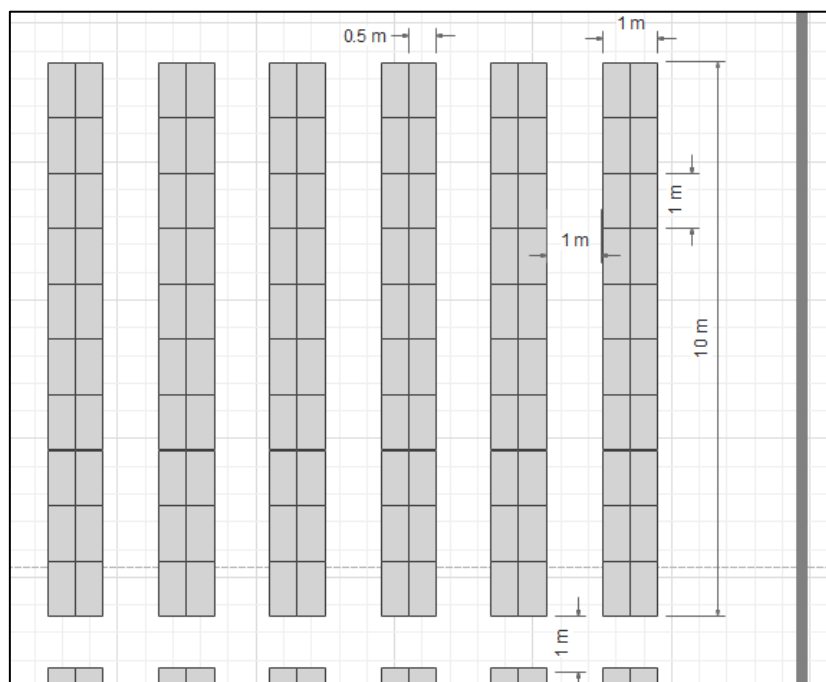
Slika 16. Središnji prolaz regalnog dijela skladišta



Slika 17. Središnji prolaz paletnog dijela skladišta



Slika 18. Shematski prikaz regalnog dijela skladišta (prizemlje)



Slika 19. Osnovne dimenzije skladišnih regala



## 5. ANALIZA POSTOJEĆEG SUSTAVA KOMISIONIRANJA

Sustav komisioniranja u Tokiću općenito se može podjeliti u dva podsustava – gdje je prvi podsustav komisioniranje u paletnom dijelu skladišta uz primjenu viličara za komisioniranje i kolica (slika 20), a drugi podsustav komisioniranje manjih komada u dvije etaže regalnog dijela skladišta.

Fokus ovoga rada biti će analiza sustava komisioniranja u regalnom dijelu skladišta, u kojemu je uskladišten veći broj fizički manjih artikala, alocirano je više skladišnih radnika, te posjeduje velik broj prolaza koji omogućuju kvalitetnu analizu, poglavito analizu metoda rutiranja.



Slika 20. Komisioniranje uz pomoć prilagođenog električnog viličara

Sustav konvejera predstavlja okosnicu sustava komisioniranja u regalnom dijelu skladišta, jer značajno smanjuje vrijeme komisioniranja na način da se komisioner ne mora kretati do otpremne zone kako bi odložio komisionirane artikle, već komisionirane artikle odlaže u kutije na konvejersku traku, koja ih potom transportira u otpremnu zonu skladišta. Primjena sustava komisioniranja sa konvejerskom trakom omogućio je smanjenje ukupnog dnevnog puta kretanja sa 20 km na 10 km.

Konvejerska traka (slika 21) ukupne je duljine 420 metara, te povezuje prijemnu zonu, prizemlje i prvi kat sa otpremnom zonom. Sustav koristi odlaganje robe u kutije za komisioniranje koje su označene bar kodom, te je tako svaka narudžba kupca registrirana bar kodom. Na ovaj način vjerojatnost pojavljivanja greške je svedena na minimalnu razinu. Kapacitet konvejera iznosi 1200 kutija po satu, a brzina kretanja iznosi 0,6 m/s. Sustav

posjeduje 6 radnih stanica za deklariranje i zaprimanje robe, 6 radnih stanica (linija) za otpremu, te 16 radnih stanica kroz skladište.



Slika 21. Konvejska traka sa kutijama za komisioniranje

Prosječna veličina narudžbe za veleprodaju iznosi 16 stavki (41 komad), a za maloprodaju je to 48 stavki (130 komada), što daje ukupan prosjek od 32 stavke i 86 komada po narudžbi. Pretpostavka je kako se  $\frac{1}{2}$  stavki komisionira u regalnom dijelu skladišta koje je fokus analize ovoga rada, stoga će prosječan broj stavki po narudžbi za analizu biti 16. Zbog velikih odstupanja u veličini narudžbi zbog sezonalnosti (npr. veća potražnja prodajnih partnera na primorju u ljetnim mjesecima) biti će analizirani i slučajevi sa prosječnim brojem stavki po narudžbi 10 (što predstavlja minimum) i prosječnim brojem stavki po narudžbi 25 (što predstavlja maksimum u sezoni). Tri prosječne veličine stavki po narudžbi omogućuju i bolji uvid u karakteristike pojedine metoda rutiranja u odnosu na veličinu narudžbe.

Trenutni sustav komisioniranja postavljen je tako da WMS prilikom generiranja nove narudžbe komisioneru ponudi opciju komisioniranja uz primjenu spajanja narudžbi ili komisioniranje samo jednoga naloga. Na taj način odluka o metodi komisioniranja je na komisioneru te njegovoj procjeni temeljenoj na lokacijama te karakteristikama robe hoće li obraditi narudžbu na jedan ili drugi način. Ovakav pristup kod iskusnih komisionera predstavlja prednost, jer se na temelju iskustva i poznavanja velikog broja artikala te karakteristika robe koje WMS ne posjeduje može donijeti odluka koja je u tom trenutku optimalna. Za manje iskusne komisionere ovakav način odlučivanja može predstavljati problem, a odgovornost za ukupan prijedni put preuzima upravo komisioner, što nebi trebao biti slučaj. Navedeni način fleksibilnosti WMS-a dakle ima dvojake vrijednosti, te one u potpunosti ovise o kvaliteti komisionera.

