

# Optimiranje prijevozne usluge unaprjeđenjem prekrcajnih procesa

---

**Kolezarić, Karla**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*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:119:261276>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-20**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

Karla Kolezarić

**OPTIMIRANJE PRIJEVOZNE USLUGE  
UNAPRJEĐENJEM PREKRCAJNIH PROCESA**

Diplomski rad

Zagreb, rujan 2022.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## DIPLOMSKI RAD

OPTIMIRANJE PRIJEVOZNE USLUGE  
UNAPRJEĐENJEM PREKRCAJNIH PROCESA

OPTIMIZING TRANSPORT SERVICES BY IMPROVING  
TRANSSHIPMENT PROCESSES

Mentor: prof. dr. sc. Mario Šafran

Studentica: Karla Kolezarić

JMBAG: 0195033696

Zagreb, rujan 2022.

## Zadatak

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

Zagreb, 4. ožujka 2022.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Prijevozna logistika I**

### DIPLOMSKI ZADATAK br. 6585

Pristupnik: **Karla Kolezarić (0195033696)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Optimiranje prijevozne usluge unaprjeđenjem prekrcajnih procesa**

#### Opis zadatka:

Prijevozna usluga nosi sa sobom veliku količinu organizacije i mnogo elemenata koji su povezani s logističko-distributivnim centrom i ostalim subjektima vezanim za djelovanje opskrbnog lanca. To uključuje sve operacije u distribuciji, nabavi, skladištenju, IT-u, odnosu s klijentima te odnosu s prijevoznicima. U radu je potrebno pronaći nedostatke dosadašnjeg sustava pružanja prijevozne usluge na konkretnom primjeru, uvidjeti koji su najveći problemi s prekrcajnim procesima te se fokusirati na korištenje programskih paketa koji omogućavaju optimiranje prijevoznih usluga.

Mentor:



---

prof. dr. sc. Mario Šafran

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

## Sažetak

Kako bi se prijevozna usluga optimirala potrebno je provesti niz aktivnosti koje utječu na njenu kvalitetu i konkurentnost. S obzirom na to da je prijevozna usluga direktno povezana s distribucijom roba i korištenjem logističko – distribucijskih centara, bitno je definirati i analizirati svaku njihovu aktivnost i odrediti ključne elemente koji konačno nude prijedlog rješenja za optimizaciju. Za potrebe diplomskog rada kreirana je aplikacija koja, temeljem ulaznih podataka, predlaže optimiranje prijevozne usluge, uz detaljno određivanje cijene prijevoza, odabira vozila za određeni prijevoz, odabir prijemnih i otpremnih rampi, te odabir načina skladištenja, odnosno odabir zona u kojem će se skladištiti preuzeta roba iz naloga. Ova aplikacija može se koristiti u većini logističkih tvrtki koje vrše disponentske poslove.

Ključne riječi: prijevozna usluga; logistika; prekrcajni procesi; aplikacija; optimizacija

## Summary

In order to optimize the transport service, it is necessary to carry out a series of activities that affect its quality and concurrentness. Considering that the transport service is directly connected to the distribution of goods and the use of logistics – distribution centers, it is important to define and analyse each of their activities and determine the key elements that offer a proposal for optimization solutions. For the purposes of the thesis, an application was created that, based on the input data, suggests the optimization of the transport service, along with the detailed determination of the transport price, selection of a vehicles for a specific transport, selection of receiving and dispatch ramps, and selection of the storage method, i.e. selection of the zone in which the goods from the order will be stored. This application can be used in most logistics companies that carry out dispatch operations.

Key words: transport service; logistics; transshipment processes; application; optimization

## SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Osnovne značajke distribucije robe .....	2
2.1. Definicija distribucije robe .....	2
2.2. Sudionici distribucije.....	4
2.3. Fizička distribucija .....	5
2.4. Kanali distribucije.....	5
2.5. Struktura distribucijske mreže .....	6
2.6. Uloga distribucije i distribucijskih centara u logistici .....	8
3. Uloga logističko – distribucijskih centara pri realizaciji prijevoznih usluga.....	9
3.1. Definiranje logističko – distribucijskog centra.....	9
3.2. Proces skladištenja.....	10
3.3. Osnovne operacije u skladištima ili prekrcajni procesi .....	11
3.3.1. Prijem roba .....	13
3.3.2. Prijemne zone .....	14
3.3.3. Organizacija zaprimanja roba.....	15
3.3.4. Oprema za ukrcaj i iskrcaj roba.....	16
3.3.5. Smještaj roba .....	18
3.3.6. Podizanje roba prema zahtjevu – komisioniranje .....	19
3.3.7. Otprema roba prema korisniku.....	19
3.4. Optimizacija skladišnih operacija ABC analizom.....	20
4. Prikaz organiziranja prijevoznih usluga.....	23
4.1. Aktivnosti pružanja prijevozne usluge .....	23
4.2. Određivanje cijene prijevozne usluge.....	24
4.2.1. Primjer izračuna cijene prijevozne usluge – Fiksni troškovi .....	25
4.2.2. Primjer izračuna cijene prijevozne usluge – Varijabilni troškovi .....	28
4.2.3. Primjer izračuna cijene prijevozne usluge – Direktni troškovi .....	29
4.2.4. Primjer izračuna cijene prijevozne usluge – Profit .....	30
4.2.5. Izračun troškova prijevoza po odredištima .....	30
4.3. Optimizacija ruta .....	34
4.4. „Best fit decreasing“ algoritam.....	35
5. Prijedlog optimizacije prijevozne usluge - studija slučaja.....	37
5.1. Baza podataka.....	39
5.2. Aplikacija.....	41
5.3. Analiza optimiziranih podataka.....	49

5.3.1. Utovar vozila .....	50
5.3.2. Termini utovara i broj rampi .....	52
6. Zaključak.....	55
Popis literature.....	56
Popis slika .....	58
Popis kratica .....	59
Popis tablica .....	60

## 1. Uvod

Danas je optimizacija prijevozne usluge svakodnevna zadaća tehnologa u prometnim poduzećima, a glavni ciljevi su smanjenje troškova, povećanje konkurentnosti i održivost na tržištu. Zbog ubrzanog razvoja i potreba za optimizacijom, potrebno je imati odgovarajuć kadar ljudi u poduzećima, koji imaju potrebno znanje i vještine, odgovarajuća vozila, suprastrukturu i infrastrukturu, i ostale elemente koji omogućuju pružanje optimalne prijevozne usluge. Prije definiranja prijevozne usluge, potrebno je pojasniti pojam distribucije. Ona se odnosi na korake poduzete za premještanje i skladištenje proizvoda iz faze dobave u fazu dostavljanja kupcima u lancu opskrbe. Distribucija je ključni pokretač ukupne profitabilnosti poduzeća jer direktno utječe na troškove lanca opskrbe, ali i na iskustvo kupca. Ovaj rad prikazuje optimizaciju prijevozne usluge uz pojašnjenje uloge distribucije, logističko-distribucijskih centara i prekrajnih procesa u prijevoznim sustavima.

Ovaj rad podijeljen je u 6 cjelina:

1. Uvod
2. Osnovne značajke distribucije robe
3. Uloga logističko – distribucijskih centara pri realizaciji prijevoznih usluga
4. Prikaz organiziranja prijevoznih usluga
5. Prijedlog optimizacije prijevozne usluge - studija slučaja
6. Zaključak

Tako su u drugom poglavlju prikazane značajke distribucije, odnosno definira se pojam distribucije, koji su sudionici iste i što označava fizička distribucija, a što kanali distribucije. Zatim se prikazuje struktura distribucijske mreže i uloga distribucije u logistici.

U trećem poglavlju opisana je uloga logističko-distribucijskih centara pri realizaciji prijevoznih usluga, te se detaljno pojašnjavaju procesi skladištenja, odnosno što sve uključuju prekrajni procesi i zašto su bitni u logističkom sustavu.

Zatim se opisuje četvrto poglavlje pod temom prikaz organiziranja prijevoznih usluga gdje se najviše orijentira na prijevoznu logistiku i njen značaj. Prikazane su aktivnosti pružanja prijevozne usluge, mogućnost optimizacija ruta i detaljno je prikazan sustav tarifa odnosno kreiranja cijena za prijevoznu uslugu. Također je prikazan „bin packing“ algoritam koji je od iznimne važnosti za izradu aplikacije.

Te cijene direktno su povezane s petim poglavljem koje prikazuje prijedlog optimizacije prijevozne usluge. Detaljno je opisana aplikacija koja je kreirana za ovaj rad koji vrši optimizaciju prijevozne usluge pomoću raznih *Microsoft* alata. Kreirana je baza podataka i aplikacija koja dodjeljuje svakom prijevozu cijenu, rutu, mogućnost skladištenja, zonu skladištenja, rampe prijema i otpreme, sve kako bi se posao skladištara i disponenta maksimalno olakšao. Konačno je prikazana kratka analiza utjecaja optimizacije prekrajnih procesa na cijelu prijevoznu uslugu i poslovanje.



## 2. Osnovne značajke distribucije robe

Distribucija je već dugo vremena važna karika gospodarskog života, a za nju se koriste različiti nazivi kao što su: fizička distribucija, poslovna logistika, menadžment materijala, fizička opskrba, marketinška logistika, upravljanje lancem opskrbe i slično.

Distribucija predstavlja djelotvorno kretanje gotovih proizvoda od kraja proizvodne linije do potrošača. Ove aktivnosti uključuju: teretni prijevoz, skladištenje, rukovanje materijalima, pakiranje, kontrolu zaliha, odabir lokacije skladišta, obradu narudžbi, obradu tržišta i servis za potrošače. [1]

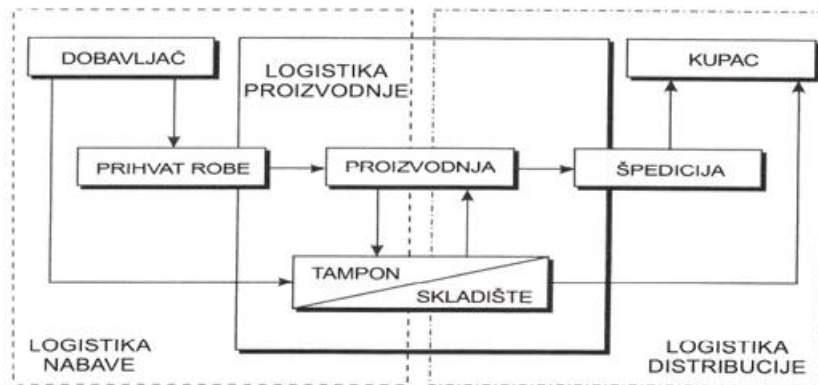
### 2.1. Definicija distribucije robe

Najšire prihvaćenu definiciju pojma distribucije dala je Međunarodna trgovačka komora (eng. *International Chamber of Commerce* – ICC) 1947. godine koja glasi: „Distribucija je faza koja slijedi proizvodnju dobara od trenutka njihove komercijalizacije do isporuke potrošačima. Ona obuhvaća razne aktivnosti i operacije koje osiguravaju da se roba stavi na raspolaganje kupcima, bilo da se radi o prerađivačima ili o potrošačima, olakšavajući izbor, kupnju i upotrebu robe.“

Pod distribucijom se također podrazumijeva djelotvoran prijenos dobara, odnosno roba ili usluga od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje uz minimalne troškove i optimalnu razinu zadovoljenja zahtijeva kupaca. [2]

Distribucija se može definirati kao tijek gotovih proizvoda, od završetka procesa proizvodnje do konačne potrošnje. Predstavlja užu pojam od logistike s obzirom na to da logistika, osim distribucije, u sebi sadrži i upravljanje materijalom, sirovinama, poluproizvodima i dijelovima od izvora do proizvodnog procesa i upravljanje njegovim određenim segmentima.

Na slici 1 prikazana je uloga distribucijskog sustava u logističkom sustavu i kako je spojen svaki aspekt logistike.



Slika 1. Uloga distribucijskog sustava u logističkom sustavu, [1]

Distribucija se može opisati kao faza opskrbnog lanca koja prethodi potrošnji, a sastoji se od sljedećih temeljnih zadataka [1]:

- Skraćivanja puta i vremena potrebnog da roba (ili usluga) stigne od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje
- Povećanje konkurentnosti robe
- Vremensko i prostorno usklađenje proizvodnje i potrošnje
- Programiranje proizvodnje prema zahtjevima (potrebama) potrošača
- Plasman novih proizvoda (ili usluga) na tržištu
- Stvaranje i mijenjanje navika potrošača

Struktura distribucije se sastoji od fizičke distribucije i od kanala distribucije, a razlika između dva pojma detaljno je objašnjena u idućim poglavljima.

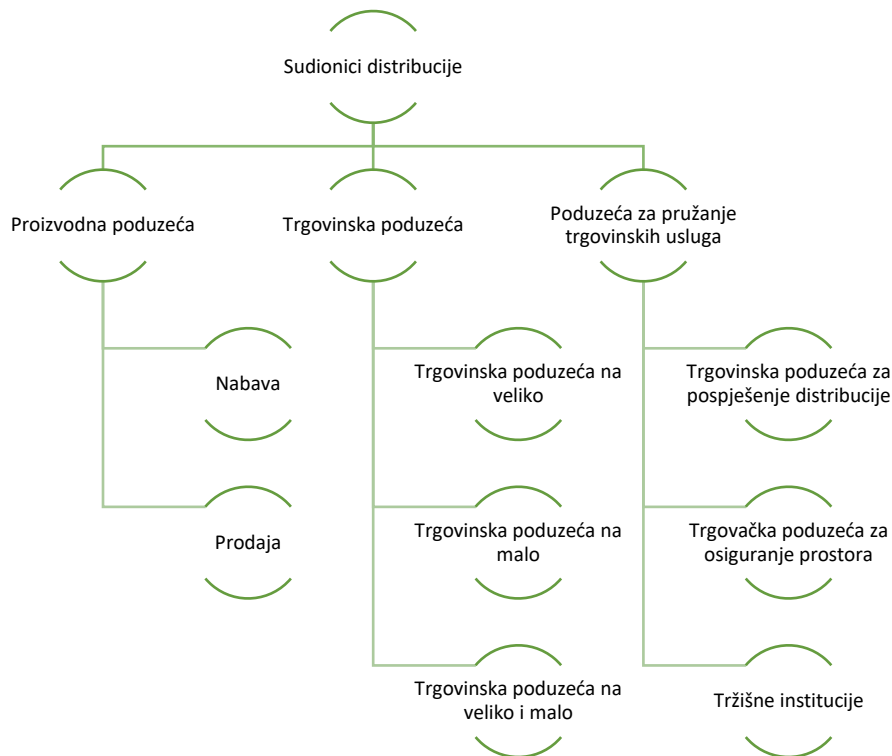
Prikaz razlike kanala distribucije i fizičke distribucije vidljiv je na slici 2. Kanal distribucije uključuje prodajne službe u poduzeću, korištenje brokera, trgovinu na veliko i trgovinu na malo, dok fizička distribucija uključuje skladištenje robe i upravljanje zalihama, ispunjavanje narudžbi, vanjski i unutarnji transport te obavljanje lokalne isporuke.



Slika 2. Razlika kanala distribucije i fizičke distribucije  
Izvor: [1]

## 2.2. Sudionici distribucije

Sudionici distribucije dijele se na tri vrste koje su prikazane na slici 3.



Slika 3. Sudionici distribucije  
Izvor: [1]

Proizvodna poduzeća kao sudionici u distribuciji imaju značajno mjesto, bez obzira, radi li se o pomoćnoj karici sa snažnim utjecajem na ostale sudionike distribucije ili o nastojanju da se što izravnije stupi u kontakt s kupcima vlastitih proizvoda.

Trgovačka poduzeća su najvažniji nositelji distribucije. Trgovačka poduzeća na veliko pružaju trgovinske usluge proizvođačima, trgovačkim poduzećima na malo i velikim potrošačima (bolnice, radnički restorani, domovi i dr.). Ti sudionici procesa distribucije, kroz držanje znatne količine zaliha različite robe, omogućuju ravnomjerno odvijanje proizvodnje i prodaje. Trgovačka poduzeća na malo prodaju robu izravno potrošačima. To čine kroz različite institucionalne oblike koji su izloženi stalnim promjenama. Najčešće se spominju: klasične prodavaonice, pokretne prodavaonice, samoposluge, super-marketi, hipermarketi, robne kuće, kataloške kuće, diskontne kuće i robni automati. Trgovinska poduzeća na veliko i malo imaju određene prednosti u odnosu na prethodne oblike trgovinskih poduzeća. Prednost se sastoji u tome, što povezuju proizvodnju i potrošnju, a to uvjetuje veću proizvodnost rada i bolje korištenje raspoloživih kapaciteta.

Poduzeća za pružanje trgovinskih usluga uključuje trgovinska poduzeća za pospješenje distribucije, a pod time se podrazumijevaju agencije, komisionari, špediteri, poduzeća za kontrolu kvalitete i kvantitete. Također postoje i trgovačka poduzeća za osiguranje prostora,

odnosno veletržnice, gradske tržnice i trgovački centri. Konačno u ovoj podjeli pripadaju i tržišne institucije koje podrazumijevaju aukcije, sajmove uzoraka i burze. [1]

### 2.3. Fizička distribucija

Fizička distribucija obuhvaća sve radnje u svezi otpreme, skladištenja, prekrcaja i dostave robe. Ona uključuje kretanje sirovina i repromaterijala od izvora nabave do početka faze proizvodnje.