## 5.1. Analiza postojećeg rasporeda odlaganja

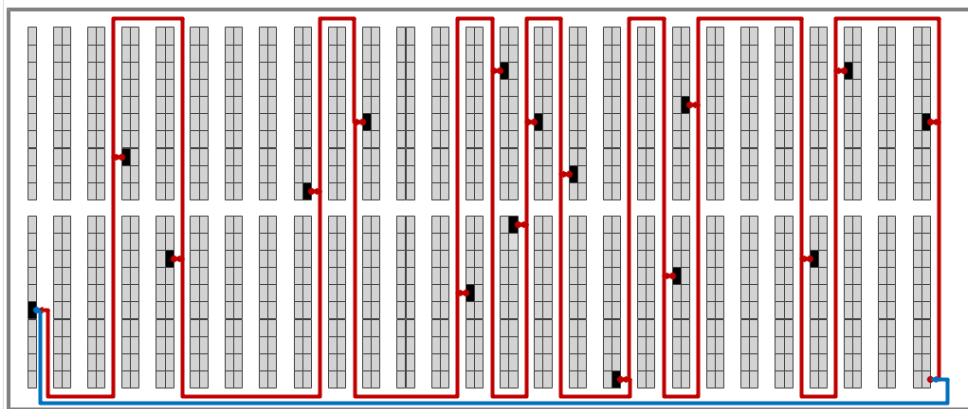
Raspored odlaganja robe izveden je tako da se u određenim zonama skladišta odlažu pojedine grupe proizvoda – npr. kočioni sustav, električna, ovjesna. neovisno o ABC kategorizaciji ili nekoj drugoj raspodjeli vezanoj za potražnju, masu, ili dimenzije robe. Ovakav način odlaganja dakako nije optimalan, jer se artikli npr. C skupine mogu naći u neposrednoj blizini otpremne zone, dok A proizvodi mogu biti uskladišteni u najudaljenijoj lokaciji od otpremne zone. Isto tako vrlo teški artikli kao što su kočioni diskovi ili setovi spojke nalaze se dalje od otpremne zone, a primjerice žarulje koje su iznimno lagan artikl nalaze se bliže otpremnoj zoni. Ovakav način odlaganja sa druge strane ima značajne prednosti – a to je prvenstveno urednost i organizacija skladišta, jer u suprotnom jednake proizvode za različite modele automobila npr. kočione obloge bi bile uskladištene na više desetaka ili čak stotina lokaciju u skladištu.

Dodatan razlog za ovakav način odlaganja je jedna od specifičnosti distribucije i prodaje autodijelova – određeni artikl za određeni model automobila svake će godine bilježiti različite razine u potražnji, jer primjerice novi model automobila ne zahtjeva često održavanje, dok primjerice automobili starosti od 5 do 15 godina zahtijevaju veće održavanje, te samim time generiraju veću potražnju dijelova za taj model automobila. Nakon 15 godina starosti automobila, održavanje postaje manje isplativo zbog značajnog pada vrijednosti automobila, a broj takvih automobila u prometu je sve manji te takvi trendovi značajno utječu na smanjenje potražnje rezervnih dijelova. Tako je moguće da se artikl iz A skupine u svega par godina premjesti u C skupinu, te bi to značilo kako bi stalno premještanje artikala u skladištu bilo neophodno, uz konstantno nadgledanje i zalaganje u sustavu analize potražnje, što bi generiralo izrazito velike vremenske te samim time i financijske gubitke koji bi anulirali uštede koje bi bile postignute samom promjenom metode odlaganja.

Zbog navedenih razloga, najznačajnija optimizacija može se postići promjenom metoda rutiranja sustava komisioniranja, te će stoga upravo rutiranje biti temelj za optimizaciju u ovome radu.

## 5.2. Analiza postojeće metode rutiranja

Metoda rutiranja koja se trenutno primjenjuje je metoda S-oblika koja je detaljnije objašnjena u podpoglavlju 2.2. Navedena metoda jedna je od najčešće primjenjivanih metoda rutiranja koja predstavlja optimizaciju u ukupnoj duljini kretanja radnika u odnosu na metodu povratka, no metoda S-oblika ne može biti univerzalno primijenjena na sve oblike i veličine skladišta. Put trenutno primjenjivanje metode rutiranja prikazan je na slici 22. Crnom bojom označene su pozicije na kojima je potrebno izuzeti robu, crvenom bojom označena je ruta kretanja, a plavom bojom put povratka do početne točke.



Slika 22. Ruta kretanja metodom S-oblika N=16

Analiza ukupnog prijedženog puta izrađena je uz sljedeće pretpostavke:

- Početna i završna točka puta nalazi se u prvome redu, na prvome odjeljku regala najbliže ulasku u prijemno-otpremnu zonu (na slici dolje desno)
- Radnik se kreće 50 cm od ruba regala (u prolazima u sredini između dva nasuprotna regala)
- Komponenta puta od sredine prolaza do samoga regala (50 cm) na svakoj lokaciji se zanemaruje
- Radnik se od zadnje lokacije na kojoj je izuzeo robu najkraćim putem vraća u početnu točku i u njoj ciklus završava
- Lokacije na kojima je potrebno izuzeti robu (crno) definirane su generiranjem slučajnih brojeva

Ukupan put komisioniranja stoga se može svesti na vertikalnu komponentu (Y – kretanje po širini skladišta), horizontalnu komponentu (X - kretanje po duljini skladišta), te putu povratka koji se sastoji od zbroja X i Y komponenti.

Uz navedene polazne parametre bilo je moguće izračunati ukupan prijeđeni put za slučaj veličine narudžbe  $N=16$  uz kretanje metodom S-oblika, te duljina tog puta iznosi 425 metara, što će služiti kao referentna vrijednost za daljnju analizu.

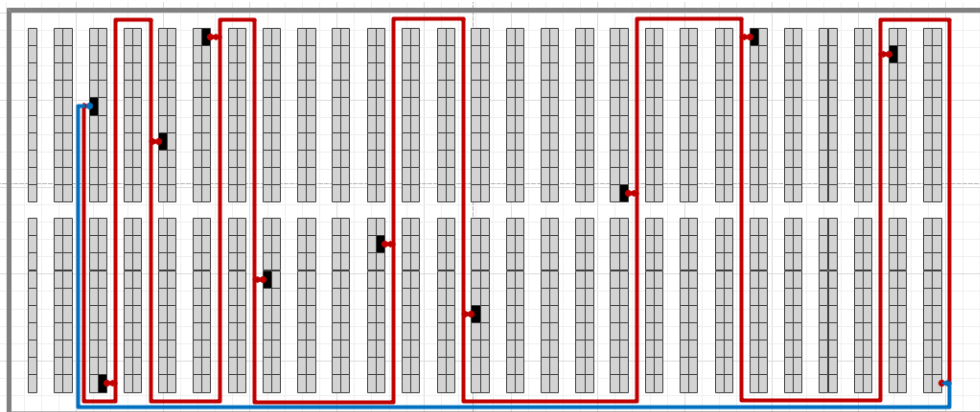
## 6. PRIJEDLOG POBOLJŠANJAPROCESA KOMISIONIRANJA

Poboljšanje procesa komisioniranja moguće je postići optimizacijom i usklađivanjem svaka od tri osnovna koraka – optimizacijom metode rutiranja, optimizacijom metode rasporeda odlaganja i optimizacijom metode spajanja narudžbi. Trenutno primjenjivana metoda rasporeda odlaganja analizirana je u potpoglavlju 5.1., stoga je poboljšanje procesa komisioniranja u ovom slučaju moguće ostvariti samo u optimizaciji metode rutiranja te spajanja narudžbi.

Slijedi analiza puta kretanja trenutno primjenjivane metode rutiranja, uz dodatne dvije osnovne metode rutiranja (metode povratka i metode središnje točke) te metodom koja će primijeniti i iskoristiti kretanje središnjim prolazom kao glavnim prolazom, te će na taj način, podijeliti skladište u dva dijela u koje se pristupa iz središnjeg prolaza. Analiza navedenih metoda rutiranja biti će provedena za svaku gore navedenu veličinu narudžbe (N=10, N=16 i N=25).

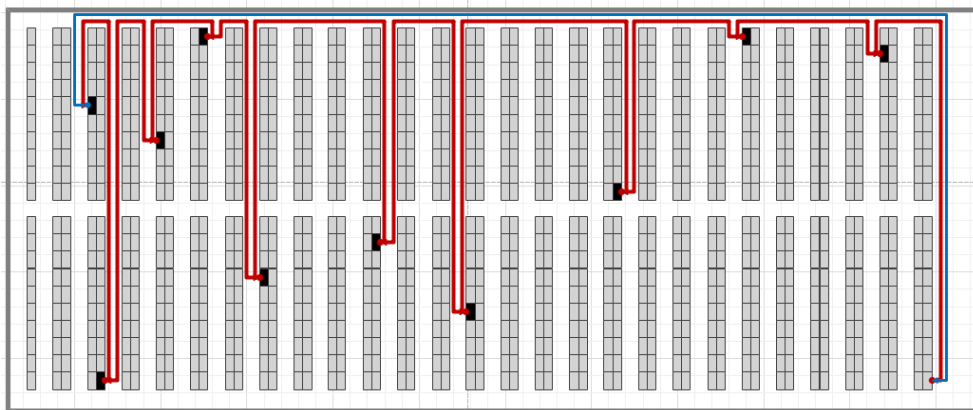
### 6.1. Analiza za slučaj male narudžbe

Ruta kretanja metodom S-oblika za 10 stavki po narudžbi prikazana je na slici 23. U ovoj metodi dozvoljeno je kretanje radnika isključivo cijelom duljinom prolaza, a radnik ulazi samo u one prolaze u kojima postoji lokacija za izuzimanje robe. Nedostatak ove metode kretanja je upravo u tome što se prolazi moraju prolaziti cijelom duljinom (ukupno 22 metra), čak i onda kada u prolazu postoji samo jedna lokacija za izuzimanje.



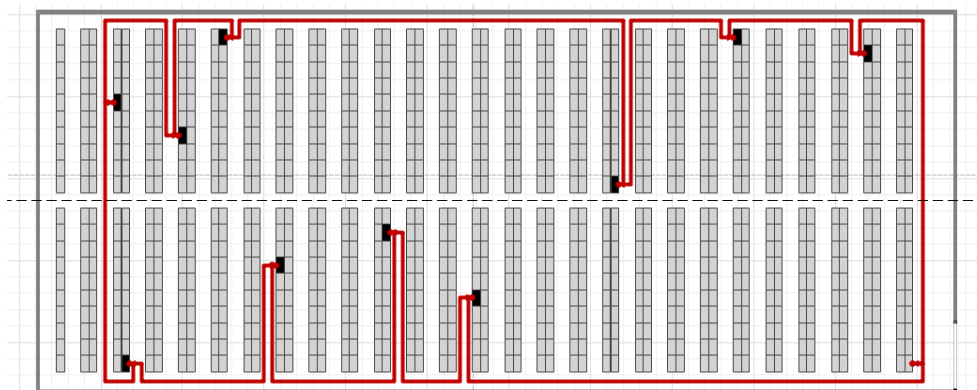
Slika 23. Ruta kretanja metodom S-oblika, N=10

Ruta kretanja metodom povratka za 10 stavki po narudžbi prikazana je na slici 24. U ovoj metodi dozvoljeno je kretanje radnika isključivo glavnim prolazom (u ovom slučaju gornjim), a radnik ulazi samo u one prolaze u kojima postoji lokacija za izuzimanje robe, te se nakon izuzimanja istim putem vraća do glavnog prolaza te nastavlja komisioniranje do sljedećeg prolaza u kojem postoji stavka za izuzimanje. Nedostatak ove metode kretanja je upravo u tome što se svaki prolaz u kojem postoji lokacija izuzimanja mora proći dva puta (prema lokaciji, i od lokacije prema glavnom prolazu), te što se i u najudaljenije lokacije (uz donji prolaz) pristupa iz gornjeg glavnog prolaza.



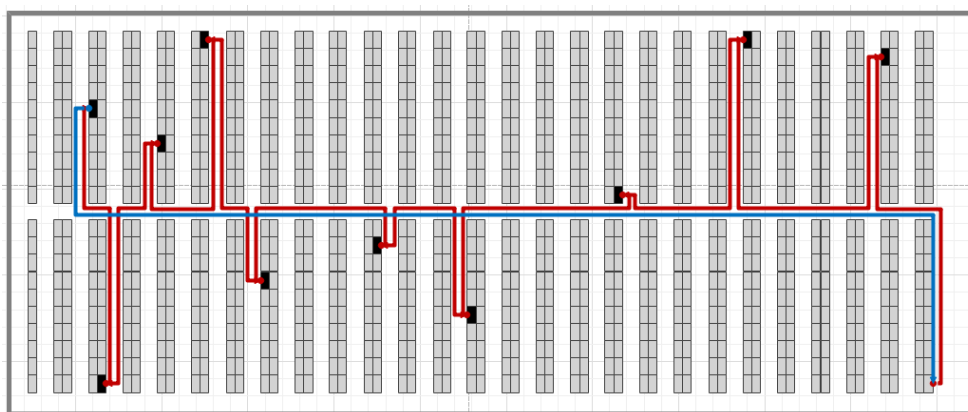
Slika 24. Ruta kretanja metodom povratka, N=10

Ruta kretanja metodom središnje točke za 10 stavki po narudžbi prikazana je na slici 25. U ovoj metodi skladište je središnjim prolazom odvojeno u dvije polovice, a dozvoljeno je kretanje radnika isključivo gornjim i donjim prolazom. Radnik iz gornjeg prolaza ulazi u redove u kojima postoji lokacija za izuzimanje do središnje točke, a iz donjeg prolaza u redove u kojima postoje lokacije za izuzimanje također samo do središnje točke tj. središnjeg prolaza. Eventualni nedostatak ove metode je upravo u tome što se nakon komisioniranja gornjeg bloka skladišta (dio iznad središnjeg prolaza) mora prijeći put cijele širine skladišta kako bi mogao započeti povratak i pri tome ulazak u redove u kojima postoji lokacija za izuzimanje.



Slika 25. Ruta kretanja metodom središnje točke, N=10

Ruta kretanja metodom povratka središnjim prolazom za 10 stavki po narudžbi prikazana je na slici 26. U ovoj metodi optimizacija se postiže korištenjem središnjeg prolaza za kretanje radnika, jer je na taj način put do svake lokacije (gore i dolje od središnjeg prolaza) minimalan, upravo zato što se središnji prolaz nalazi točno na  $\frac{1}{2}$  širine skladišta. Čak i vizualno, bez proračuna vidljivo je kako ovakav način kretanja radnika predstavlja optimalnu metodu kretanja od analiziranih metoda.