Fizička distribucija je procesni čin koji obuhvaća aktivnosti vezane uz kretanje robe od proizvođača do potrošača. To je skup aktivnosti koje omogućavaju djelotvorno kretanje gotovih proizvoda s kraja proizvodnog procesa do potrošača. Ove aktivnosti obuhvaćaju sustav dostavljanja i obradu narudžbi, upravljanja zalihama, skladištenja, manipulacije robom i prijevoz. Također uključuje planiranje i kontrolu fizičkih tokova robe od njezina izvora do mjesta uporabe kako bi se uz ostvarenje profita što bolje zadovoljile potrebe kupca, odnosno potrošača. Iz toga proizlaze i distribucijska načela u poslovanju, a ona glase: u pravo vrijeme, na pravom mjestu, u optimalnim količinama, u odgovarajućem asortimanu i uz najniže troškove. Temeljna karakteristika jest stalan tok materijala ili proizvoda, s time da taj tok na određenim točkama doživljava zastoje. [1]

### 2.4. Kanali distribucije

Prema definiciji Američkog udruženja za marketing, kanali distribucije su: "unutrašnje organizacijske jedinice i vanjski posrednici preko kojih kruži promet robe i usluga". [1]

Kanali distribucije ili marketinški kanali su skup međuovisnih institucija, čiji je zajednički cilj olakšati prijenos robe i vlasništva od proizvođača do kupca. Pojam „kanal distribucije“ danas se može zamijeniti s pojmom „kanal marketinga“. „Kanal marketinga“ se kao kompleksniji pojam od pojma „kanal distribucije“ počeo u SAD-u koristiti sedamdesetih godina prošloga stoljeća, jer su se kao posrednici počeli uzimati i oni koji sudjeluju ne samo u fizičkom toku proizvoda od proizvođača do krajnjega korisnika, nego i posrednici koji sudjeluju u transferu vlasništva nad robom pa i druge posredničke institucije koje sudjeluju u distribuciji vrijednosti od proizvodnje do potrošnje. [3]

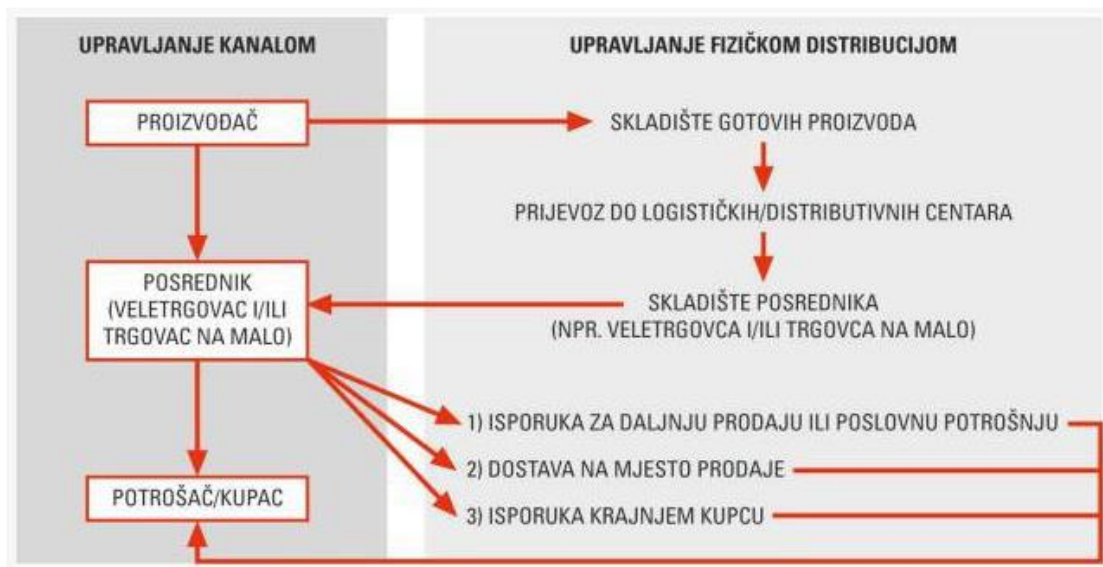
Da bi se posrednik, odnosno sudionik lanca distribucije, održao, on mora biti sposoban organizirati tokove robe u cijelosti ili djelomično, tako da bude djelotvorniji od alternative, jer ga u protivnom kupac neće odabrati kao opskrbljivača. Znači troškovi posredovanja moraju biti niži od troškova koji bi nastali kada bi proizvođač sam obavljao distribuciju. Razvijenija tržišta imaju i razvijenije sustave posrednika, a njihove ekonomske prednosti su u mogućnostima specijalizacije, koncentracije i disperziranja tokova robe.

Funkcije kanala stvaraju određene tokove kroz kanal i ti tokovi imaju različite pravce. Tokom u kanalu distribucije označava se skup funkcija, koje određenim slijedom obavljaju članovi kanala. Tako se razlikuju tokove prema naprijed kroz kanal, npr. tok proizvoda, prijenos vlasništva kroz kanal i promotivni tok, odnosno tok od potrošača prema proizvođaču, tok kroz kanal ide unazad, npr. tokovi naručivanja i plaćanja. Tokovi informacija, pregovaranja i rizika usmjereni su prema naprijed i prema nazad.

Osnovne funkcije kanala distribucije dijele se na [1]:

- Financiranje - financiranje ciklusa distribucije, aktivnosti fizičke distribucije, osiguranje financijskih linija za realizaciju procesa distribucije
- Preuzimanje rizika - Upravljanje rizicima u procesu distribucije
- Fizička distribucija - Upravljanje aktivnostima fizičke distribucije, odabir operatera, praćenje i vrednovanje aktivnosti fizičke distribucije
- Isplate
- Prijenos vlasništva - Reguliranje načina na koji se prenosi vlasništvo unutar subjekata u kanalu distribucije

Upravljanje kanalom distribucije i fizičkom distribucijom prikazano je slikom 4 na kojoj se vidi odnos između proizvođača, skladišta, posrednika, načina isporuke i konačno kupca.



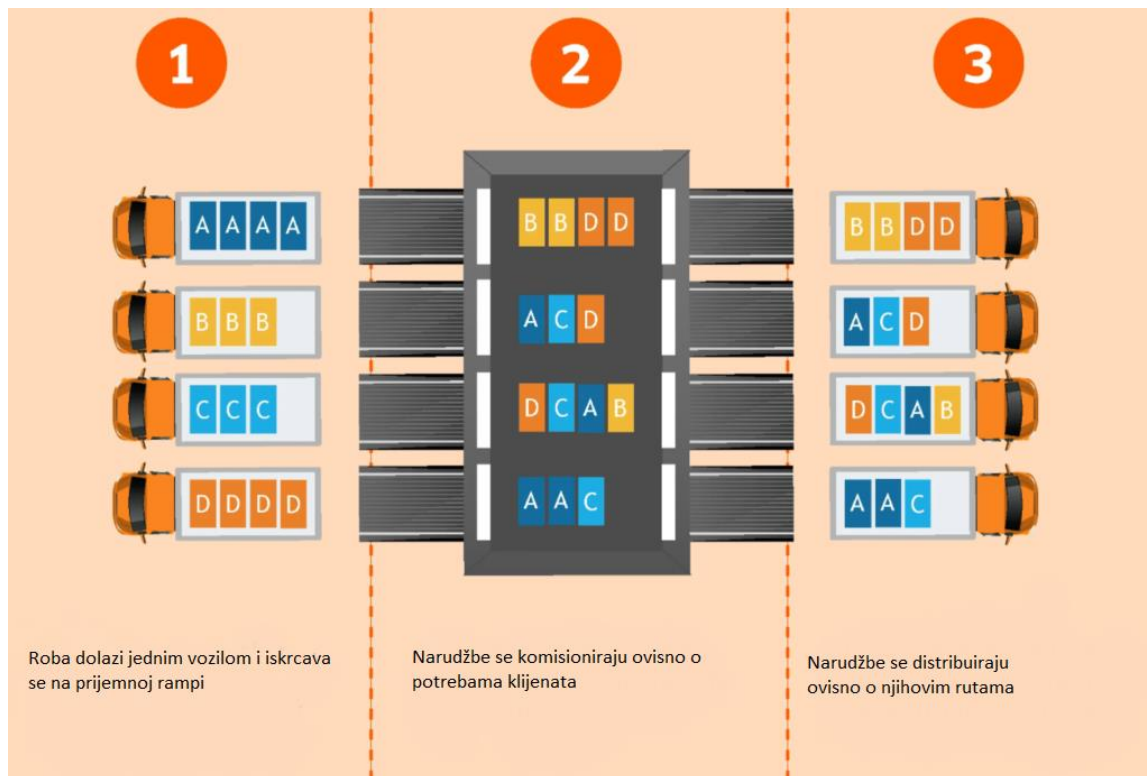
Slika 4. Upravljanje kanalom distribucije i fizičkom distribucijom, [1]

## 2.5. Struktura distribucijske mreže

Razlikuju se tri ključne koncepcije distribucijskih mreža:

- Direktna dostava - Direktna dostava je koncept distribucijske mreže gdje se proizvodi iz skladišta gotovih proizvoda proizvođača direktno dostavljaju kupcima, tj. maloprodajnim trgovinama.

- Distribucijsko skladištenje - Distribucijsko skladištenje predstavlja skladište kao važan dio distribucijske mreže gdje se obavljaju poslovi fizičkog prihvata i prostornog preusmjeravanja odnosno razdiobe robnih tokova prema različitim pravcima u okviru distribucijske mreže. Distribucijsko skladište može se definirati i kao privremeni prestanak robnih tokova kod distributera, prije isporuke krajnjim kupcima. Strategija distribucijske mreže jest da distribucijsko skladište omogućuje agregaciju narudžbi kupaca i tako umanjuje utjecaj neizvjesnosti potražnje na relaciji prema proizvođaču. Distribucijska skladišta su uređena da pruže dodatne usluge kao što su sortiranje, prepakiranje, etiketiranje i slično. Ono je pogodno za proizvode koji se prodaju u većim količinama i koji traže navedene dodatne usluge.
- Cross docking - Cross docking obuhvaća isporuku preko posrednika distributera, no za razliku od distribucijskog skladištenja gdje se robni tokovi prekidaju, cross docking je isporuka robe bez prekidanja robnih tokova. Cross docking jest prekrcajni terminal gdje se obavlja koordinacija robnih tokova. Umjesto većeg broja pojedinačnih dostava za maloprodaju, proizvedena se roba dovozi na jednu lokaciju – cross-dock terminal gdje se sortira s drugom sličnom robom ovisno o relaciji za koju je namijenjena i bez zadržavanja, tj. bez skladištenja roba se dostavlja kupcima. Na prijemnoj strani cross-dock terminala, gdje se nalaze rampe za prihvat vozila, radnici robu iskrcavaju iz dolaznih vozila (prikolica, kontejnera ili vagona) i slažu palete u redove koji odgovaraju ulaznim rampama. Nakon toga, roba se sortira ovisno o narudžbama kupaca po određenim zonama i slaže se u redove za dostavu prema izlaznim vratima, na izlaznoj strani radnici vrše ukrcaj u odlazna (dostavna) vozila koja ju dalje dostavljaju kupcima. Cilj cross docking-a je prebaciti fokus s opskrbe na potražnju. Svaka isporuka robe proizvođača odmah se sortira na ulazu sustava i onda slaže prema potražnji, odnosno prema narudžbi kupaca ili prodajnih mjesta. Prednosti ovakve tehnologije kod operatera je optimalno iskorištenje skladišnih kapaciteta i samim time i ostvarenje poslovnih prihoda, a kod korisnika je smanjenje troškova manipulacije, smanjenje potrebnog skladišnog prostora i razine zalihe, te brzina isporuke. Jednostavan prikaz načina funkcioniranja cross-docking sustava može se vidjeti iz slike 5. [5]



Slika 5. Cross-docking terminal  
Izvor: [6]

## 2.6. Uloga distribucije i distribucijskih centara u logistici

Logističke djelatnosti proširile su se izvan tradicionalnih transportnih i skladišnih aktivnosti koje uključuju pakiranje, deklariranje, montažu, nabavu, distribuciju i slično. Moderne logističke aktivnosti dodaju vrijednost proizvodima i stvaraju prihod za distribucijske centre i skladišta. Potvrda koncepta marketinga, a posebno pojava lanca opskrbe dovela je do punog izražaja zajednički interes proizvodnje i distribucije. Logistički distribucijski centri jedan su od najvažnijih elemenata gospodarstva svake zemlje. Oni su važan čimbenik gospodarskog razvoja koji utječe na protok robe i doprinosi povećanju učinkovitosti logističkog kanala, a može utjecati i na razvoj gradova ili regija u kojima se nalaze. Logistički distribucijski centar dio je logističke mreže, a logistički sustav strateška je veza između same proizvodnje i tržišta, odnosno krajnjih korisnika. Osnovu distribucijskih centara čine specijalizirana i univerzalna skladišta u kojima se obavljaju prethodno navedene manipulacije u vezi sa skladištenjem robe. U suvremenim, u pravilu visokoregalnim skladištima većina manipulacija robom su automatizirane. Zaposlenici u skladištu moraju raspolagati funkcionalnim objektima, suvremenom mehanizacijom za horizontalno, vertikalno i koso manipuliranje svim vrstama robe koja se distribuira različitim vrstama transportnih sredstava, mnogobrojnom opremom, hardverom i softverom. [4] [7]

### 3. Uloga logističko – distribucijskih centara pri realizaciji prijevoznih usluga

Prije nego se detaljnije opiše funkcija i uloga logističko-distribucijskih centara, potrebno je pojasniti izraz „robni tok“. Robni tok je uzročno-posljedični čimbenik porasta prostornih, vremenskih i količinskih transformacija u neprekidnoj izmjeni aktivnosti pakiranja, ukrcaja, prekrcaja, iskrcaja, transporta, skladištenja, isporuke i slično. Nositelji realizacije robnih tokova su logistički lanci i logistički sustavi, a najznačajnije mjesto u logističkom lancu i logističkim mrežama su logistički centri ili terminali. [8]

#### 3.1. Definiranje logističko – distribucijskog centra

„Logističko-distribucijski centar je glavni infrastrukturni element logističke industrije te predstavlja sustav koji u fizičkom i organizacijskom smislu omogućava stratešku vezu između proizvodnje i tržišta.“ Ta se veza ostvaruje kroz funkcioniranje LDC-a koje obuhvaća infrastrukturu, suprastrukturu, ljudske resurse i tehnologiju. [9]

Distribucijski centar predstavlja mjesto na kojem se pohranjuje, doraduje i priprema roba za daljnju distribuciju prema kupcima. Predstavlja vitalni dio trgovinske infrastrukture, a razvio se iz tradicionalne funkcije skladišta. S obzirom na to da se povećava broj funkcija, primjenjuju se suvremena načela organizacije rada, nove tehnike i tehnologije koji omogućuju visoku koncentraciju robe i brz protok u distribucijskim kanalima te ravnomjerno i racionalno napajanje maloprodajnih točaka. [10]

Logističko-distribucijski centar može biti i maloprodajni objekt kao najviši stupanj koncentracije maloprodajne trgovine. Na razmjerno malenom prostoru potrošač ima mogućnost izbora najrazličitijih proizvoda i usluga. [11]

Potrebno je definirati i pojam terminal, a on opisuje mjesto na početku ili na kraju prijevoznog puta koji je namijenjen za prijelaz i prihvat putnika ili rukovanje teretom i njegovom dostavom. Opremljen je sa svim potrebnim uređajima za normalno odvijanje prometa. Terminali mogu biti u morskim lukama, zračnim lukama, željezničkim čvorištima, cestovnim čvorištima, riječnim pristaništima itd. Općenito, terminalom se može smatrati mjesto u kojem se događaju početno-završne operacije prijevoznog procesa. Uloga i značenje terminala povećali su se s razvitkom prijevoznih tehnologija, te postale sve kompleksniji pojam. Današnji terminali su zapravo specifični otvoreni ili zatvoreni prostori s automatiziranom i visokoproduktivnom proizvodnjom prekrcajnih usluga, čiji operativni prostori osiguravaju potrebne uvjete za kraći ili dulji prekid kretanja prijevoznih sredstava i supstrata, kao i za njihov prihvat, smještaj i otpremu. [12]

Pretovarni terminali, odnosno pretovarne točke su mjesta na kojima odvijaju se aktivnosti pretovara. Te aktivnosti uključuju utovar i istovar prijevoznih sredstava, razvrstavanje robe, skladištenje robe i puštanje robe iz skladišta. Pretovarni terminali postoje za sva sredstva transporta, a može se definirati i kao središte u kojem se konvergiraju različiti načini prijevoza. Ovisno o vrsti prometa razlikuju se terminali zračnog tereta, terminali morskih i unutarnjih luka, terminali u željezničkom prometu i Cross-docking terminali.



Distribucijski centri također su sastavni dio postupka ispunjavanja narudžbi, posebno za mrežne prodavače i tvrtke za e-trgovinu. Uobičajeni način prijevoza obuhvaća da prodavač otprema proizvod u distribucijski centar, a potom se proizvod otprema kupcu. Obično ih se smatra inicijativom jer se proizvodi kreću brzo. Distributivni centri često su locirani na lako dostupnim područjima, u blizini glavnih prometnica i autocesta. To olakšava prijevoznim sredstvima učinkovitije preuzimanje i otpremu roba. Mnogi su distributivni centri dio veće mreže distributera, postavljenih da služe velikom području. [13]

Duži i globalno orijentirani lanci opskrbe često su zahtijevali upotrebu skladišta u kojem se proizvodnja proizvodnih jedinica može pohraniti tijekom određenog vremena. Često su to pošiljke s velikim opterećenjem poput kontejnerskog tereta. Takva se skladišta mogu koristiti za nadopunu distribucijskih centara koji mogu biti prilično udaljeni, najčešće putem otpreme kontejnera na velike udaljenosti. To također predstavlja prednost kraćih isporuka, jer se narudžbe iz maloprodajne trgovine pružaju iz obližnjeg distribucijskog centra. Također je moguće iskoristiti ekonomiju razmjera kroz veća vozila i veće faktore opterećenja.

Distribucijski centar definira se kao specijalizirano mjesto u zgradi ili skladištu koje je opskrbljeno robom ili proizvodima koji će se distribuirati preprodavačima ili veletrgovcima ili u nekim slučajevima izravno krajnjim kupcima. Distribucijski centar često prati rashladni sustav, ovisno o prirodi proizvoda, kako bi se sačuvana roba očuvala netaknuta. Distribucijski centri smatraju se temeljem opskrbe mreže jer je dopušteno da na jednom mjestu postoji ogromna zaliha više proizvoda. U nekim se organizacijama koristi jedan pogon koji djeluje izravno i prema kupcu kao i distribucijskom sustavu. Primarni je cilj distribucijskog centra opskrbljivanje više preprodavača oko lokacije distribucijskog centra.

Primarna razlika između skladišta i distribucijskog centra je u vremenu skladištenja i rada. U slučaju distribucijskog centra, promet je brži, to jest vrijeme između prijema i otpreme robe je manje, ali u slučaju skladišta vrijeme je duže. Koncept upravljanja opskrbnim lancem mijenjao se u posljednjih nekoliko godina, zbog čega je uloga distribucijskog centra vrlo važna u održavanju ispravnog lanca opskrbe.

### 3.2. Proces skladištenja

Skladištenje je planirana aktivnost kojom se materijal/roba dovodi u stanje mirovanja. Skup svih aktivnosti s materijalom u skladištu predstavlja skladišni proces, a uobičajeni naziv skladište podrazumijeva skladišni sustav.

Glavne komponente skladišnog sustava su [14]:

- Skladišni objekti (zgrade, uređene površine,...),
- Sredstva za skladištenje i sredstva za odlaganje materijala (sredstva za oblikovanje jediničnih tereta),
- Transportna sredstva,

- Pomoćna skladišna oprema (računalna oprema, oprema za pakiranje, sredstva za paletizaciju i depaletizaciju, za kontrolu i mjerenje,...),

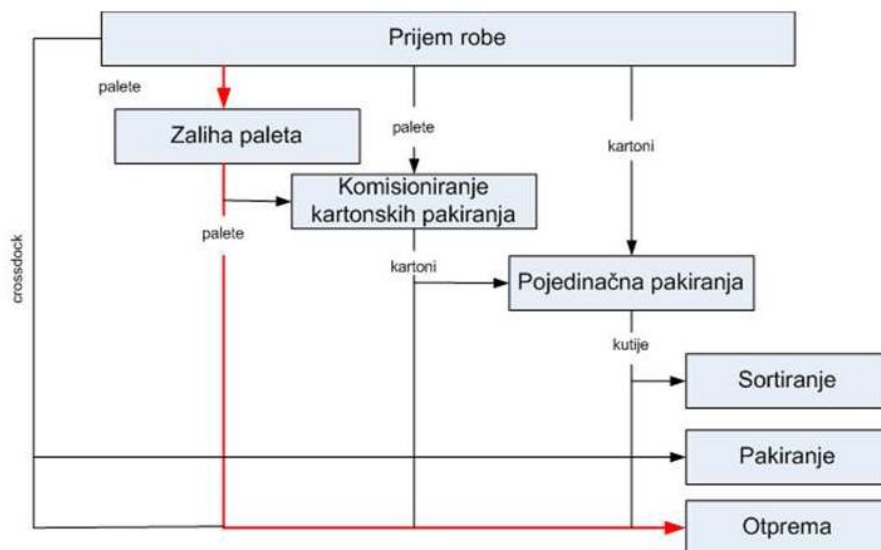
- Dodatna oprema (protupožarna, oprema za grijanje i hlađenje, rasvjeta, oprema održavanja čistoće itd.).

Svrha skladišta je da omogući siguran i tehnički ispravan smještaj robe bez ugrožavanja njenih svojstava i kvalitete uz mogućnost podesnosti prihvata i otpreme. Smještaj robe u skladište naziva se uskladištenje, a otprema robe iz skladišta iskladištenje.

Prema ulozi u logističkom sustavu skladišta se dijele na [14]:

- Skladišta sirovina
- Skladišta poluproizvoda, komponenata
- Skladišta gotovih proizvoda
- Konsolidacijski centri i tranzitna skladišta
- Prijelazna skladišta
- Cross dock centri
- Centri za sortiranje
- Skladišta za robu u e distribuciji
- Skladišta za robu u povratu-povratni centri
- Skladišta institucija javnog sektora

Proces protoka robe kroz paletno skladište prikazano je slikom 6.



Slika 6. Protok robe kroz paletno skladište, [14]

### 3.3. Osnovne operacije u skladištima ili prekrajni procesi

Najbitnija jedinica u skladišnom prostoru je skladišna jedinica ili SKU (eng. *Stock Keeping Unit*). To je najmanja fizička jedinica proizvoda koja se manipulira u skladištu. Može biti paleta, kartonsko pakiranje ili pojedinačno pakiranje. [14]

Osnovne operacije u skladištima obuhvaćaju sljedeće aktivnosti:

- Prijem roba
- Pohrana u skladište
- Podizanje roba prema zahtjevu – komisioniranje
- Otprema roba prema korisniku

Ove operacije mogu se definirati i kao prekrcajne operacije s obzirom na to da to označava manipulaciju robom kroz, u ili iz skladišta.

Ključan element pri svakoj od aktivnosti je povećanje prostora za svaku od tih aktivnosti i smanjenje potrebnog vremena za izvršenje svake pojedine aktivnosti. Organizirani sustav aktivnosti koji podrazumijeva njihovu međusobnu povezanost i usklađenost povećavaju učinkovitost rada i smanjuju mogućnost pogreške.

Zbog različite koncepcije skladišnih operacija, potrebno je razlikovati skladišta gotovih proizvoda i skladišta sirovina i reprodukcijских materijala. Bitna razlika krije se u izvoru od kojeg roba dolazi u skladište i krajnjem odredištu roba koje se iz skladišta otpremaju.

- Skladišta sirovina preuzimaju robu iz vanjskog izvora i otprema je unutarnjem korisniku.
- Skladišta gotovih proizvoda dobivaju robu iz unutarnjeg izvora i otpremaju je prema vanjskom korisniku.
- Distribucijska skladišta preuzimaju robu izvana i otpremaju je vanjskom korisniku.

Razlike u načinu rada pojedinih skladišta često uvjetuju u odabir načina rada, upravljanje postojećim potencijalima, korisnike skladišta i upravljačku strukturu.

Roba koja dolazi u skladište uglavnom se reorganizira i prilagođava narudžbama korisnika.

Roba koja dolazi u skladište u velikom se broju slučajeva reorganizira i prilagođava narudžbama korisnika. Veća pakiranja pojedinih proizvoda se, ovisno o narudžbama transformiraju u manja, kombiniraju s drugim proizvodima i otpremaju korisniku. Da bi skladišta na zadovoljavajući način izvršila sve navedene operacije, radnje u skladištu se nastoje uskladiti tako da se postigne kontinuirani protok roba unutar skladišta, od prijema do otpreme.  
[14]

Najčešći uzroci mogućih pogrešaka su sljedeći:

- Specifikacija proizvoda
  - Pakiranje, etiketiranje, netočan sadržaj, pogrešna količina robe u pakiranju i sl.
- Skladištenje: pogrešna lokacija, pogrešna oznaka lokacije, miješanje različitih vrsta roba pri slaganju
- Podizanje robe:
  - Krive informacije

- Vremenski pritisak
- Pogrešna lokacija, nepotpuna dokumentacija
- Pogrešan unos podataka o robi/proizvodu

### 3.3.1. Prijem roba

Prijemu roba prethodi najava za dolazak robe. Najava omogućuje upravi skladišta obavljanje svih potrebnih predradnji, a to uključuje izradu rasporeda iskrcaja robe i koordiniranje ostalih potrebnih aktivnosti povezanih s prijemom robe.

Nakon dolaska robe, roba se iskrcava, i ovisno o načinu rada odlaže u zonu iskrcaja ili odvozi izravno na mjesto pohrane. Budući da u ovoj fazi roba dolazi pakirana u veće jedinice ponekad je potrebno te jedinice raspakirati. Računa se da zbog relativno malog udjela ljudskog rada troškovi ovih operacija ne prelaze razinu od 10% ukupnih troškova skladištenja.

Prijem robe jedna je od najvažnijih skladišnih operacija. Da bi se ubrzao postupak zaprimanja roba potrebno je unaprijed definirati određene značajke pakiranja proizvoda [14]:

- Dimenzije i tip kartonskog pakiranja
- Način dostave - na paleti ili u drugačijem obliku pakiranja
- Dimenzije palete i tip palete
- Način obilježavanja robe - opis proizvoda, barkod, količine
- Broj proizvoda u kartonskom pakiranju
- Način prijevoza, količina robe po dostavi, frekvencija dostave

Glavne aktivnosti prilikom prijema roba uključuju [14]:

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

Veličina prijemne zone ovisi o količini i intenzitetu dolaska roba. Na učinkovitost rada bitno utječe položaj i smještaj prijemnih rampi. Pri prijemu roba obično se nastoji odabrati ona rampa koja je najbliža lokaciji gdje će se roba smjestiti unutar skladišta.

Načini prijema:

- Prijem naslijepo - osoba na prijemu ispisuje stvarno zaprimljenu količinu roba bez obzira na dokumentaciju koja kvantificira robu
- Barkod -svako ulazno pakiranje skenira se pomoću barkod čitača

- Izravan prijem - izravno slanje zaprimljene robe u prostor skladišta, na taj način se štedi vrijeme i prostor za sortiranje ulazne robe
- Cross docking - slaganje ulazne robe i njezina otprema bez pohrane

Dodatne organizacijske zahtjeve unutar skladišta stvara procedura s oštećenom robom. Zbog toga postoji nekoliko načina kako se oštećena roba može vratiti pošiljatelju:

- Slanje oštećene zapakirane robe,
- Prepakiranje i odvajanje ispravnog dijela od oštećenog
- Uništavanje pošiljke ili dijela pošiljke koji se ne može popraviti

Rukovanje s povratnom ambalažom uključuje stalnu provjeru vrste i količine povratne robe, odnosno ambalaže. Pri planiranju procesa prijema treba predvidjeti određene kapacitete i za ovu operaciju obzirom da zbrinjavanje takve ambalaže može prouzročiti i nepredviđene probleme. Najčešći razlog tome je neiskustvo proizvođača ili tvrtke pošiljaoca u dijelu koji se odnosi na pakiranje roba.

Oprema ili mehanizacija pri prijemu robe izložena je većim opterećenjima u odnosu na ostalu skladišnu opremu. Oprema za manipulaciju robom izložena je kretanju na kratke staze, čestom manevriranju i zaustavljanju i ponovnom pokretanju. O tome svakako prilikom odabira opreme treba voditi računa. Prilikom projektiranja prijemnih rampi potrebno je obratiti pozornost na klasične zahtjeve poput dimenzija vozila i nagib rampi, ali je potrebno obratiti pozornost i na stalno opterećenje uslijed prometa vozila.

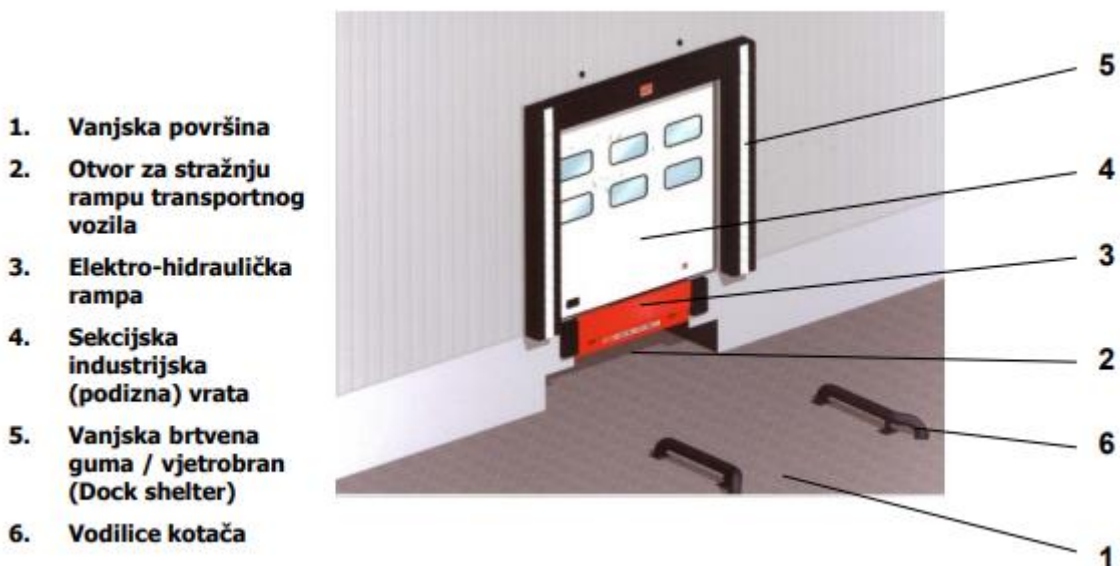
### 3.3.2. Prijemne zone

Tradicionalno, prijemna zona se smješta na suprotnom kraju skladišta u odnosu na otpremnu zonu. Prema inicijalnoj koncepciji skladišta, u prijemnu zonu ulazile su sirovine i poluproizvodi, a u otpremnoj zoni su kretali prema korisniku iz otpremne zone. Ovakav obrazac prilagođen je skladištima uz različite industrijske pogone.

Za skladišta koja nisu u funkciji proizvodnog procesa, odvajanje prijemne i otpremne zone ne mora biti toliko drastično. Primjerice, ako se prijemne i otpremne rampe nalaze jedne pokraj drugih, prostor na rampama se može koristiti tako da omogućuje prilagodbu prijemnih i otpremnih operacija prema potražnji korisnika (ako je u jednom trenutku potražnja veća, tada se veći broj rampi koristi za otpremu roba).

Ako se pak određena količina roba prima i prerađuje Cross-dockingom, prostor koji je potreban za realizaciju te operacije ima utjecaj na konačnu cijenu usluga. Ako su prijemne i otpremne rampe smještene jedna do druge, tada se štedi prostor i vrijeme potrebno za rukovanje materijalom. Druga varijanta je smještaj rampi na dva susjedna zida zgrade, što smanjuje udaljenost između dvije rampe.

Prikaz i pojašnjenje dijelova jedne rampe prikazano je na slici 7.



Slika 7. Dijelovi rampe, [15]

### 3.3.3. Organizacija zaprimanja roba

Postoji nekoliko mogućnosti organiziranja zaprimanja roba. Prilikom najave najjednostavnije je pripremiti prijemnu rampu i prijevozna sredstva za iskrcaj vozila. Prilikom prijema roba potrebno je odmah provjeriti količine i stanje u kojem je zaprimljena. U koliko se naknadno vide pogreške pri dostavi to može dovesti do naknadno izgubljenog novčanog iznosa, jer se gubi rok žalbe, te problema s isporukom te robe na drugu lokaciju ili problema s prodajom tih proizvoda.

- Mogućnost organiziranja prijema robe kroz sustav najave
  - Smanjenje čekanja na iskrcaj
  - Rezervacija iskrcajnih rampi i osoblja
- Organizacija prijema i otpreme robe u različitim smjenama (gdje je to moguće)
  - Korištenje istih rampi za ukrcaj i iskrcaj
  - Smanjena mogućnost pogreške
  - Duži vremenski interval zaprimanja narudžbi

Problemi kod operacija zaprimanja robe [14]:

- Oštećena roba
  - Roba može biti oštećena tijekom transporta ili može biti poslana u oštećenom stanju
  - Za skladište je važno izdvojiti takvu robu prije zaprimanja u skladišni prostor
- Ukradena roba
  - Roba može biti ukradena tijekom transporta
  - Utjecaj na količini zaprimljene robe, neispravan iznos
- Povratna ambalaža
  - Specijalizirana povratna ambalaža (nestandardne palete, spremnici, kutije)
  - Za skladište je važno propisati procedure povrata ambalaže

- Manipulacije robom u procesu cross-dockinga
  - Izbjegavati nepotrebne dodatne operacije
- Uravnotežavanje radnih operacija
  - Ravnomjieran raspored radnih operacija u skladištu

Metrika procesa zaprimanja robe:

- Mjerenje razdoblja od ulaska vozila do zaprimanja robe u skladište (Dock to Stock time) - ukupno vrijeme potrebno za manipulaciju robom do trenutka uvođenja na stanje
- Iskorištenost doka - praćenje iskorištenosti rampi i prijemnih zona kako bi se osigurala maksimalna učinkovitost
- Problemi s isporukom dobavljača - evidentiranje pogrešaka otpremnika, npr. pogrešnih artikala ili pogrešaka u dokumentaciji, tako da se otpremnici mogu upozoriti na probleme

### 3.3.4. Oprema za ukrcaj i iskrcaj roba

Za učinkovito funkcioniranje skladišta potrebno je osigurati odgovarajući pristup skladištu. Pri izgradnji skladišta treba posebnu pozornost posvetiti platformama i dokovima za ukrcaj i iskrcaj robe. U koliko površina skladišnog poda nema visinu podnih platformi željezničkih vagona ili kamiona, tada treba osigurati odgovarajuću platformu koja će omogućiti sredstvima unutarnjega transporta što bolji kontakt sa željezničkim vagonom ili kamionom prilikom ukrcaja ili iskrcaja robe.