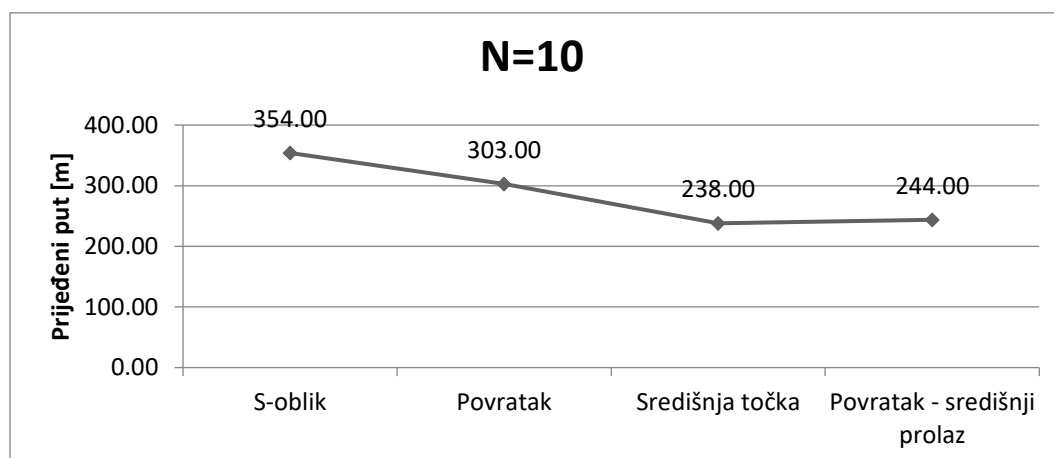
Slika 26. Ruta kretanja metodom povratka središnjim prolazom, N=10

Rezultati analize ukupnog puta komisioniranja za slučaj N=10 prema metodi rutiranja prikazani su u tablici 3 i slici 27.



Tablica 3. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=10

Metoda rutiranja	Ukupni put [m]
S-oblik	354,00
Povratak	303,00
Središnja točka	238,00
Povratak – središnji prolaz	244,00



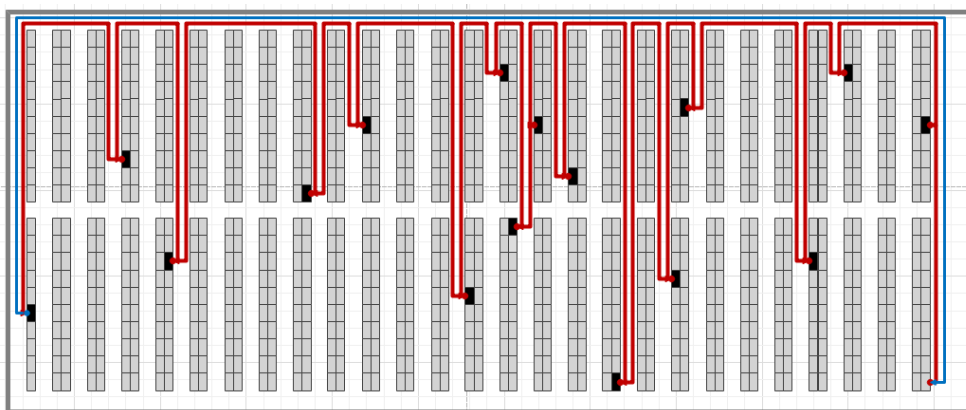
Slika 27. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=10

Iz provedene analize može se zaključiti kako je za malu veličinu narudžbe optimalna metoda rutiranja metoda središnje točke(238m), dok je trenutno primjenjivana metoda S-oblika pokazala najlošije rezultate(354m). Primjenom metode središnje točke moguće je smanjenje ukupnog puta komisioniranja za približno 33%.

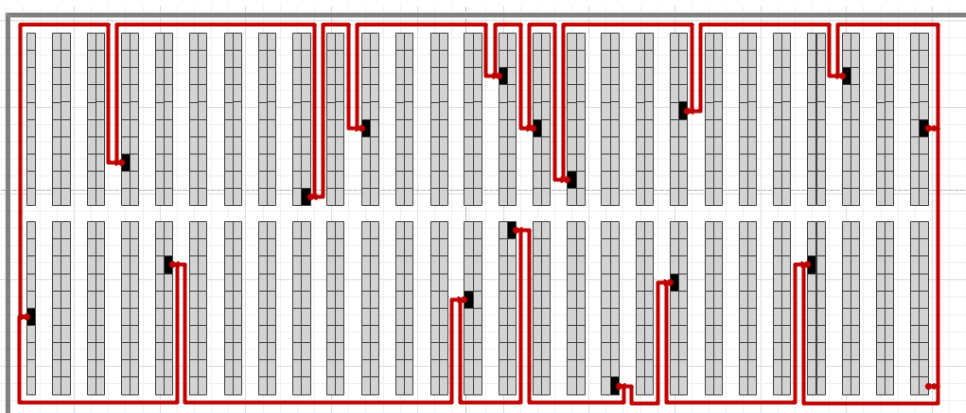
## 6.2. Analiza za slučaj srednje narudžbe

Ruta kretanja metodom S-oblika za veličinu narudžbe od 16 stavki po narudžbi (trenutni prosjek) prikazana je na slici 22, te je dobiveni ukupni referencijalni put iznosio 425 metara. Restrikcije i pravila kretanja, te nedostaci kretanja ovom metodom opisani su u prethodnom podpoglavlju 6.1., a jednako tako primjenjivi su i za svaku drugu veličinu narudžbe.

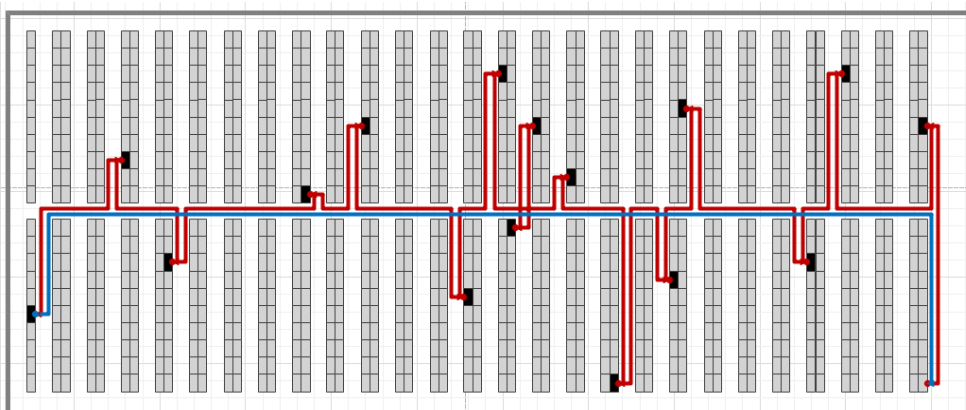
Putevi kretanja metodom povratka, metodom središnje točke i metodom povratka središnjim prolazom prikazani su redom na slikama 28, 29 i 30.