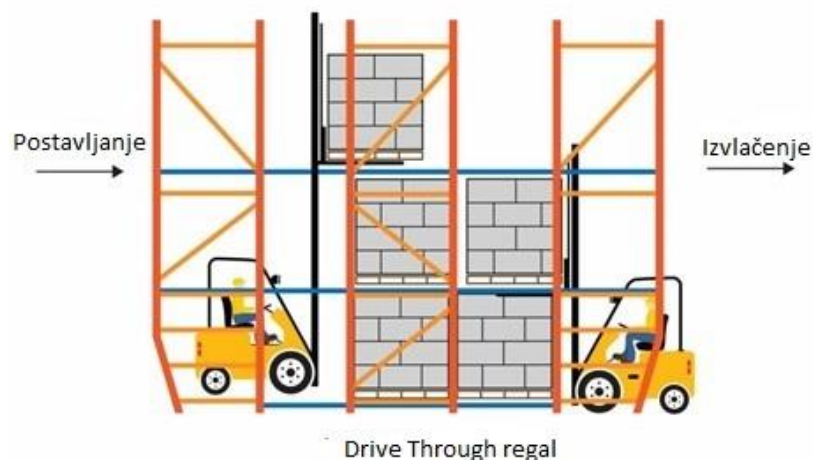
U tu svrhu postoje kose i vodoravne platforme. Kose platforme su pogodnije za vozila koja se ukrcavaju i iskrcavaju sa stražnje strane. Pri izgradnji kosih platformi treba paziti da nagib ne bude prevelik, jer može otežati pristup viličaru i ugroziti sigurnost skladišnog osoblja. Za vozila kod kojih se ukrcaj i iskrcaj robe obavlja sa strane podesnije su vodoravne platforme.

Prostor ili dokovi za ukrcaj, iskrcaj i pretovar robe mogu biti zatvoreni ili otvoreni. Potpuno zatvoreni dokovi su prilično skupi pa se češće grade otvoreni, koji obično iznad platforme imaju nadstrešnicu široku 5 do 6 m, koja pri ukrcaju i iskrcaju štiti robu od elementarnih nepogoda.

Kako bi se smanjio trošak radne snage i povećala iskoristivost prostora, dizajniran je velik broj različitih tipova specijalne opreme za skladištenje. Skladišna oprema može omogućiti jedinicama tereta da budu okrenute na stranu s koje im se prilazi, povećava brzinu manipuliranja jedinicom što i znači više da se više tereta manipulira po osobi u jednom satu, te efikasnim odabiranjem i skladištenjem manipuliranje određenom jedinicom bit će lakše (primjerice smještajući jedinicu na pogodnu visinu i orijentaciju). Skladišna oprema također može povećati iskoristivost prostora dijeljenjem prostora u odjeljke koji mogu biti mjesto skladištenja za jedinice sličnih veličina te omogućavanjem smještanja jedinica visoko gdje prostor relativno nije skup.

Pod opremom skladišnog prostora podrazumijeva se [14]:

- Jednostruki paletni regal – regal za dubinu palete
- Regal dvostruke dubine – sadrži prostor za dvije palete smještene jednu iza druge
- Provozni „*Drive In*“ ili „*Drive Through*“ regal – omogućuje viličaru ulazak nosivog okvira regala kako bi došao do proizvoda. Prikaz *drive through* regala vidljiv je na slici 8.
- Regal s ladicama ili „*Push Back Rack*“ – sustav koji je koncipiran tehnološki kao nadogradnja koncepta provoznih regala, s tri do pet paletnih mjesta. Regal se u svakom redu izvlači poput ladice
- Protočni paletni regal ili „*Pallet Flow Rack*“ – radi na principu da se palete umeću s jedne strane, a preuzimaju s druge. Time se onemogućuje preplitanje operacije skladištenja i komisioniranja
- Pomični regali – pomicanje cijelih regala
- Sustavi za automatsku pohranu i komisioniranje ili AS/RS – čine sustav regala kod kojeg svaki red ima svoju jedinicu za odlaganje ili izuzimanje koja se kreće vertikalno, odnosno horizontalno, uzduž regala odlažući i izuzimajući terete
- Polični regali – polica za pojedinačna pakiranja, odnosno *binshelving* su plitke police koje se koriste za veće kartone
- Gravitacijske protočne police – nosivi elementi su nagnuti i opremljeni kotačićima kako bi ubrzali postupak komisioniranja pomicanjem skladišne jedinice prema naprijed
- Karuseli – rotacijske police koje omogućuju operatoru da proizvod dolazi k njemu



Slika 8. *Drive Through* regal  
Izvor: [9]

Prekrcajne jedinice obuhvaćaju i slijedeća prijevozna sredstva [14]:

- Dizalica za slaganje
- Viličar s kontrautegom
- Viličar s jednostrukim i dvostrukim dohvatom
- Vozilo s okretnom glavom



### 3.3.5. Smještaj roba

Nakon prijema roba i određivanja potrebnog skladišnog prostora, robu je potrebno smjestiti u određeni skladišni prostor. Smještaj ponajprije ovisi o značajkama robe, a to dovodi do uvjeta skladištenja. 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.

Stalno mjesto korisno je za robu koja se često otprema, ali takva koncepcija može negativno utjecati na ukupni stupanj iskoristivosti prostora. Promjenjivo mjesto rezultira boljim iskorištenjem prostora, ali je u većim skladištima uglavnom automatizirano i povezano s nekom od inačica WMS-a (eng. *Warehouse Management System*) ili sustav upravljanja skladištem. Nakon odlaganja roba potrebno je zabilježiti mjesto na kojem je pojedina roba smještena. Na taj način se utječe na učinkovitost pri podizanju robe sa skladišta. Smještanje roba zahtijeva umjeren udio radne snage zbog mogućeg premještanja robe na lokacije koje mogu biti prilično udaljene od prijemne zone. U postocima, odlaganje robe čini oko 15% operativnih troškova skladišta. [16]

Postoji nekoliko sustava smještaja roba [14]:

1. Sustavi zasnovani na pamćenju - Relativno jednostavni sustavi, oslobođeni velike papirologije ili unosa podataka. U velikoj mjeri ovise o ljudima pri što im daje određene značajke i ograničenja poput ograničenog broja mjesta za skladištenje i ovisnosti rezultata o uvjetima rada, prednosti su što donosi mali broj papirologije, razumljivost i iskoristivost prostora.
2. Sustavi s fiksnom lokacijom - U takvom sustavu svaka jedinica ima svoju adresu. Postoje i podvarijante tog sustava pri kojima se jedna ili više jedinica pridružuju istoj adresi.
3. Zonski sustavi – koncipiraju se prema značajkama roba koja se skladišti. Slično sustavima s fiksnom lokacijom, samo roba s određenim značajkama može biti smještena u određenu zonu, te na određenu policu ili regal. Slično sustavima s fiksnom lokacijom, iskoristivost prostora ovdje nije optimalna, jer se ponajprije vodi računa o značajkama roba koja se skladišti.
4. Sustavi sa slučajnom lokacijom - U takvom sustavu nema unaprijed određene lokacije, ali se ipak zna gdje je što. Takvi sustavi omogućuju vrlo dobro korištenje prostora jer se roba može smještati tamo gdje ima slobodnog prostora. Sustavi sa slučajnom lokacijom roba kombiniraju značajke sustava temeljenog na pamćenju i sustava s fiksnom lokacijom. Roba se može smjestiti na bilo koje mjesto, koje se bilježi ili računalno ili kroz dokumentaciju. Osnovni koncept: dodjela prve slobodne lokacije u skladištu robi koja se pohranjuje. Što je veći broj potencijalnih lokacija, manja je količina proizvoda na pojedinoj lokaciji-lokacija se brže oslobađa i postaje dostupna za pohranu.
5. Kombinirani sustavi - Omogućuju pridruživanje lokacija onim robama koje traže posebnu brigu ili postupak rukovanja, dok se ostali proizvodi smještaju prema sustavu sa slučajnim dodjeljivanjem lokacije. Tako se nastoji iskoristiti najbolje značajke oba

sustava-sustava s fiksnom lokacijom i sustava s promjenjivom lokacijom. Na taj se način prostor koristi dvojako: za odabranu robu odvaja se prostor s fiksnom lokacijom, dok se za ostale vrste roba prostor koristi u najvećoj mogućoj mjeri promjenom sustava sa slučajnom dodjelom lokacije. Najčešća primjena kombiniranih sustava je na mjestima gdje se traži smještaj određenih roba u blizini određene zone (npr. proizvodne zone), dok za ostale vrste roba to nije nužno, pa se mogu smještati bez posebnih prioriteta.

### 3.3.6. Podizanje roba prema zahtjevu – komisioniranje

Nakon što se zaprimi zahtjev, slijedi podizanje robe sa skladišta. Prema zahtjevu korisnika, u skladištu se najprije nastoji utvrditi mogućnost isporuke tražene robe prema vrsti i količini. Zatim slijedi organizacija redoslijeda podizanja robe i izrada potrebne dokumentacije.

Podizanje robe čini oko 55% operativnih troškova skladišta i može se promatrati prema sljedećim elementima:

- Unutarnji transport u skladištu 55% vremena
- Pretraga 15% vremena
- Raspakiranje (ako je potrebno) 10% vremena
- Dokumentiranje 20% vremena

Najveći dio vremena pri podizanju robe u skladištu koristi se u unutrašnjem transportu, a to rezultira najvećim udjelom operativnih troškova u ovoj fazi skladišnih operacija. Zbog toga se pri kreiranju skladišta nastoji smanjiti vrijeme potrebno za lociranje pojedine vrste roba i skraćuje vrijeme potrebnog za realizaciju unutarnjeg transporta.

Radno najintenzivniji dio podizanja robe je prikupljanje malih količina ili jedinica robe koji su uglavnom manji od jedne kutije zbog toga što zahtijeva rukovanje i selektiranje najmanjih jedinica pakiranja. Zbog svojih specifičnosti, ovaj je način podizanja roba najmanje podložan automatizaciji zbog veličine i raznolikosti roba koje se moraju prikupiti. S druge strane, podizanje neraspakirane robe (u kutijama ili paletama) može se automatizirati zbog uglavnom standardiziranih dimenzija kutija ili paleta i njihove otpornosti na moguća oštećenja. [14]

### 3.3.7. Otprema roba prema korisniku

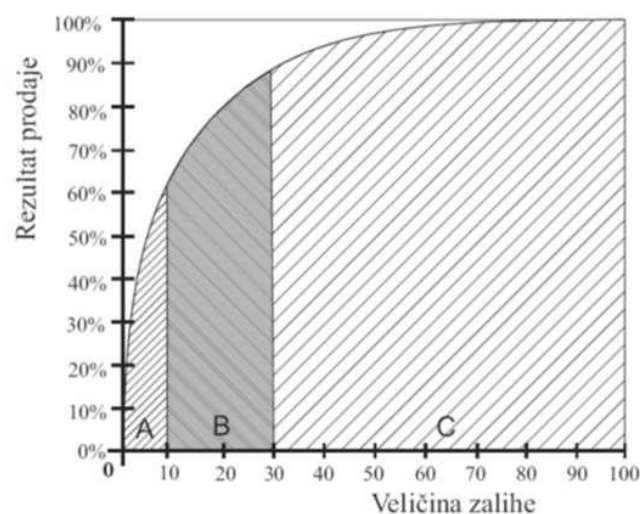
Sustavi za otpremu roba imaju danas vrlo značajnu ulogu u poslovanju skladišta. Zbog primjene sustava JIT (eng. *Just In Time*) ili ECR (eng. *Efficient Consumer response*), uloga skladišta kao dijela logističkog lanca je bitno promijenjena. Da bi takav sustav i u budućnosti ostao konkurentan nužno je izraditi strateški plan razvitka sustava otpreme.

Tim planom obuhvaćeno je sljedeće [14]:

- Definiranje i razumijevanje trenutnih zahtjeva korisnika i budućih trendova u njegovom poslovanju
- Odabir najpogodnijeg oblika prijevoza
- Odabir optimalnog načina ukrcanja vozila, koji se temelji na zahtjevima korisnika i mogućnostima prijevoza
- Projektiranje zone za prikupljanje robe, koja se temelji na načinu ukrcanja vozila i analizi roba koja se otprema
- Uvođenje i korištenje informatičkih sustava pri optimizaciji i kontroli sustava

### 3.4. Optimizacija skladišnih operacija ABC analizom

Uvođenjem rangiranja ABC analize vrši se optimizacija skladišnih operacija. S obzirom na to da svaka skladišna jedinica zahtijeva određeni prostor i rad, može se kategorizirati prema broju operacija u skladištu. Broj operacija podrazumijeva komisioniranje, a zbog toga bi bilo korisno rangirati skladišne jedinice prema broju prikupljenih jedinica u određenom vremenu. ABC analiza stoga karakterizira proizvode po kriteriju važnosti, a ne isključivo po novčanoj vrijednosti. Analizom je također moguće dizajnirati i efikasan nacrt skladišta. ABC analize može se koristiti prilikom smještanja zaliha u skladištu, u obzir se uzimaju cijena proizvoda, količina na skladištu te tržišna potražnja. Slikom 9 prikazana je ABC analiza proizvoda.



Slika 9. ABC analiza artikala, [4]

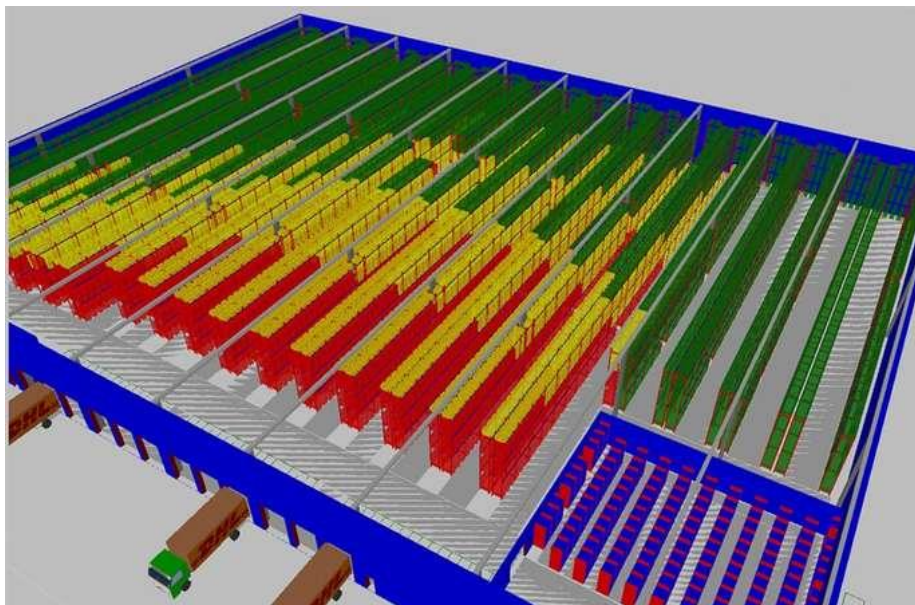
Slika prikazuje odnos artikala i skladišnih operacija. Artikli iz grupe A uključuju 10% artikala koji ostvaruju 65% obrtaja. To je mali broj skladišnih jedinica koji ostvaruju najviše operacija. Artikli iz grupe B uključuju 20% artikala koji ostvaruju 25% obrtaja, a artikli grupe C obuhvaćaju 70% artikala koji ostvaruju 10% obrtaja, odnosno to je velik broj skladišnih jedinica koji ostvaruju mali broj operacija.

A kategorija - visoka vrijednost prodaje, te se njihovoj kontroli treba pridodati znatna pažnja, kako u upravljanju informacijsko komunikacijskim sustavom tako i neposrednom kontrolom od strane logističkih operatera koji su u poduzećima odgovorni za upravljanje zalihama. U zalihe kategorije A ne uključujemo veliki broj artikala i njihov broj ovisi o djelatnosti poduzeća.

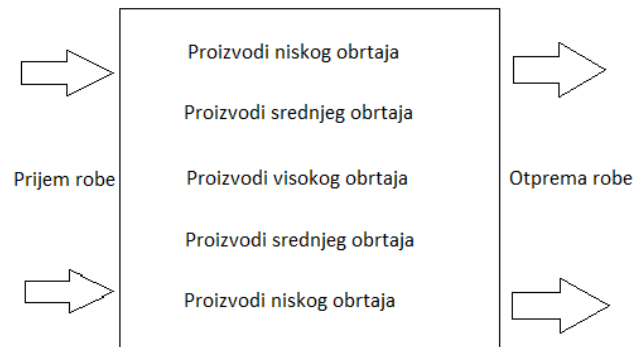
B kategorija - brojčano ih ima više, imaju nižu jediničnu vrijednost, te nižu vrijednost prodaje u određenom razdoblju, u pravilu prepuštamo informacijsko komunikacijskom sustavu uz povremenu i periodičku kontrolu logističkog operatera.

Kategorija C s najvećim udjelom u volumenu zalihe, ali najmanjim udjelom u vrijednosti prodaje. Trebaju biti kontrolirani informacijsko komunikacijskim sustavom s minimumom administracije.

Na slikama 10 i 11 prikazana su dva načina organiziranja skladišta temeljem ABC analize. Slika 10 prikazuje jedan oblik skladišta koji koristi ABC analizu, odnosno vidljivo je kako su proizvodi iz A kategorije smješteni na sam izlaz iz skladišta odnosno u blizini prekrcajnih rampi. S obzirom na to da ti proizvodi rade najveći obrtaj potrebno je da su lako dohvatljivi, a na slici su prikazani crvenom bojom. Žutom bojom prikazani su proizvodi B kategorije, a zelenom bojom prikazani su proizvodi C kategorije te je vidljivo kako su oni brojčano najveći te najrašireniji ali nisu u neposrednoj blizi rampi s obzirom na to da im je niži obrtaj.



Slika 10. Prikaz skladišta temeljem ABC analize, [17]



Slika 11. Prikaz skladišta temeljem ABC analize s rampama na različitim krajevima skladišta

## 4. Prikaz organiziranja prijevoznih usluga

Svaki prijevoz za cilj ima ispunjavanje potrebe za prijevozom, a svaki način prijevoza ispunjava svrhu podrške mobilnosti. Prijevoz je usluga koju treba iskoristiti odmah, jer se za razliku od resursa koji često nosi, sama prijevozna usluga ne može pohraniti. Mobilnost se odvija korištenjem prometne infrastrukture određenog kapaciteta, osiguravajući transportnu opskrbu. U nekoliko slučajeva se na zahtjev za prijevozom odgovara najjednostavnijim mogućim sredstvima, osobito u krajolicima koji su imali malo ili nikakvih preinaka. Međutim, u nekim je slučajevima potrebna složena i skupa infrastruktura i načini da se osigura mobilnost.

Prijevozna ponuda je kapacitet prometne infrastrukture i načina prijevoza, općenito kroz zemljopisno definirani prometni sustav i određeno vremensko razdoblje. Opskrba se izražava u vidu infrastrukture (kapacitet), usluge (frekvencija) i mreže (pokrivenost). Kapacitet se često procjenjuje statičkim i dinamičkim izrazima gdje statički kapacitet predstavlja količinu raspoloživog prostora za transport (npr. površina terminala), a dinamički kapacitet su poboljšanja koja se mogu postići boljom tehnologijom i upravljanjem. Za određivanje količine prometa obično se koristi broj putnika, količina (za tekućine ili kontejnerski promet) ili masa (za teret) koji se mogu prevesti u jedinici vremena i prostora. [18]

### 4.1. Aktivnosti pružanja prijevozne usluge

Pružanje prijevozne usluge sastoji se od nekoliko aktivnosti koje su međusobno povezane, a njihovim optimiranjem i unaprjeđenjem mogu se postići značajne uštede i povećanje profita tvrtke.

Optimiranjem prijevozne usluge poduzeće povećava kvalitetu svojih usluga uz zadržavanje iste cijene usluge ili se postiže veći prihod poduzeća uz zadržavanje iste razine usluge. Cilj je da se postigne zadovoljstvo između pružatelja i korisnika prijevozne usluge, a to se dobije tako da poduzeće ostvaruje dobit s time da korisnik bude zadovoljan cijenom usluge. Svaka od sljedećih aktivnosti treba se provesti kako bi se ostvarila prijevozna usluga koja će biti konkurentna na tržištu, ali isto tako kako bi bila pouzdana za korisnika.

Aktivnosti pružanja prijevozne usluge dijele se na [9]:

- Angažiranje prijevoznih sredstava. To uključuje prodaju prijevozne usluge, prikupljanje zahtjeva za prijevozom, ugovaranje prijevoza, odnosno ugovori s komitentima i burza tereta. Predstavljaju angažiranje prijevoznih kapaciteta i pronalaženje korisnika prijevozne usluge.
- Priprema i odabir prijevoznih sredstava. Ovoj aktivnosti pripadaju standardizirane aktivnosti pripreme, tehnički pregledi prijevoznih sredstava i dodjeljivanje radnog naloga slobodnom vozaču i prijevoznom sredstvu. Aktivnosti pripreme prijevoznih sredstava podrazumijevaju preventivne preglede, odlazak na redoviti servis a u nekim slučajevima i aktivnosti održavanja čišćenjem i pranjem te dezinfekciju ukrajnog prostora.

- Upravljanje radnim vremenom mobilnih radnika. Time se podrazumijeva praćenje radnog vremena pomoću informacijskog sustava, obračun dnevnica i provjera radnog vremena vozača.
- Usmjeravanje i praćenje prijevoznih sredstava. Uključuje određivanje itinerara kretanja prijevoznog sredstva, praćenje kretanja prijevoznog sredstva u stvarnom vremenu, te informacijsko - komunikacijska podrška za upravljanje voznim parkom. Aktivnosti usmjeravanja provode se s ciljem upravljanja kretanjem vozila od mjesta ukrcaja do mjesta iskrcaja uz što je moguće manje troškove i što kraće vrijeme vožnje. Tijekom usmjeravanja vozila potrebna je informacija o trenutnoj njihovoj lokaciji, a s obzirom na to da mogućnost usmjeravanja vozila ovisi o dostupnosti informacije o lokaciji vozila, što je ta informacija točnija to će i usmjeravanje biti učinkovitije. Praćenje vozila se u odnosu na usmjeravanje odnosi na praćenje svih važnih parametara vozila u eksploataciji. Time je obuhvaćeno kretanje vozila po prometnicama, prikupljanje parametara koji se odnose na rad vučnog vozila odnosno tegljača, ali i prikupljanje parametara iz poluprikolice.
- Održavanje prijevoznih sredstava. Podrazumijeva preventivno i redovito održavanje, visoku razinu ispravnosti voznog parka, a cilj je pouzdanost i točnost u procesu prijevoza. Aktivnosti održavanja vozila uključuju servisiranje i održavanje prijevoznih i vučnih sredstava kojima se obavlja prijevozna usluga. Pravilnim održavanjem moguće je osigurati optimalnu iskoristivost prijevoznih i vučnih sredstava, tako da se pravodobnim održavanjem smanje odlasci u servisne radionice uvjetovani neispravnosću ili dotrajalošću pojedinih dijelova.
- Kontrola pružanja prijevozne usluge. Time se stječe financijska kontrola, eksploatacijska kontrola i kontrola zadovoljstva komitenata.

#### 4.2. Određivanje cijene prijevozne usluge

Kako bi odredili cijenu prijevozne usluge prvenstveno je potrebno pojasniti vrste troškova, definirati prihod i prikazati formiranje cijene usluge. Sama osnova za određivanje prodajne cijene, odnosno prijevozne usluge, uključuje sumiranje nekoliko vrsta troškova. Potrebno je poznavati strukturu i hodogram izrade cijene kako bi bilo moguće odlučivati prilikom pregovora s novim i postojećim kupcima. Poznavanje strukture troškova nužno je za izradu cijene prijevozne usluge i omogućuje efikasnu kontrolu, a promjene u troškovima direktno utječu na profitabilnost u poslovanju poduzeća.

Vrste troškova [9]:

1. Fiksni troškovi. Troškovi koji postoje neovisno o kretanju vozila. Izražavaju se na temelju vremena (sat, dan). Uključuju osiguranje vozila i robe, registracija vozila, troškove održavanja vozila, fiksne dijelove plaće vozačkog osoblja, plaće administracijskog osoblja, najam prostora, trošak energije i amortizaciju prijevoznog sredstva

2. Varijabilni troškovi. Troškovi koji nastaju u trenutku kretanja vozila, a izražavaju se na temelju udaljenosti (km). Uključuju troškove goriva, guma, maziva i varijabilnih dijelova plaće vozačkog osoblja.
3. Direktni troškovi. Po obilježjima su varijabilni troškovi, ali izravno ovise o itineraru po kojem se vozilo kreće. Uključuju cestarine, tunelarine, troškove trajekata, carinske pristojbe i troškove inspekcija.

Cijena prijevoza može se računati na dva načina. Prvi način je kao izračun cijene za cijelu rutu (A-B-C-A) koji se temelji na realnim pokazateljima za svaku pojedinu relaciju unutar cijele rute. Opterećuje sve kupce prema realnim troškovima i omogućuje kompenzaciju profitabilnosti između pojedinih relacija. Nedostatak ovog načina izračuna je što izračun nije uvijek moguć jer se ne zna odmah kako će se zatvoriti ruta. Drugi način izračuna je za relaciju (A-B) koji se temelji na planskim eksploatacijskim pokazateljima. To je brži i jednostavniji način jer su to u principu *ad hoc* upiti. Relacija je profitabilna u slučaju ostvarenja tvrtkinih planskih pokazatelja isplativosti.

#### 4.2.1. Primjer izračuna cijene prijevozne usluge – Fiksni troškovi

Potrebno je odmah napomenuti kako cijene mogu varirati zbog inflacije, promjene cjenika i razlika u proračunu.

Za primjer se uzela realna situacija prijevoza 32 palete iz tvrtke na zagrebačkom Jankomiru do Dugopolja (Split) koristeći tegljač s poluprikolicom. Troškovi se iskazuju u kunama po kilometru, a u izračunu se koristila prosječna udaljenost od Jankomira do Dugopolja – 390km. Također se uzela referenca da jedno vozilo prosječno prijeđe 80000km godišnje. Vozila koja se koriste u primjeru su: MAN 26.480 TGS H-2, 2018. koji je Euro V norme i poluprikolica Kass Bohrer, 2016.

U izračunu se koristi izračun po danu, odnosno dijeli se izračun s 250 ranih dana u godini.

Fiksni troškovi poput troškova registracije i raznih naknada računaju se prema stavkama iz tablice 1, a tablicom 2 prikazani su troškovi osiguranja.

Tablica 1. Izračun fiksnih troškova

<b>Troškovi registracije:</b>	<b>Tegljač</b>	<b>Poluprikolica</b>
Ovjerenje tahografa	535.00 kn	-
Tehnički pregled	190.00 kn	115.00 kn
PTP kočnica	765.00 kn	370.00 kn



Eko test	80.00 kn	-
Naknada za ceste (osnovna naknada od 215.00 kn*korektivni koeficijent)	7,500.00 kn	5,150.00 kn
Naknada za okoliš	780.00 kn	-
Aneks 8	900.00 kn	550.00 kn
Dodatni troškovi registracije (naplate, dokumenti):	106.00 kn	100.00 kn
Ukupni troškovi:	10,856.00 kn	6,285.00 kn
Ukupni troškovi po danu:	43.43 kn/dan	25.14 kn/dan

Izvor: [22]

Tablica 2. Izračun troškova osiguranja

<b>Troškovi osiguranja:</b>	<b>Tegljač</b>	<b>Poluprikolica</b>
Osnovno osiguranje	12,000.00 kn	100.00 kn
Kasko osiguranje	9,000.00 kn	2,000.00 kn
Prijevoznačka odgovornost		2,900.00 kn
CMR osiguranje (robe)		5,000.00 kn
Ukupni trošak	21,000.00 kn	10,000.00 kn
Trošak po danu	84 kn/dan	40 kn/dan

Troškovi amortizacije su troškovi osnovnih sredstava. Procijenjen je temeljem očekivanja da će imovina tijekom vremena smanjivati svoju uporabnu vrijednost korištenjem, uništavanjem ili zastarijevanjem. Amortizacija se najčešće isplaćuje kroz 4 godine, a izračun je prikazan tablicom 3.

Tablica 3. Izračun troškova amortizacije

	Tegljač	Poluprikolica
Cijena novog vozila	900,000.00 kn	200,000.00 kn
Amortizacija:		
1. godina (25%)	225,000.00 kn	50,000.00 kn
2. godina (25%)	225,000.00 kn	50,000.00 kn
3. godina (25%)	225,000.00 kn	50,000.00 kn
4. godina (25%)	225,000.00 kn	50,000.00 kn
Trošak amortizacije po danu	900 kn/dan	200 kn/dan

U fiksne troškove također spadaju i plaće zaposlenika koje su prikazane u tablici 4. Ukupan broj zaposlenika u toj tvrtki iznosi 60 zaposlenika, a imaju 40 vozila u svom voznom parku.

Tablica 4. Izračun troškova zaposlenika

Broj zaposlenika	60
Iznos jedne prosječne mjesečne bruto plaće	11,500.00 kn
Ukupan iznos plaća (mjesečno)	690,000.00 kn
Ukupan iznos plaća (godišnje)	8.280,000.00 kn
Broj prijeđenih kilometara godišnje sa svim vozilima (40 vozila*80,000)	3.200,000.00 km
Trošak plaća po vozilu po danu	828 kn/dan

Ne smiju se zaboraviti i licence koje su potrebne vozaču za obavljanje djelatnosti prijevoza putnika i tereta u unutarnjem i međunarodnom cestovnom prijevozu. Te licence određene su Zakonom o prijevozu u cestovnom prometu, a izdaju se na 10 godina. Trošak licenci je prikazan u tablici 5.

Tablica 5. Izračun troškova licenci

Izdavanje licence za obavljanje unutarnjeg cestovnog prijevoza	700.00 kn
Izdavanje kopija i izvoda	70.00 kn
Dozvole	3,000.00 kn
Ukupni trošak	2,870.00 kn
Trošak licenci po danu	26.56 kn/dan

#### 4.2.2. Primjer izračuna cijene prijevozne usluge – Varijabilni troškovi

Najznačajniji troškovi ove vrste su troškovi goriva i maziva i troškovi održavanja vozila. Kao referenca uzelo se da jedan tegljač troši oko 30l na 100km. Prikaz potrošnje goriva u jednom smjeru zabilježen je u tablici 6.

Tablica 6. Izračun potrošnje goriva

Potrošnja goriva u jednom smjeru	120L
Iznos diesela po litri	12.80 kn
Trošak goriva za prijevoz	1,536 kn

Troškovi dnevnice je 200 kn za 12h, a poludnevnice je 100 kn za 6h. U koliko vozač prevozi robu unutar 30km od svog mjesta stanovanja, to vrijeme putovanja i kilometri mu ne ulaze u iznos dnevnice.

U proračun se uvrštava da kamion godišnje pređe oko 80,000 km, a nakon 150,000 kilometara potrebna je zamjena guma. Iznos jedne gume iznosi oko 3,500kn, uzimajući u obzir kako tegljač i poluprikolica skupa imaju 12 guma, a mijenjaju se sezonski, ljetne i zimske gume skupa mogu trajati 4 godine. Troškovi pneumatika prikazani su tablicom 7.

Tablica 7. Izračun troškova pneumatika

Iznos jedne gume	3,500.00 kn
Broj guma na vozilu (tegljač+poluprikolica)	12*2 (ljetne i zimske)
Trošak guma	84,000.00 kn

Životni vijek gume	150,000 km ili 2 godine
Trošak guma godišnje	21,000.00 kn
Trošak guma po kilometru	0.26 kn/km
Cijena montaže guma (tegljač)	75.00 kn/guma
Cijena montaže guma (poluprikolica)	80.00 kn/guma
Balans pneumatika	80.00 kn/kotač
Montaža i balans se obavljaju dva puta godišnje	$(75*6+80*6+80*12)*2=3,780.00$ kn
Ukupan trošak po kilometru	$0.26+0.05=0.31$ kn/km
Ukupan trošak servisa	0.25 kn/km

Troškovi održavanja mogu se prikazati tako da vozilo mora ići na servis nakon svakih prijeđenih 80,000 km, odnosno svake godine, a prosječni godišnji trošak iznosi 20,000kn. U tu cijenu ulazi naknada za redovno održavanje vozila i „veći” servisi koji se mogu iznenada obavljati. To uključuje promjenu ili čišćenje filtera i dodavanje ulja i potrebnih tekućina. Prema tome može se izračunati trošak servisa po kilometru:  $20,000/80,000=0,25$  kn/km.

#### 4.2.3. Primjer izračuna cijene prijevozne usluge – Direktni troškovi

Direktni troškovi su ovisni o kretanju vozila i to u ovisnosti o prijevoznom putu i vrsti robe koja se prevozi, pa su više naglašeni u međunarodnom nego u domaćem prijevozu. Direktno troškove prijevoznih sredstava čine troškovi: cestarina, vožnje tunelima, mostovima, trajektima, uprtim vlakovima i sl., parkiranja vozila i upravnih pristojbi.

Za primjer troškova cestarine, Hrvatske autoceste nude popuste do 13% za vozila iznad mase 3,500kg koja zadovoljavaju EURO IV, EURO V ili EURO VI normu, a razni popusti se mogu ostvariti korištenjem ENC uređaja. Izračun troškova cestarine za relaciju Zagreb-Split prikazani su u tablici 8.

Tablica 8. Izračun troškova cestarine Zagreb – Split

	Iznos cestarine s PDV-om	Bez PDV-a	EURO IV	EURO V	EURO VI
Popust:			5%	10%	13%
N.P.Lučko – N.P.Dugopolje	631.00 kn	504.80 kn	479.56 kn	454.32 kn	439.18 kn

Finalni zbroj troškova prikazan je tablicom 9 gdje se može vidjeti da je trošak za prijevoz zapravo trošak po kilometru pomnožen s 390km odnosno udaljenosti od Zagreba do Dugopolja izuzev troškova koji nisu prikazani po kilometru poput goriva, dnevnice i cestarine.

Tablica 9. Ukupan trošak prijevoza

<b>Trošak</b>	<b>Trošak za prijevoz [kn]</b>
Registracija	68.56
Osiguranje	124
Amortizacija	1100
Plaće	828
Licence	26.56
Gorivo	1,536.00
Dnevnicu vozača	200.00
Gume	120.90
Popravci	97.50
Cestarina	567,9
Ukupan trošak	4,669.42
Cijena naplate	5,200.00

#### 4.2.4. Primjer izračuna cijene prijevozne usluge – Profit

Poslovanje za prijevoz naplaćuje 5,00kn, a na prijevoz potroši 4,669.42 kn. Profit je obavezna stavka u određivanju cijene prijevoza kako bi se podmirili i nenadani troškovi i problemi, ali i kako bi poslovanje u konačnici imalo pozitivan obrtaj. Obično profit se računa kao 5-15% ukupnog transportnog troška.

#### 4.2.5. Izračun troškova prijevoza po odredištima

Ovaj izračun koristi se za sljedeće poglavlje u kojem se izrađuje program koji sam računa ukupan trošak prijevoza do određenog odredišta. Fiksni i varijabilni troškovi preuzimaju se iz prijašnjeg izračuna, a direktni troškovi prikazani su sljedećim tablicama.

Kako bi se izračunala cijena direktnog troška, odnosno cijena cestarine za svaku relaciju, potrebno je zbrojiti nekoliko podataka. Za izračun se koristi podatak da se skladište nalazi u Zagrebu na Jankomiru te s tom se činjenicom dalje računa iznos cestarine. Za relacije unutar Hrvatske, uzimaju se cijene cestarine sa stranice Hrvatskih Autocesti ili Hrvatskog Autokluba za IV. razred vozila. Treba se napomenuti da s obzirom na to da se za primjer uzima vozilo Euro V norme, na cijenu cestarine dobije se 10% popusta. Taj popust je već uključen u izračun u tablici 11.