Slika 28. Ruta kretanja metodom povratka, N=16



Slika 29. Ruta kretanja metodom središnje točke, N=16

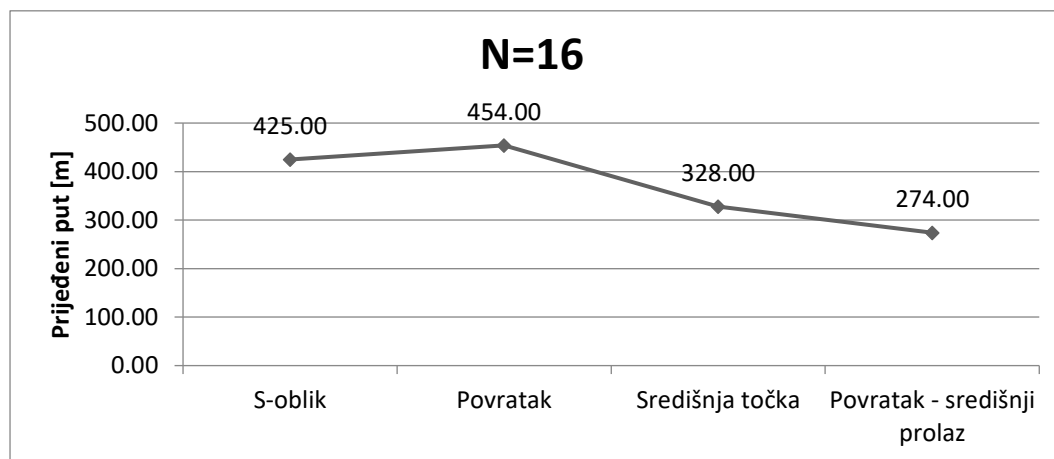


Slika 30. Ruta kretanja metodom povratka središnjim prolazom, N=16

Rezultati analize ukupnog puta komisioniranja za slučaj N=16 prema metodi rutiranja prikazani su u tablici 4 i slici 31.

Tablica 4. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=16

Metoda rutiranja	Ukupni put [m]
S-oblik	425,00
Povratak	454,00
Središnja točka	328,00
Povratak – središnji prolaz	274,00

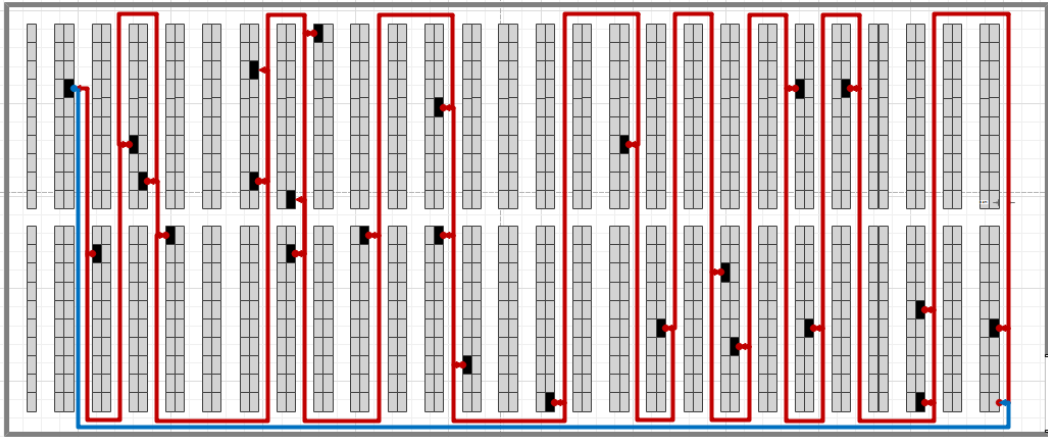


Slika 31. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=16

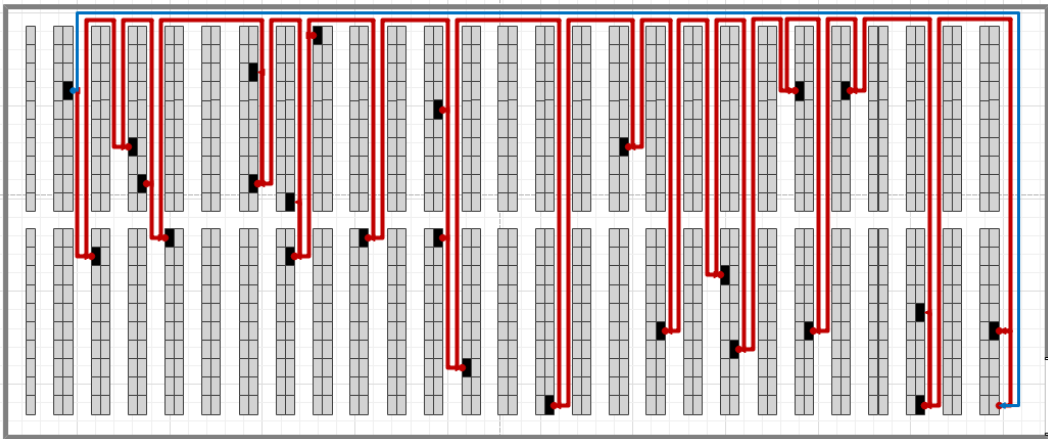
### 6.3. Analiza za veliku narudžbu

Restrikcije i pravila kretanja, te nedostaci kretanja svakom analiziranom metodom opisani su u prethodnom potpoglavlju 6.1., a jednako tako primjenjivi su i za veličinu narudžbe N=25.

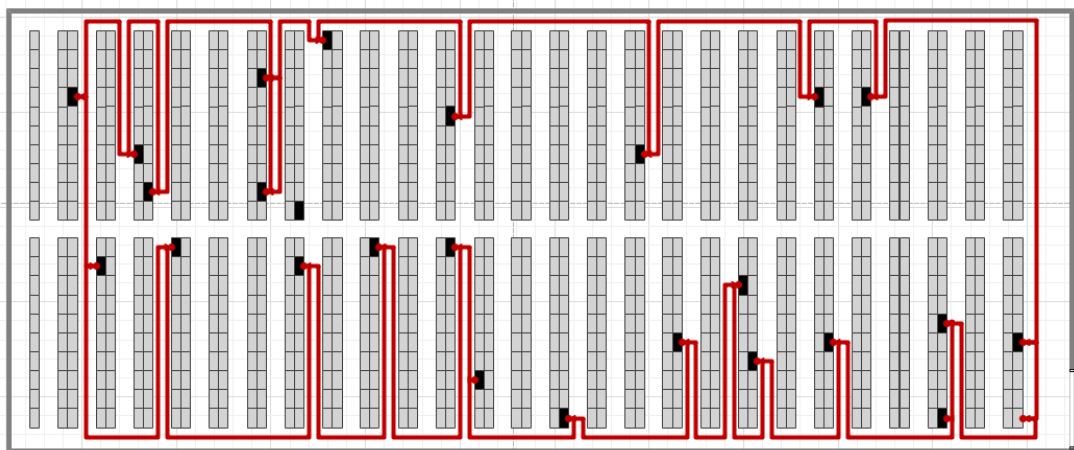
Putevi kretanja metodom S-oblika, metodom povratka, metodom središnje točke i metodom povratka središnjim prolazom prikazani su redom na slikama 32, 33, 34 i 35.



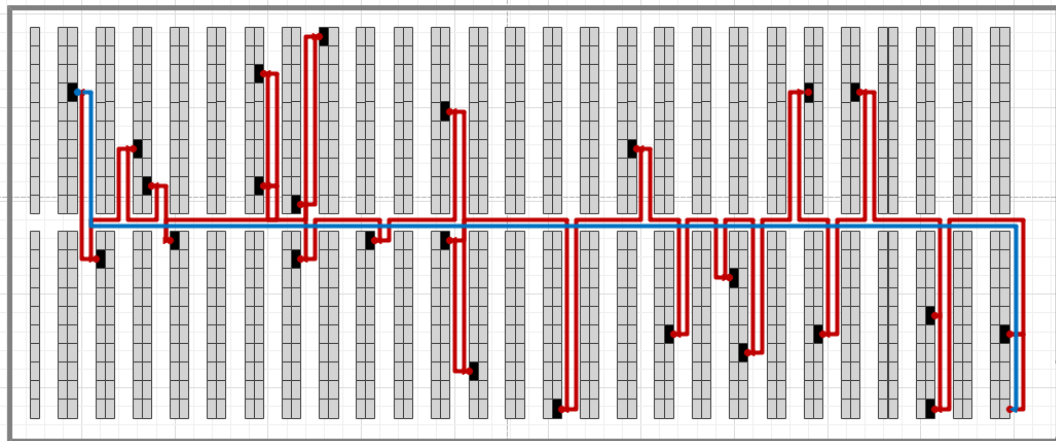
Slika 32. Ruta kretanja metodom S-oblika,  $N=25$



Slika 33. Ruta kretanja metodom povratka,  $N=25$



Slika 34. Ruta kretanja metodom središnje točke,  $N=25$

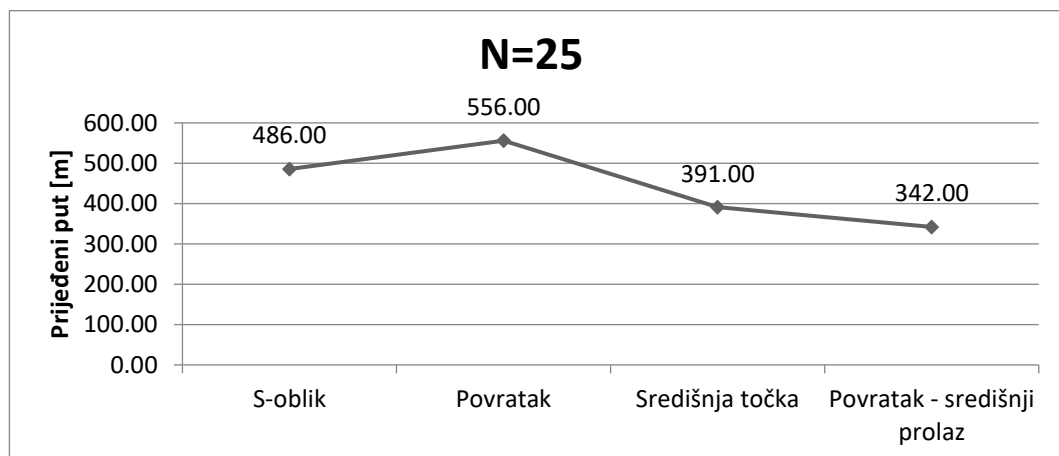


Slika 35. Ruta kretanja metodom povratka središnjim prolazom, N=25

Rezultati analize ukupnog puta komisioniranja za slučaj N=16 prema metodi rutiranja prikazani su u tablici 5 i slici 36.

Tablica 5. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=25

Metoda rutiranja	Ukupni put [m]
S-oblik	486,00
Povratak	556,00
Središnja točka	391,00
Povratak – središnji prolaz	342,00



Slika 36. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=25

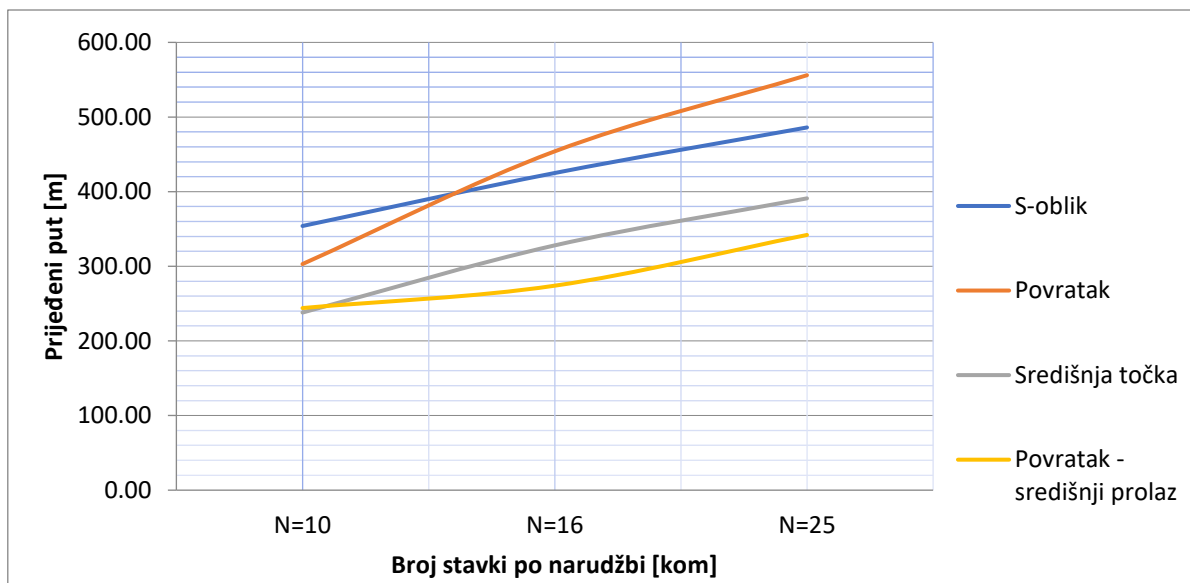
## 6.4. Zaključak analize i prijedlog poboljšanja

Zaključni rezultati analize metoda rutiranja prikazani su u tablici 6 i na slici 38, na kojima su prikazane ukupne duljine puteva komisioniranja prema metodi rutiranja s obzirom na veličinu narudžbe. Prosječna veličina narudžbe iznosi 16 stavki po narudžbi, kao manja vrijednost (izvan sezone) analizirana je vrijednost od 10 stavki po narudžbi, a kao veća vrijednost (u sezoni) analizirana je vrijednost od 25 stavki po narudžbi.