U slučaju da relacija prelazi granice države, moraju se zbrojiti troškovi vinjeta i cestarina. Cestarina u Sloveniji za vozila preko 3,5t iznosi 0,428356 €/km bez poreza, odnosno 4,1188 kn/km s porezom. [19]

Cestarina u Austriji ovisi o razredu vozila, odnosno u kojoj se Euro normi vozilo nalazi. U ovom primjeru koristi se vozilo Euro V norme stoga iznosi 0,43966 €/km bez poreza, odnosno 2,63796 kn/km a porezom. [20]

Cestarina u Mađarskoj ovisi o tome vozi li se po autocesti ili po državnim cestama. U ovom primjeru postoji samo relacija Zagreb – Budimpešta te to uključuje vožnju po autocesti. Iznos za korištenje autoceste iznosi 115,34 HUF/km, odnosno 2,18 kn/km. [21]

Sve cijene preračunate su iz eura preko tečaja 1€=7,5kn.

S obzirom na to da se prijašnji izračun bazirao na unutrašnji transport, potrebno je dodati troškove za međunarodni promet. Dodatni troškovi prikazani su u tablici 10 te su u sljedećim tablicama direktno upisani u proračun.

Tablica 10. Dodatni troškovi

Dnevnik uz CEMT	800.00 kn
Austrijski CEMT	26,000.00 kn
CEMT	3,250.00 kn
Izdavanje licence za obavljanje međunarodnog cestovnog prijevoza	2,100.00 kn
Dnevnic vozača u međunarodnom prometu - Slovenija	375.00 kn
Dnevnic vozača u međunarodnom prometu – Austrija	525.00 kn
Dnevnic vozača u međunarodnom prometu - Mađarska	375.00 kn

Izvor: [22] [23]

Dodatni troškovi po državi, osim dnevnice vozača, iz tablice 10 prikazani su u tablici 11 u omjeru kuna po kilometru.

Tablica 11. Dodatni troškovi prema državama

Austrija	0,36 kn/km
Slovenija	0,07 kn/km
Mađarska	0,07 kn/km

Prikaz troškova cestarina po odredištu prikazano je tablicom 12.

Tablica 12. Izračun troškova cestarina po odredištu

Grad	Kilometraža [km]	Cestarina [kn]	Cijena cestarine po prijevozu [kn]
Zagreb	50	/	/
Varaždin	85	82,8	82,8
Čakovec	103	105,3	105,3
Slavonski Brod	191	244,8	244,8
Osijek	283	365,4	365,4
Zadar	285	388,8	388,8
Split	408	567,9	567,9
Rijeka	161	267,3	267,3
Pula	267	631,8	631,8
Celje	152	$193,5 + 81,5 * 4,1188$	529,12
Maribor	118	$193,5 + 46,9 * 4,1188$	386,67
Klagenfurt	225	$22,5 + 170 * 4,1188 + 31,8 * 2,63796$	806,58
Salzburg	425	$22,5 + 170 * 4,1188 + 243 * 2,63796$	1363,72
Graz	183	$193,5 + 69,3 * 4,1188 + 49,7 * 2,63796$	580,04

Beč	372	193,5 + 69,3*4,1188 + 238*2,63796	1076,77
Budimpešta	345	129,6 + 233*2,18	637,54

Zbog izračuna stavljeno je da će vozilo potrošiti oko 50km za vožnju po Zagrebu i Zagrebačkoj županiji.

Ukupan fiksni trošak iznosi 2.147,124 kn po danu, dok varijabilni trošak iznosi 0,56 kn po kilometru. U stupcu „suma svih troškova“ iz tablice 13 izračunati su svi fiksni, varijabilni i direktni troškovi ovisno o odredištu i državi. U ukupnu cijenu prijevoza zbraja se i iznos profita koji iznosi oko 10% ukupnog troška. Ukupan trošak prijevoza po odredištu prikazano je tablicom 13.

Tablica 13. Ukupan trošak prijevoza po odredištu

Grad	Trošak goriva [kn]	Suma svih troškova [kn]	Ukupna cijena prijevoza [kn]	Cijena prijevoza po paleti (/32) [kn/pal]
Zagreb	192	2567.12	2900	90.63
Varaždin	328,17	2803.92	3200	100
Čakovec	395,52	2905.62	3300	103.13
Slavonski Brod	733,44	3432.32	3900	121.88
Osijek	1086,72	3957.72	4400	137.5
Zadar	1094,4	3989.92	4500	140.63
Split	1566,72	4710.22	5300	165.63
Rijeka	618,24	3322.82	3700	115.63
Pula	1025,28	4153.72	4700	146.88
Celje	583,68	3730.68	4200	131.25
Maribor	453,12	3436.25	3900	121.88
Klagenfurt	864	4549.7	5100	157.28
Salzburg	1632	6058.84	6800	212.5



Graz	702,72	4123.24	4600	143.75
Beč	1428,48	5519.61	6200	193.75
Budimpešta	1324,8	4701.81	5300	165.63

#### 4.3. Optimizacija ruta

Kako bi prijevozna usluga bila optimalna, potrebno je optimizirati rutu kojom će se doći do odredišta, posebice u koliko se radi o zbirnom prometu. Najpoznatiji problem rutiranja je problem trgovačkog putnika, odnosno eng. *Travelling Salesman Problem*, koji su W.R. Hamilton i T. Kirkman početkom 19. stoljeća definirali kao rekreativnu zagonetku baziranu na pronalaženju Hamiltonovog ciklusa. Graf predstavlja mrežu gradova, bridovi su mogući putni pravci između gradova, a težine bridova su udaljenosti gradova. Ovaj se problem može predstaviti kao putovanje trgovačkog putnika s ciljem da obiđe sve gradove samo jednom, ali da prođe ukupno najkraći put i vrati se upravo u onaj grad odakle je putovanje započeo. Problem trgovačkog putnika je NP teški problem u matematičkoj teoriji. Svojstvo takvih problema je da pronalazak egzaktnog rješenja problema iznimno dugo traje jer algoritmi rješavanja imaju veliku računalnu složenost. Složenost problema se vidi kada se prebroje sva moguća rješenja problema trgovačkog putnika i uspoređi se rast broja rješenja s rastom broja bridova na kojem se rješava problem trgovačkog putnika.

Uz problem trgovačkog putnika, postoje i drugi algoritmi optimiziranja ruta [24]:

1. Clark-Wright-ov algoritam uštede. Problem usmjeravanja vozila (eng. *Vehicle Routing Problem – VRP*) vrlo je važan kod sustava koji posjeduju određeni oblik distribucijske mreže. Ima važnu ulogu pri smanjenju troškova, smanjenju tranzitnog vremena, što isto tako dovodi do povećanja razine usluge klijentu. Problem predstavlja posjet velikom broju lokacija koristeći vozni park, ali pri tom mora poštivati određena ograničenja u vidu vozila, kupaca, vozača, itd. Cilj prilikom rješavanja ovakvih oblika problema je optimalno koristiti vozni park uz minimalne troškove. Problem usmjeravanja vozila može se također opisati kao skup kupaca, od kojih svaki ima vlastitu i poznatu lokaciju te poznatim zahtjevom za robom koja se distribuira iz jedne lokacije prema sljedećim uvjetima da utovarni kapaciteti ne smiju biti prekoračeni, tj. kapaciteti vozila ne smiju biti manji od količine robe, da svakog kupca može opslužiti samo jedno vozilo i da se zahtjevi kupaca moraju zadovoljiti u količinama.
2. Clark-Wright-ov algoritam ušteda - metoda s indikatorom T. Clark-Wright-ov algoritam u samome početku generira rutu tako da se svaka vožnja odvija između početnog čvora i svih ostalih posebno, te ih postupno, korak po korak, spaja na temelju kriterija ušteda. Kreiraju se polumatrice udaljenosti, a nakon toga potrebno je dodati vrijednost T u tablicu čija vrijednost daje informaciju u koliko su dvije lokacije izravno povezane. T=0 označava da je vozilo u toj lokaciji. T=1 označava da vozilo ide na lokaciju n, te da se radi o jednosmjernom putovanju, odnosno ne vraća se u početni čvor. T=2 opisuje

kružnu dostavu, odnosno da vozilo iz početnog čvora ide do određene lokacije te se vraća natrag.

3. Metoda grananja i ograničavanja. Eng. *Branch and bound* metoda je paradigma dizajna algoritma koja se općenito koristi za rješavanje kombinatornih problema optimizacije. To su problemi koji su najčešće rješivi u eksponencijalnom vremenu i zahtijevaju istraživanje svih mogućih permutacija u najgorem slučaju. Te probleme *branch and bound* metoda rješava relativno brzo. Kako bi se problem trgovačkog putnika riješio korištenjem matematičke metode *branch and bound*, prvo ga je potrebno prilagoditi jeziku teorije grafova.
4. Metoda najbližeg susjeda. Heuristika najbližeg susjeda (engl. *Nearest Neighbour Heuristic* - NNH) je jedan od prvih algoritama za rješavanje problema trgovačkog putnika, a dosta se često koristi kao inicijalno rješenje za testiranje popravljajućih heuristika, dosta je brza, ali su rješenja uvijek daleko od optimalnih. Metoda se zasniva na principu posjeta najbližem susjedu od početne lokacije, zatim se posjećuje svaka iduća najbliža lokacija sve dok se ne posjete sve moguće točke. Na kraju se potrebno vratiti u polazište, odnosno čvor 0.

#### 4.4. „Best fit decreasing“ algoritam

U izrađenoj aplikaciji, koja je prikazana u idućem poglavlju, koristi se „*bin-packing*“ „*Best fit decreasing*“ algoritam. Problem pakiranja u posude, odnosno „*bin-packing*“ algoritam opisuje smještanje objekata različitih dimenzija u posude na takav način da broj upotrijebljenih posuda bude minimalan. „*Best fit decreasing*“ algoritam opisuje slaganje objekta najdalje lijevo u prostoru na kojoj je neiskorišteni prostor minimalan, a ako objekt više ne stane, radi se novi prostor. Odnosno, sortira brojeve u silaznom redoslijedu i zatim dodjeljuje svaki broj naizmjenično u „posudu“ ili prostor u kojem najbolje stane. U idealnom slučaju ovaj algoritam bi koristio što je manje moguće spremnika ili posuda, ali minimiziranje istih označava NP-težak problem pa se koristi približno optimalna heuristika. Pseudokod ovog algoritma prikazan je na slici 12. [24]

---

#### Algorithm 3 Best fit

---

```
1: for sve objekte  $i = 1, \dots, n$  do
2:   for sve posude  $j = 1, \dots, m$  do
3:     if objekt  $i$  stane u posudu  $j$  then
4:       izracunaj preostali kapacitet nakon dodavanja objekta  $i$ 
5:     end if
6:   end for
7:   dodaj objekt  $i$  u posudu  $j$ , gdje je  $j$  posuda s najmanjim preostalim kapacitetom nakon
   dodavanja objekta
8:   if objekt  $i$  ne stane ni u jednu posudu then
9:     inicijaliziraj novu posudu, dodaj joj  $i$ 
10:  end if
11: end for
```

---

Slika 12. Pseudokod *best fit* algoritma, [24]

Stoga, u ovom programu ovaj algoritam radi tako da broji sve naloge koji su na istoj liniji te se bazira na broj paleta svakog naloga. Konstantno te naloge sortira od većeg prema manjem broju paleta kako bi broj vozila bio optimalan i kako bi se u vozilo ukrao najveći

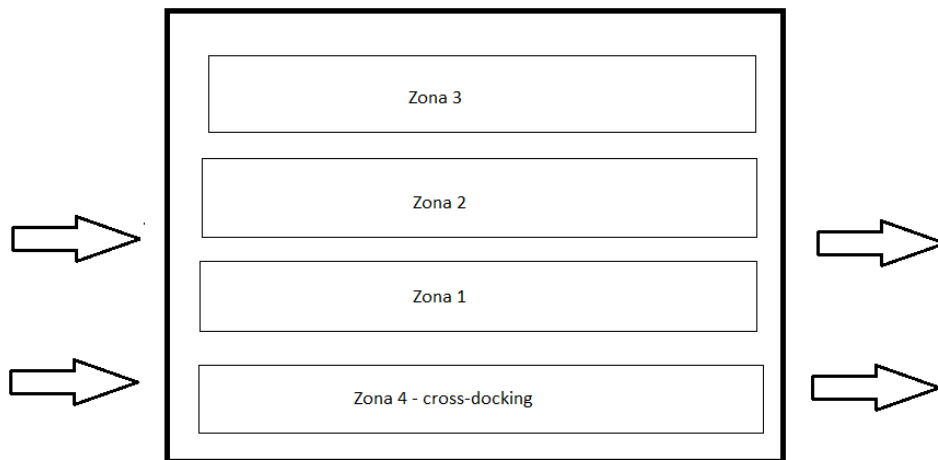
mogući broj paleta. U koliko je sve naloge smjestio u jedno vozilo, no jedan nalog više ne može stati u to isto vozilo, algoritam kreira novo vozilo u koje će stati novi nalog. Unaprijed je zadano da je prvo pune kamioni zbog manjeg kapaciteta, a tek u koliko postoji još naloga na toj istoj liniji, uzima se vozilo većeg kapaciteta, odnosno tegljač s poluprikolicom.

## 5. Prijedlog optimizacije prijevozne usluge - studija slučaja

Kako bi se olakšalo stvaranja programa, unaprijed su odrađene neke optimizacije prekrcajnih procesa poput:

1. Određivanje rute prijevoza po gradovima. Stvorena je baza gradova koji će se spojiti u jednu „liniju“ pod određenim nazivom koja označava rutu gradova do odredišta. Naziv linije može biti zadnji grad u toj ruti ili područje jedne države (npr. Dalmacija ili Slavonija). Linija je određena gradovima koji prate geografsku putanju, a dodatni gradovi mogu se unijeti u istu liniju ako im je povezanost logična i ako mogu pratiti jedan od algoritama rutiranja.
2. Određivanje cijene prijevoza. Cijena je unaprijed izračunata te se u bazu podataka upisuje kao iznos palete po kilometru, a onda se kroz sustav taj iznos množi ovisno o odredištu i broju paleta koji kupac želi prevesti. Također se upisuje i cijena za skladištenje potrebnih paleta ako to kupac traži. Budući da se prilikom upisivanja naloga mora upisati datum dolaska robe i datum dostave, program sam računa koliki je trošak skladištenja. Za svako odredište je određeno koliko ranije se treba krenuti iz fiktivnog skladišta u Zagrebu te se zbog toga stvara varijabla „Datum polaska iz skladišta“. Pomoću nje se također računa cijena skladištenja do tog datuma. Zbog lakšeg računanja cijene u programu, upisano je kako je cijena po paleti jednaka po vrsti vozila.
3. Određivanje prijevoznih sredstava. Zbog jednostavnosti programa, jedina dva moguća prijevozna sredstva su kamion i tegljač s prikolicom. U programu je isprogramiran „*best fit decreasing*“ algoritam koji unaprijed određuje koje prijevozno sredstvo će se koristiti nakon što se upišu svi nalozi za transport. Pomoću tog algoritma prikazat će se koliko prijevoznih sredstava je potrebno za određenu liniju određeni dan. Uz pretpostavku da se većina naloga prevozi zbirnim prijevozom, algoritam funkcionira tako da popunjava prijevozno sredstvo na najbolji mogući način i ako ima potrebe za time, koristi se i dodatno prijevozno sredstvo za robu koja nije stala u prvo prijevozno sredstvo. Time se izbjegavaju dodatni troškovi i dodatna stajanja na odredištima.
4. Određivanje dimenzije pošiljaka. Zbog lakšeg upisivanja, ne upisuju se kolete već isključivo palete obzirom da nekoliko koleta može stati na jednu paletu, a sve ovisi u konačnici o dimenziji kolete. U primjeru se koriste Euro palete dimenzija 120x80cm.
5. Određivanje skladišta. Kao ranije spomenuto, kreirano je fiktivno skladište koje je prikazano na slici 13, a sadrži rampe za iskrcaj robe, rampe za ukrcaj robe, te je skladište podijeljeno u 4 zone. 4 zone uključuju 1. zonu koja je za skladištenje roba koje ostaju u skladištu maksimalno 3 dana, ona je u blizini rampi zbog lakšeg dohvaćanja. U zonu 2 smješta se roba koja ostaje u skladištu 4 do 7 dana. U zoni 3 pripadaju palete koje ostaju preko 7 dana u skladištu. Zona 4 označava cross-docking skladište, odnosno zonu u kojoj se roba odmah prepakirava (u koliko je potrebno) i šalje na drugo vozilo na isporuku. To je roba koja se ne skladišti i zona je postavljena najbliže pretovarnim rampama.
6. Određivanje vremena prekrcaja robe nije moguće optimizirati zbog raznih varijabli. Kako bi skladište i usluga bila optimalna, potrebno je u skladištu i u logističkom

poduzeću imati dovoljan broj zaposlenika i prijevoznih sredstava kako bi se svi nalozi ispoštovali i odradili u optimalnom vremenu.



Slika 13. Izgled fiktivnog skladišta

Aplikacija i sama optimizira neke prekrcajne procese prijevozne usluge, tako su kreirane rampe za prijem, odnosno otpremu roba. U aplikaciji uvrštene su 3 rampe za prijem te se dodjeljuju prema vremenu kreiranja naloga i broju paleta koje se preuzimaju. Tako se primjerice prvi najavljeni nalog od 10 paleta preuzima na rampi 1, drugi nalog od 8 paleta se preuzima na rampi 2, treći nalog od 2 palete se preuzima na rampi 3. Sljedeći nalog preuzet će se na rampi koja je prva slobodna odnosno, ona koja na kojoj je preuzet najmanji ukupni broj paleta. U ovom slučaju to je rampa broj 3.