Iz slike 38 vidljivo je kako na ukupan put komisioniranja po metodama utječe veličina narudžbe, te je tako za malu narudžbu najbolje rezultate pokazala metoda središnje točke, dok je trenutno primjenjivana metoda S-oblika pokazala najlošije rezultate. Za srednje veliku, i veliku narudžbu najbolje rezultate je ostvarila metoda povratka središnjim prolazom, dok je metoda povratka (bočnim prolazom) ostvarila najlošije rezultate. Iz navedenoga se može zaključiti kako metoda povratka za manje narudžbe ostvaruje bolje rezultate od metode S-oblika, dok za narudžbe veće od 14 stavki po narudžbi bolje rezultate postiže upravo metoda S-oblika. Najbolje rezultate u ovom istraživanju postigle su metode središnje točke i povratka središnjim prolazom. Za male narudžbe navedene dvije metode rutiranja poprilično su izjednačene, razlika od 6 m ukupnog puta tj. 2,5% gotovo je zanemariva, dok za srednju i veliku narudžbu ta razlika raste do 54 m ukupnog puta tj. 16,5%.

Tablica 6. Usporedba metoda rutiranja s obzirom na veličinu narudžbe

Metoda rutiranja	N=10	N=16	N=25
S-oblik	354,00	425,00	486,00
Povratak	303,00	454,00	556,00
Središnja točka	238,00	328,00	391,00
Povratak – središnji prolaz	244,00	274,00	342,00



Slika 37. Usporedba performansi metoda rutiranja s obzirom na veličinu narudžbe

Rezultati analize se vrlo jednostavno mogu transformirati iz ukupnog prijednog puta u ukupno vrijeme provedeno na komisioniranju jedne narudžbe, s obzirom da je prosječna brzina kretanja komisionera 0,75 m/s, te prosječno vrijeme izuzimanja jedne stavke sa lokacije 20 sekundi. Vremenska analiza može i detaljnije prikazati uštede koje je moguće postići primjenom adekvatne metode rutiranja, jer vremenski faktor izravno utječe na performanse zaposlenika, te se na taj način broj zaposlenih komisionera može smanjiti, što će izravno smanjiti ukupne troškove LDC-a, a ujedno će i vrijeme odaziva LDC-a na zahtjeve kupca biti značajno umanjeno, čime će se njegova razina zadovoljstva povećati, a usluga će moći biti i jeftinija zbog ranije navedenih ušteta u broju zaposlenika.

Uzevši za primjer optimizaciju za prosječan broj stavki po narudžbi N=16 gdje je referentna vrijednost rutom S-oblika iznosila 425 m, a primjenom rutiranja metodom povratka uz korištenje središnjeg prolaza ta je vrijednost iznosila tek 274 m. Primjenom adekvatne metode rutiranja moguće je dakle ostvariti smanjenje od 151 m, to jest 35,5% ukupnog puta komisioniranja. U vremenskoj dimenziji smanjenje od 151 m predstavlja 113,5 sekundi, to jest 1 minutu i 53 sekunde, koje može biti korisno iskorišteno za ostale aktivnosti komisionera ili početak obrade nove narudžbe.

Metoda routinga povratkom kroz središnji prolaz pokazala je najbolje rezultate u provedenoj analizi, ali potrebno je uzeti u obzir činjenicu kako se postojanjem središnjeg prolaza smanjuje ukupni kapacitet skladišta. Ukoliko bi se postojeći središnji prolaz iskoristio za postavljanje skladišnih regala, te spajanje dva trenutna bloka u jedan veći blok, kapacitet

regalnog dijela skladišta bi bio povećan za 53 lokacije, što predstavlja povećanje kapaciteta za 5%. Uzevši u obzir kako trenutna popunjenost skladišta iznosi 70%, može se zaključiti kako u skladištu postoji dovoljan broj slobodnih skladišnih pozicija, te kako je trenutno bolja opcija postojanja središnjeg prolaza koji će, kako je analiza pokazala, omogućiti značajno smanjenje ukupnog puta komisioniranja.

Iz provedene analize može se zaključiti kako je za primjenu u LDC-u Tokić d.o.o. najbolja metoda rutiranja metoda povratka uz korištenje središnjeg prolaza, jer upravo navedena metoda omogućuje najveće smanjenje ukupnog puta komisioniranja u odnosu na trenutno primjenjivanu metodu rutiranja.



## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu koji se može podijeliti na dva glavna dijela – teorijskom i praktičnom, obrađene su teorijske cjeline logističkih procesa, procesa komisioniranja te karakteristika skladišta. U prvom dijelu rada definirani su osnovni pojmovi procesa komisioniranja te podjela na metode rutiranja, metoda dodjeljivanja mjesta odlaganja te metoda spajanja narudžbi s ciljem optimizacije procesa komisioniranja. Prvi, teorijski, dio rada predstavlja teorijski uvod u temu rada koji je potrebno poznavati jer se daljnja analiza odnosi na logističko-distribucijski centar tvrtke Tokić d.o.o., koji kao vodeći trgovac autodijelova u Republici Hrvatskoj postavlja vrlo visoke ciljeve. Cilj ovog rada bio je ukazati na prednosti koje se mogu postići optimizacijom procesa komisioniranja, s konačnim ciljem postizanja konkurentskih prednosti.

Drugi dio rada temelji se na analizi primjene različitih metoda rutiranja za malu, veliku i srednju veličinu narudžbe. Za kvalitetnu analizu izrađen je nacrt prizemnog dijela regalnog skladišta na kojem je bilo najkvalitetnije prikazati utjecaje promjene metoda rutiranja zbog velikog broja poprečnih prolaza, ali i tri uzdužna prolaza od kojih svi mogu služiti kao glavni prolazi.

Kvalitetnom analizom trenutno primjenjivanog sustava komisioniranja moguće je uočiti brojne nedostatke u sustavu, koji u konačnici rezultiraju gubitkom cijenjenog vremena i samim time financijskih sredstava. Primjenom (u ovom slučaju) optimalne rute komisioniranja prikazano je kako je moguće postići značajne rezultate s ciljem optimizacije procesa logističko-distribucijskog centra koje u ukupnom putu komisioniranja iznose čak 35,5% u odnosu na trenutno primjenjivanu metodu rutiranja. Daljnju optimizaciju bilo bi moguće postići i promjenom rasporeda odlaganja, no uz vrlo pažljivo praćenje cost-benefitanalize jer kao što je navedeno u radu specifičnosti distribucije autodijelova postavljaju određena ograničenja u organizaciji, stoga bi se moglo dogoditi da trošak relokacije artikala premaši uštedu financijskih sredstava ostvarenih promjenom metode rutiranja.

## POPIS LITERATURE

### Stručni članci:

- [1] Bozer, Y.A., Quiroz, M.A., Sharp, G.P.: An evaluation of alternative control strategies and design issues for automated order accumulation and sortation systems, *Material Flow* 4, pp. 265-282, 1988
- [2] Chew, E.P., Tang, L.C.: Travel time analysis for general item location assignment in a rectangular warehouse, *European Journal of Operational Research* 112, pp. 582-597, 1999
- [3] De Koster, R.: Performance approximation of pick-to-belt order picking systems, *European Journal of Operational Research* 72, pp. 558-573, 1994
- [4] De Koster, R., Roodbergen, K.J., Van Voorden, R.: Reduction of walking time in distribution center of De Bijenkorf, in: *New trends in distribution logistics*, Springer, Berlin, pp. 215-234, 1999
- [5] De Koster, M.B.M., Van DerPoort, E.S., Wolters, M.: Efficient order batching methods in warehouses, *International Journal of Production Research* pp.1479-1504, 1999
- [6] Johnson, E.; The impact of sorting strategies on automated sortation system performance, *IIE Transactions* 30, pp. 67-77, 1998
- [7] Petersen, C.G.: An evaluation of order picking routing policies, *International Journal of Operations & Production Management*, pp. 1098-1111, 1997
- [8] Roodbergen, K.J., Petersen, C.G.: How to improve order picking efficiency with routing and storage policies, in: *Progress in Material Handling Practice*, Material Handling Institute, Charlotte, North Carolina, pp. 107-124, 1999
- [9] Piasecki, D.: *Order Picking: Methods and Equipment for Piece Pick, Case Pick, and Pallet Pick Operations*, 2001
- [10] Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M.A., Trevino, J.: *Facilities Planning*, 2nd ed., John Wiley&Sons, New York, 1996

Ostali izvori:

[11] Choe, K.I., Sharp, G.P.: Small parts order picking: design and operation, Technical report, Georgia Tech Research Corporation, Atlanta, 1992

[12] Đukić, G.: Istraživanje komisioniranja u regalnim skladištima, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2004.,<http://repositorij.fsb.hr/>

[13] Oluić, Č.: Skladištenje u industriji, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1997

[14] Petersen, C.G., Aese, G., A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking, International Journal of Production Economics

Internet izvori:

[15] Logistics Tutorial – Orderpicking, Gatech, Atlanta,  
[www.isye.gatech.edu/logisticstutorial/order/opindex.html](http://www.isye.gatech.edu/logisticstutorial/order/opindex.html) (pristupljeno: rujan 2018.)

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Analiza ukupnog puta po metodama komisioniranja.....	11
Tablica 2. Notacija kombinacija metoda komisioniranja.....	13
Tablica 3. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=10.....	35
Tablica 4. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=16.....	37
Tablica 5. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=25.....	39
Tablica 6. Usporedba metoda rutiranja s obzirom na veličinu narudžbe.....	40

## POPIS SLIKA

Slika 1. Usporedba metodi rutiranja s obzirom na veličinu narudžbe .....	3
Slika 2. Shema osnovnog prostornog rasporeda regalnog skladišta sa prolazima .....	7
Slika 3. Shema rute kretanja metodom S-oblika .....	8
Slika 4. Shema rute kretanja metodom povratka.....	8
Slika 5. Shema rute kretanja metodom središnje točke.....	9
Slika 6. Shema rute kretanja metodom najvećeg razmaka.....	9
Slika 7. Shema rute kretanja metodom najvećeg razmaka .....	10
Slika 8. Analiza ukupnog puta komisioniranja za manje skladište .....	11
Slika 9. Analiza ukupnog puta komisioniranja za veće skladište .....	12
Slika 10. Grafički prikaz postotka uštede prema kombinaciji metoda komisioniranja.....	14
Slika 11. Tipovi zona odlaganja .....	15
Slika 12. Zone odlaganja materijala prema ABC kategorizaciji .....	16
Slika 13. Opći shematski prikaz sustava komisioniranja s konvejerom.....	22
Slika 14. Lokacija Tokić d.o.o. LDC-a .....	23
Slika 15. Vanjski izgled logističko-distributivnog centra Tokić d.o.o.....	24
Slika 16. Središnji prolaz regalnog dijela skladišta.....	25
Slika 17. Središnji prolaz paletnog dijela skladišta.....	25
Slika 18. Shematski prikaz regalnog dijela skladišta (prizemlje) .....	26
Slika 19. Osnovne dimenzije skladišnih regala.....	26
Slika 20. Komisioniranje uz pomoć prilagođenog električnog vililčara .....	27
Slika 21. Konvejerska traka sa kutijama za komisioniranje.....	28
Slika 22. Ruta kretanja metodom S-oblika N=16 .....	30
Slika 23. Ruta kretanja metodom S-oblika, N=10 .....	32
Slika 24. Ruta kretanja metodom povratka, N=10 .....	33
Slika 25. Ruta kretanja metodom središnje točke, N=10 .....	34
Slika 26. Ruta kretanja metodom povratka središnjim prolazom, N=10 .....	34
Slika 27. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=10.....	35
Slika 28. Ruta kretanja metodom povratka, N=16 .....	36
Slika 29. Ruta kretanja metodom središnje točke, N=16 .....	36
Slika 30. Ruta kretanja metodom povratka središnjim prolazom, N=16 .....	36
Slika 31. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=16.....	37

Slika 32. Ruta kretanja metodom S-oblika, N=25 .....	38
Slika 33. Ruta kretanja metodom povratka, N=25 .....	38
Slika 34. Ruta kretanja metodom središnje točke, N=25 .....	38
Slika 35. Ruta kretanja metodom povratka središnjim prolazom, N=25 .....	39
Slika 36. Ukupni put komisioniranja prema metodi rutiranja, N=25 .....	39
Slika 38. Usporedba performansi metoda rutiranja s obzirom na veličinu narudžbe.....	41





Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski 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 \_\_\_\_\_ diplomskog rada  
pod naslovom Analiza procesa komisioniranja robe s prijedlogom poboljšanja

---

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

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 12.9.2018.

Student/ica:  
*Antonio Jozic*





University of Zagreb  
Faculty of Transport and Traffic Sciences  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## DECLARATION OF ACADEMIC INTEGRITY AND CONSENT

I declare and confirm by my signature that this graduate thesis  
is an exclusive result of my own work based on my research and relies on published literature,  
as can be seen by my notes and references.

I declare that no part of the thesis is written in an illegal manner,  
nor is copied from unreferenced work, and does not infringe upon anyone's copyright.

I also declare that no part of the thesis was used for any other work in  
any other higher education, scientific or educational institution.

I hereby confirm and give my consent for the publication of my graduate thesis  
titled Analysis of order picking proces with improvement suggestions

---

on the website and the repository of the Faculty of Transport and Traffic Sciences and  
the Digital Academic Repository (DAR) at the National and University Library in Zagreb.

In Zagreb, 12. September 2018.

Student:  
Antonio Jozic  
(signature)