Za otpremu roba su kreirane 4 rampe, dvije za distribuciju unutar države i dvije za distribuciju izvan države. Nalozima pri otpremi dodjeljuju se termini ili „*time slot*“-evi kako bi se optimalno otpremila roba prema kupcu, smanjilo čekanje vozača za utovar svojih vozila te smanjio broj hitnih manipulacija i odrađivanja posla u prekratkom vremenskom roku, što sve uzrokuje greške pri otpremi i međuzaposleničke loše odnose. Definiranjem termina za otpremu zaposlenici mogu na vrijeme pripremiti robu koja se mora ukrcati na vozilo. Time se smanjuje i mogućnost kašnjenja na odredište.

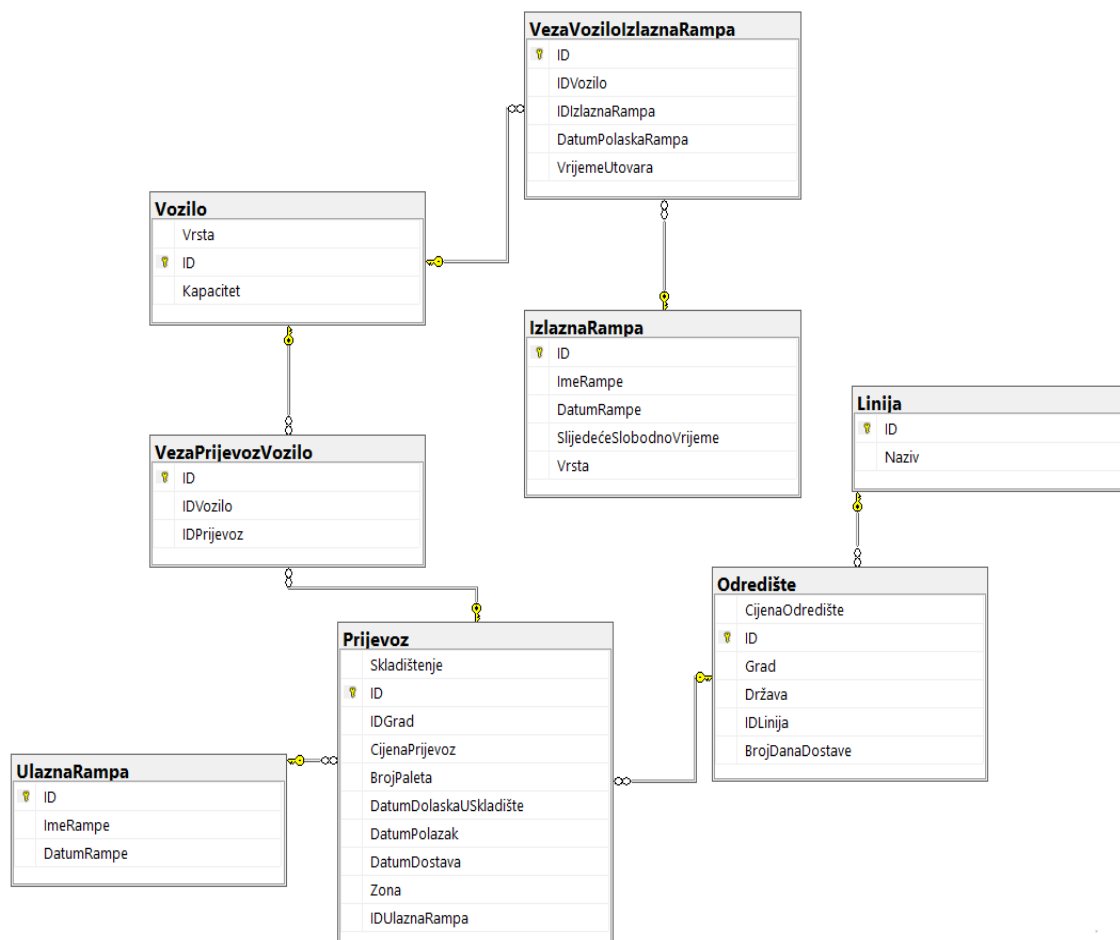
Prema empirijskim podacima, u aplikaciju zapisano je da se jedna paleta može utovariti u vozilo za 2 minute i 30 sekundi. Obzirom da je bitan odnos vozila i rampi, a jedno vozilo može prevoziti nekoliko različitih naloga u isto vrijeme, odnosno odraditi zbirni prijevoz, na ukupan broj paleta pomnožen s 2 minute i 30 sekundi, dodano je još 10 minuta za preuzimanje papira od zaposlenika sa strane vozača, dodatna manipulacija te slobodno vrijeme za slučajno kašnjenje vozača za nekoliko minuta. Tako primjerice termin za otpremu jednog šlepera iznosi točno jedan sat i 30 minuta. Pojašnjenje po primjerima prikazano je na slikama u sljedećem potpoglavlju. Prva otprema organizira se za 6 sati ujutro.

Osim određivanjem rampi, prekrajni proces otpreme optimiziran je korištenjem „bin packing“-a, odnosno dodjeljivanjem prijevoznih naloga određenim vozilima kako bi vozilo preuzelo najoptimalniju količinu paleta za prijevoz. Detaljno objašnjenje prikazano je također u idućem potpoglavlju.

### 5.1. Baza podataka

Za potrebe ovog diplomskog rada izrađen je program koji vrši optimizaciju prijevozne usluge. Stvorena je baza podataka te je dijagram prikazan na slici 14. Baza podataka sa slike 14 kreirana je u *Microsoft SQL Server Management Studio*-u te sadrži 8 tablica i nekoliko skrivenih pomoćnih tablica koje se kreiraju i brišu prilikom svakog pokretanja programa. Svaka tablica ima svoj ID pomoću kojeg su sve tablice međusobno spojene.

Iz slike vidljivo je kako je kreirana tablica s podacima o vozilima, odnosno o tipu – kamion ili šleper i kapacitetu prijevoznog sredstva. 11 paleta za kamion, te 32 palete za šleper, odnosno tegljač s poluprikolicom. Također je kreirana i tablica linija koja je povezana direktno s gradovima iz tablice odredište. Odredištima dodijeljene su i cijene prijevoza. Svi podaci su potrebni kako bi se kreirala tablica prijevoz koja zapisuje unesene podatke te javlja izlazne podatke bitne zaposlenicima.



Slika 14. Prikaz izrađene baze podataka

U tablicu „Linija“ upisani su nazivi linija kojom vozilo prevozi robu a sastoji se od jednog ili dva grada. Ispunjena tablica s nazivima linija prikazana je na slici 15.

	ID	Naziv
▶	1	Sjever
	2	Slavonija
	3	Zagreb
	4	Dalmacija
	5	Istra
	6	Slovenija
	8	Beč
	9	Budimpešta
	16	Salzburg
*	NULL	NULL

Slika 15. Prikaz podataka iz tablice "linija"

U tablici „Odredište“ upisana je cijena odredišta koja je izračunata u prethodnom poglavlju a opisana je kao cijena po paleti, naziv grada koji je unaprijed određen, naziv države kojoj taj grad pripada, veza linije kojoj taj grad pripada te da li prijevoz do tog grada traje više od jednog radnog dana, u ovom slučaju primjera, niti jedan grad ne dostavlja se više od jednog dana. Podaci iz tablice „odredište“ prikazani su slikom 16.

	CijenaOdredište	ID	Grad	Država	IDLinija	BrojDanaDostave
▶	91	1	Zagreb	Hrvatska	3	0
	100	2	Varaždin	Hrvatska	1	0
	104	3	Čakovec	Hrvatska	1	0
	122	4	Slavonski Br...	Hrvatska	2	0
	138	5	Osijek	Hrvatska	2	0
	141	6	Zadar	Hrvatska	4	0
	166	8	Split	Hrvatska	4	0
	116	9	Rijeka	Hrvatska	5	0
	147	16	Pula	Hrvatska	5	0
	132	35	Celje	Slovenija	6	0
	122	36	Maribor	Slovenija	6	0
	158	37	Klagenfurt	Austrija	16	0
	213	38	Salzburg	Austrija	16	0
	144	39	Graz	Austrija	8	0
	194	40	Beč	Austrija	8	0
	166	41	Budimpešta	Mađarska	9	0
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Slika 16. Prikaz podataka iz tablice "odredište"

U tablici „Vozilo“ upisano je preko 1000 vozila, a definirani su samo kao „šleper“ i „kamion“ te im je upisan kapacitet od 11 odnosno 32 palete. Daljnjom razradom programa moguće je upisati prave nazive vozila da je lakše pratiti koji nalog se ukrcava u koje vozilo. Stvoren je toliki broj vozila zbog optimizacije vozila kroz „bin-packing“ algoritam koji je opisan niže u tekstu.

Tablica „Prijevoz“ sadrži podatke koji su se upisali u programu, a podatak „skladištenje“ prikazuje *true* ili *false* informaciju koja ovisi o upisanom datumom dolaska roba u skladište i datuma polaska iz skladišta. Cijena skladištenja iznosi 75kn po paletnom mjestu po danu uključujući i manipulaciju robom, odnosno 10€ što je prosječna cijena skladištenja u većini tvrtki koje nude isto.

Tablica „VezaPrijevozVozilo“ služi kao veza između dviju tablica kako bi se mogli svi podaci spojiti.

Tablica „UlaznaRampa“ prilikom unošenja podataka odmah prikazuje na kojoj rampi treba biti preuzeta roba prilikom dolaska u skladište.

Tablica „IzlaznaRampa“ sadrži podatke za određivanje termina otpreme roba ovisno o vozilu i liniji prijevoza.

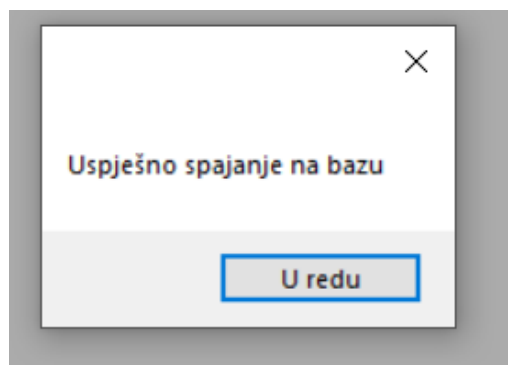
Tablica „VezaVoziloIzlaznaRampa“ služi kao veza između dviju tablica.

## 5.2. Aplikacija

Kreirana je aplikacija u programu *Microsoft Visual Studio* koja se povezuje s ranije kreiranom bazom podataka u SQL-u. Aplikacija konačno vrši optimizaciju prijevozne usluge i ispisuje prijevozne informacije koje se tiču kupca, skladišnih radnika i disponenta koji ugovara prijevoz.

Prvenstveno je potrebno spojiti aplikaciju s bazom podataka kako bi se uneseni podaci mogli spremirati i povezati s već postojećima kako bi se točno prikazali izlazni podaci.

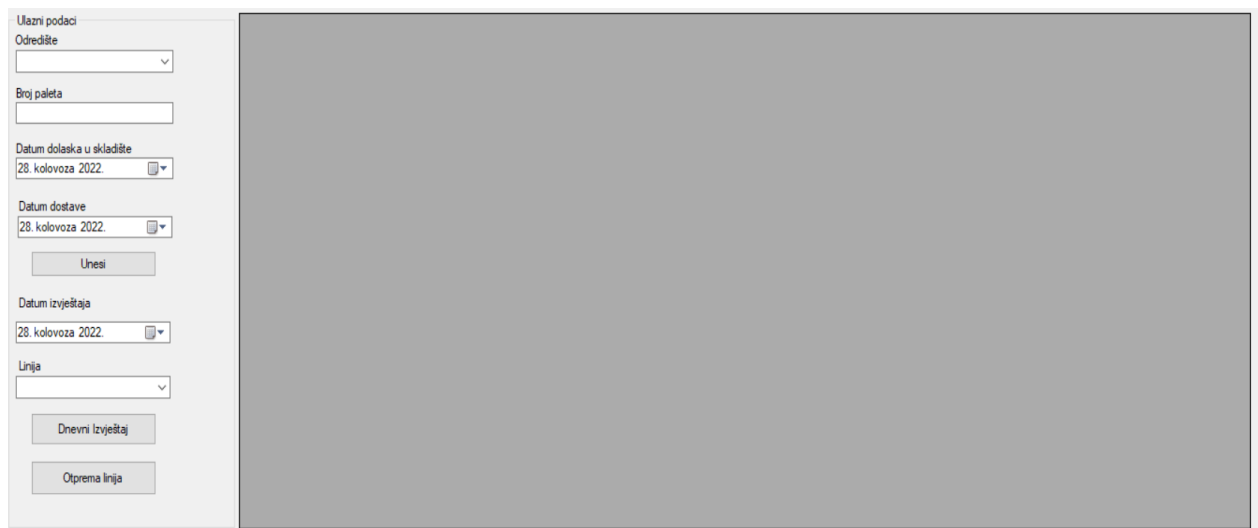
Prilikom pokretanja aplikacije, ovisno je li se spojio program s bazom podataka, ispisuje se informacija je li spojena aplikacija. Izgled ispisivanja povezivanja prikazan je slikom 17.



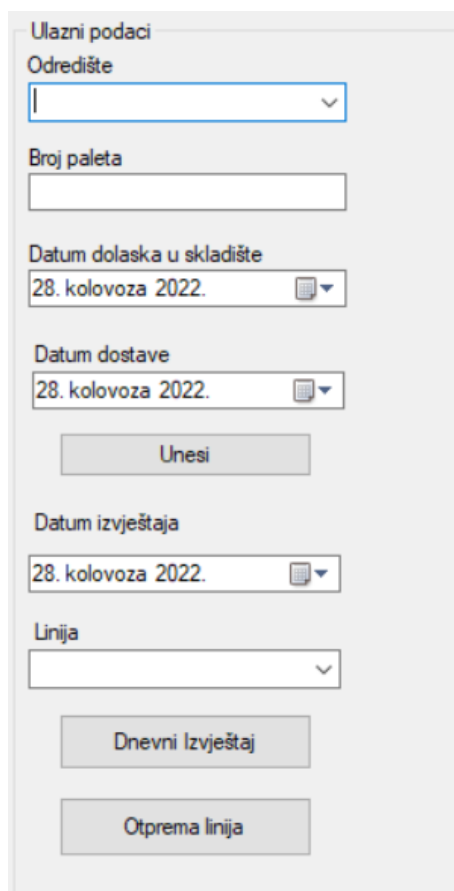
Slika 17. Prikaz obavijesti u koliko je aplikacija spojena s bazom podataka

Nakon što je aplikacija spojena na bazu, otvara se sučelje koje je prikazano slikama 18 i 19.





Slika 18. Izgled sučelja aplikacije

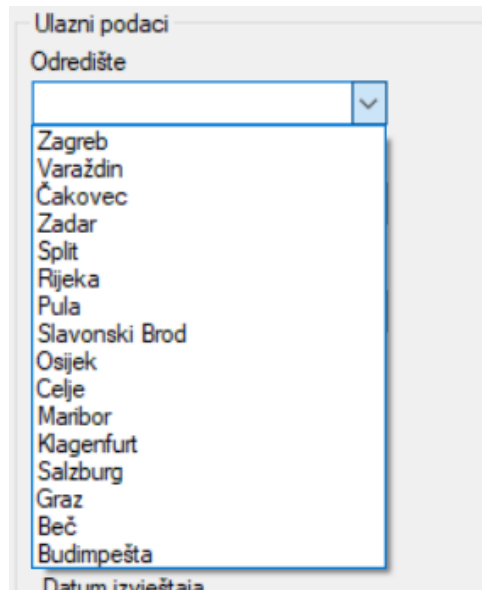


Slika 19. Detaljniji prikaz sučelja

Prilikom upisivanja naloga potrebno je upisati sljedeće informacije:

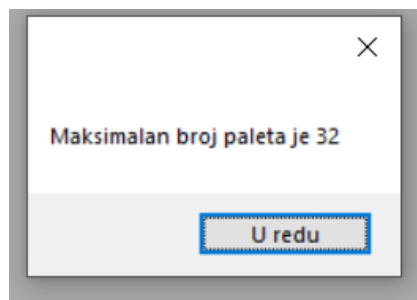
- Odredište do kojeg se prevozi roba (grad)
- Broj paleta
- Datum dolaska robe u skladište
- Datum dostave na traženu lokaciju, odnosno EAD (eng. *Estimated Arrival Date*)

Iz padajućeg izbornika „Odredište“ potrebno je odabrati grad u kojem se dostavlja preuzeta roba. U padajućem izborniku prikazani su svi gradovi iz baze podataka kao na slici 20.

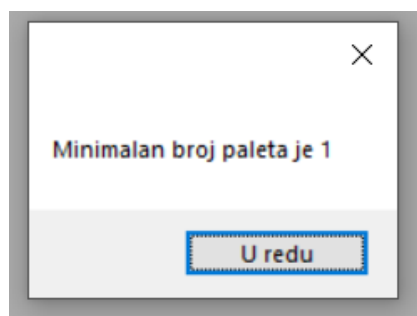


Slika 20. Odabir odredišta padajućim izbornikom

Obzirom da je trenutno zaveden najveći kapacitet vozila od 32 palete, nije moguće upisati više od 32 palete u kućicu „broj paleta“ jer bi se taj nalog trebao razdvajati. Aplikacija odmah prikazuje grešku u koliko se upiše broj veći od 32. Jednako tako se ispisuje greška u koliko se upisuje broj paleta manji od 1, odnosno 0. Ispisivanje greške prikazano je slikama 21 i 22.

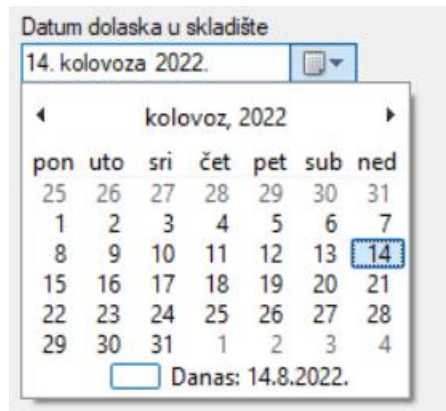


Slika 21. Ispisivanje greške za maksimalan broj upisanih paleta

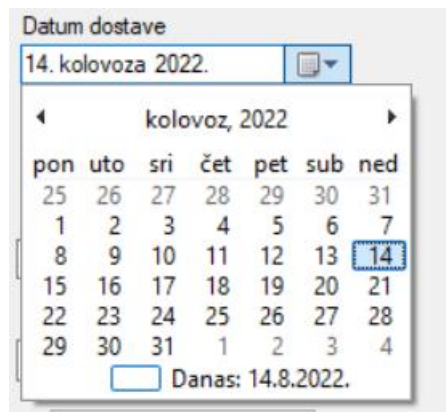


Slika 22. Ispisivanje greške za minimalan broj upisanih paleta

Nakon što se upišu odredište i broj paleta za prijevoz, potrebno je upisati i datum dolaska roba u skladište i datum dostave na lokaciju. Razlika tih dvaju datuma daje nam informaciju da li se roba skladišti, koliko dana, te u kojoj zonu će se roba spremirati. Slike 23 i 24 prikazuju odabir datuma za dolazak u skladište i dostave.



Slika 23. Odabir datuma dolaska u skladište



Slika 24. Odabir datuma dostave

Nakon upisivanja svih ulaznih podataka za prijevozni nalog, aplikacija ispisuje izlazne podatke:

- Naziv linije
- Odredište dostave
- Skladišti li se roba ili ne
- Cijena prijevoza
- Datum polaska
- Broj paleta
- Datum dostave
- Vrsta vozila
- Zona skladištenja
- Broj rampe na koju će se zaprimiti roba prilikom dolaska u skladište

Za primjer upisan je jedan nalog za prijevoz do Graza od 8 paleta s dostavom 29.8.2022. Izlazni podaci vidljivi su na slici 25.

Linija	Grad	Skладиште	Cijena_Prijevoza	Datum_Polaska	Broj_Paleta	Datum_Dostave	Vrsta_Vozila	Zona_Skladište	Rampa
▶ Beč	Graz	<input type="checkbox"/>	1152	29.8.2022.	8	29.8.2022.	Kamion	4	Rampa1
*		<input type="checkbox"/>							

Ulazni podaci  
 Odredište: Graz  
 Broj paleta: 8  
 Datum dolaska u skladište: 29. kolovoza 2022.  
 Datum dostave: 29. kolovoza 2022.  
 Unesi

Slika 25. Izlazni podaci 1

Vidljivo je kako je aplikacija odabrala da se roba ukrcava u kamionsko vozilo obzirom da nalog traži prijevoz manje od 11 paleta, te kako je odabrana 4. zona skladišta, odnosno cross-docking zona obzirom da se roba ne skladišti. Roba će biti preuzeta na rampi 1 jer je ovo prvi nalog koji je zabilježen za ovaj datum. Kao već spomenuto, broj rampe za prijem određuje se prema vremenu unosa naloga i broju paleta koji su već najavljeni za preuzimanje na rampi.

Na slici 26 prikazan je novi nalog, prijevoz do Beča s 12 paleta i opcijom skladištenja. Vidljivo je kako sada odabrana opcija šlepera jer ovaj nalog i prijašnji nalog izlaze iz skladišta na isti dan te se broj paleta sada zbraja što iznosi 20 paleta i zahtijeva korištenje većeg prijevoznog sredstva – tegljača s poluprikolicom.

Linija	Grad	Skладиште	Cijena_Prijevoza	Datum_Polaska	Broj_Paleta	Datum_Dostave	Vrsta_Vozila	Zona_Skladište	Rampa
▶ Beč	Beč	<input checked="" type="checkbox"/>	5028	29.8.2022.	12	29.8.2022.	Šleper	1	Rampa1
*		<input type="checkbox"/>							

Ulazni podaci  
 Odredište: Beč  
 Broj paleta: 12  
 Datum dolaska u skladište: 26. kolovoza 2022.  
 Datum dostave: 29. kolovoza 2022.  
 Unesi

Slika 26. Izlazni podaci 2

Zatim je upisan još jedan nalog kako bi se popunilo vozilo.

Linija	Grad	Skладиште	Cijena_Prijevoza	Datum_Polaska	Broj_Paleta	Datum_Dostave	Vrsta_Vozila	Zona_Skladište	Rampa
▶ Beč	Beč	<input type="checkbox"/>	1552	29.8.2022.	8	29.8.2022.	Šleper	4	Rampa2
*		<input type="checkbox"/>							

Ulazni podaci  
 Odredište: Beč  
 Broj paleta: 8  
 Datum dolaska u skladište: 29. kolovoza 2022.  
 Datum dostave: 29. kolovoza 2022.  
 Unesi

Slika 27. Izlazni podaci 3

Bitno je napomenuti kako trenutno u vozilu ima 28 paleta, odnosno još ima mjesta za 4 palete. Ako se upiše novi nalog s više od 4 palete, taj nalog neće više moći stati u isti tegljač kao i prijašnji nalozi nego mora ići u posebno vozilo, u ovom slučaju u kamion. Prikaz dodatnog naloga prikazan je slikom 28.

Linija	Grad	Skладиште	Cjena_Prijevoza	Datum_Polaska	Broj_Paleta	Datum_Dostave	Vrsta_Vozila	Zona_Skladište	Rampa
Beč	Beč	<input type="checkbox"/>	970	29.8.2022.	5	29.8.2022.	Šeper	4	Rampa3
*		<input type="checkbox"/>							

Slika 28. Izlazni podaci 4

Kako bi bilo teško pratiti kako su posloženi nalozi i kada koji nalog izlazi iz skladišta i kojom linijom, u aplikaciji je kreiran i sustav dnevnog izvještaja kojim se odabire linija i datum polaska iz skladište kako bi se prikazali svi nalozi za taj dan. Prikaz tog dijela sučelja vidljiv je na slici 29.

Datum izvještaja

29. kolovoza 2022.

Linija

Dnevni Izvještaj

Slika 29. Odabir podataka za izvještaj

Datum izvještaja bira se kao i datum dolaska u skladište i datum dostave, a linija se bira pomoću padajućeg izbornika te je isto prikazano na slici 30.

Linija

Sjever  
Zagreb  
Slavonija  
Dalmacija  
Istra  
Slovenija  
Beč  
Salzburg  
Budimpešta

Slika 30. Odabir linija

Pritiskom gumba „dnevni izvještaj“ aplikacija ispisuje sve podatke za taj dan. U ovom slučaju se ispisuju podaci koje smo nedavno unijeli. Ispisuju se podaci poput naziva linije, naziva odredišta, ID-a prijevoza (svaki nalog dobije svoj jedinstveni ID prilikom upisivanja), datum polaska, broj paleta, ID vozila i vrste vozila. Sve je prikazano slikom 31.

Linija	Grad	ID_Prijevoz	Datum_Polaska	Broj_Paleta	ID_Vozilo	Vrsta_Vozila
Beč	Graz	90	29.8.2022.	8	1101	Šeper
Beč	Beč	91	29.8.2022.	12	1102	Šeper
Beč	Beč	92	29.8.2022.	8	1101	Šeper
Beč	Beč	93	29.8.2022.	15	1102	Šeper

Slika 31. Dnevni izvještaj 1

Bitno je primijetiti kako sustav upisuje naloge u vozila preko „bin-packing“ algoritma koji konstantno optimizira broj paleta koji se nalazi u vozilima tako da vozilo bude optimalno popunjeno.

Najbolji primjer vidljiv je nakon dodavanja još jednog naloga – prijevoz 14 paleta do Graza za isti datum. Nakon toga vidljivo je na slici 32 kako je izvještaj drugačiji, odnosno nalozi su promijenili vozilo. Drugačiji nalozi povezani su u jednom vozilu, sve kako bi to vozilo imalo optimalnu popunjenost.

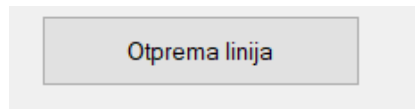
Linija	Grad	ID_Prijevoz	Datum_Polaska	Broj_Paleta	ID_Vozilo	Vrsta_Vozila
Beč	Graz	90	29.8.2022.	8	1101	Šeper
Beč	Beč	91	29.8.2022.	12	1102	Šeper
Beč	Beč	92	29.8.2022.	8	1101	Šeper
Beč	Graz	94	29.8.2022.	14	1102	Šeper
Beč	Beč	95	29.8.2022.	5	1102	Šeper

Slika 32. Dnevni izvještaj 2

Treba obratiti pozornost na ID prijevoza. Dakle ID-evi su stvoreni po vremenu kreiranja s time da je 90. ID kreiran prvi, a 94. ID kreiran zadnji. U vozilu 1101 sada su 2 naloga, ukupno 16 paleta, a u vozilu 1102 ukupno su 3 naloga sa 31 paletom što je gotovo potpuno popunjen tegljač.

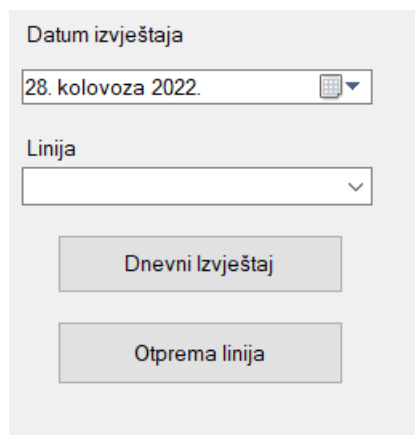
Cilj ovog algoritma je da se prijevozi ne razdvajaju po vozilima, odnosno da su sve palete iz jednog naloga obavezno u istom vozilu jer bi inače moglo doći do problema s isporukom i dokumentacijom.

Kako bi se optimizirala otprema tih naloga, povezala su se vozila s izlaznim rampama te im je dodijeljen termin u kojem to vozilo mora biti u skladištu na ukrcaju. Aplikacija sama dodjeljuje termin prema broju paleta i vremenu unosa u sustav. Pritiskom na gumb „Otprema linija“, slika 33., prikazuju se sva vozila koja moraju na odabran datum izaći iz skladišta te odraditi dostavu naručene robe.



Slika 33. Gumb "Otprema linija"

Na slici 34 prikazan je dio sučelja za otpremu linija. Datum se odabire kao i za dnevni izvještaj prijevoznih naloga, te se zatim prikazuje svaki dodijeljeni termin te slijedeći slobodni termin za otpremu robe.



Slika 34. Sučelje za otpremu linija

Slika 35 opisuje vozila koja moraju biti otpremljena na odabran datum s vremenskim intervalom koji mu je dodijeljen za utovar vozila. U aplikaciju je upisano da prva otprema započinje u 6 sati ujutro.

IDVozilo	Vrsta_Vozila	Linija	Broj_Paleta	Datum_polaska	Vrijeme_dolaska	ID_izlazne_rampe	Ime_Rampe
1101	Šeper	Beč	16	29.8.2022.	06:00:00	2490	MeđunarodnaDistribucija2
1102	Šeper	Beč	31	29.8.2022.	06:00:00	1740	MeđunarodnaDistribucija1

Slika 35. Prikaz vozila za otpremu 1

Za bolji prikaz rada aplikacije s određivanjem termina, uneseni su razni novi prijevozni nalozi, a sve je prikazano na slici 36.

Linija	IDVozilo	Vrsta_Vozila	Broj_Paleta	Datum_Polaska	Vrijeme_dolaska	ID_Izlazne_rampe	Ime_Rampe
Beč	1101	Šleper	16	29.8.2022.	07:27:30	1740	MeđunarodnaDistribucija1
Beč	1102	Šleper	31	29.8.2022.	06:00:00	1740	MeđunarodnaDistribucija1
Budimpešta	1099	Šleper	30	29.8.2022.	06:00:00	2490	MeđunarodnaDistribucija2
Dalmacija	1100	Šleper	15	29.8.2022.	06:00:00	240	DomaćaDistribucija1
Salzburg	5	Kamion	7	29.8.2022.	08:17:30	1740	MeđunarodnaDistribucija1
Sjever	1	Kamion	8	29.8.2022.	06:00:00	990	DomaćaDistribucija2
Slavonija	3	Kamion	2	29.8.2022.	06:47:30	240	DomaćaDistribucija1
Slovenija	1098	Šleper	27	29.8.2022.	07:25:00	2490	MeđunarodnaDistribucija2
Zagreb	4	Kamion	7	29.8.2022.	06:30:00	990	DomaćaDistribucija2

Slika 36. Prikaz vozila za otpremu 2

Vidljivo je kako postoje 4 rampe za otpremu robe, dvije za međunarodnu distribuciju i dvije za distribuciju unutar države, odnosno domaću distribuciju. Termini za otpremu dodjeljuju se na onu rampu koja ima najmanji broj već najavljenih paleta za otpremu. Prilikom prikazivanja rampi za otpremu, nije bitno koji su točno nalozi u tom vozilu već samo kojom rutom vozilo putuje, odnosno koja su odredišta na koja vozilo treba stići, koja je vrsta vozila i koji je konačni broj paleta koji će se utovariti u vozilo. Roba se treba utovariti prije sljedećeg najavljenog vremena dolaska. Za primjer se koristilo da jedno vozilo utovaruju dva skladišna radnika koji koriste električne viljuškare.

Za dodjeljivanje rampi otpreme koristio se „greedy“ algoritam koji nakon što se zaprimi novi nalog za otpremu linija, pretražuje po bazi podataka koje sve linije prometuju taj dan i ovisno je li odredište u Hrvatskoj ili u inozemstvu dodjeljuje prvi slobodni termin ovisno o broju paleta koje to vozilo prevozi. Algoritam pritiskom gumba „otprema linija“ sortira vozila silazno prema vremenu utovara (broj paleta pomnožen s 2,5 minute s dodanih 10 minuta za manipulaciju), te dodjeljuje najraniji mogući termin među rampama koje su dostupne za to vozilo. Odnosno, algoritam dodjeljuje prvi termin vozilu s najvećim brojem paleta. Primjerice, jedan kamion na rampi 1 utovarit će se do 10 sati ujutro, a drugi kamion na rampi 2 utovarit će se do 9 sati. Algoritam radi tako da traži sljedeći termin s minimalnim vremenom, te zbog toga odabire rampu 2 i roba se u novo vozilo kreće utovarivati u 9 sati.

Bez „greedy“ algoritma, morala bi se voditi ručna evidencija dolaska vozila na rampe što može uzrokovati da se neki podatak previdi.

### 5.3. Analiza optimiziranih podataka

U aplikaciji kreirane su dvije optimizacije prekrcajnih procesa. Jedna je organizacija broja paleta koje se utovaruju u vozilo, a druga je kreiranje termina za utovar roba u vozilo.



### 5.3.1. Utovar vozila

Korištenjem „*bin-packing*“ algoritma optimiziraju se količine paleta koje se utovaruju u vozilo. Tako se smanjuje broj vozila koji se koristi, u koliko bi se u njega utovarivali nalozi prema vremenu zaprimanja.

Kreirani su novi nalozi za primjer ove analize. Ukupno 64 palete razvrstano je po nekoliko naloga. U koliko se ne koristi optimizacija određivanja vozila za svaki nalog, već se nalozi dodjeljuju vozilu prema vremenu upisivanja, dolazi do korištenja većeg broja vozila nego što bi trebalo. Tablica 14 prikazuje naloge s brojem paleta.

Tablica 14. Uneseni nalozi s brojem paleta

Uneseni nalog	Broj Paleta
1	1
2	1
3	2
4	10
5	8
6	5
7	17
8	20

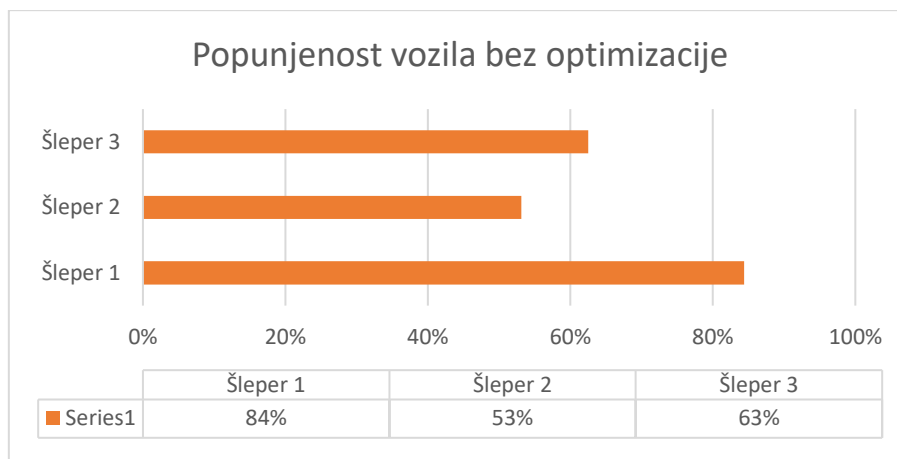
Tablicom 15 prikazano je kako se dijele nalozi prema vozilima kada se ne koristi optimizacija dodjeljivanja vozila. Upisuju se nalozi po redu, te se vozilo popunjuje dok više ne stane novi nalog. Vidljivo je kako bi se u tom slučaju koristila 3 vozila, a niti jedno vozilo nema potpunu popunjenost od 32 palete. Popunjenost prikazana je tablicom 16 i slikom 37, a prikazuje se u postocima. Računa se kao broj paleta koji su dodijeljeni vozilu podijeljen s maksimalnim brojem paleta koji stanu u to isto vozilo.

Tablica 15. Odabir vozila bez optimiranja

Unošenje broja paleta u vozila prema vremenu zapisivanja naloga			
Vozilo	Nalog	Broj paleta iz naloga	Ukupan broj paleta u vozilu
Šleper 1	1	1	
	2	1	
	3	2	
	4	10	
	5	8	
	6	5	
Šleper 2	7	17	27
Šleper 3	8	20	17
			20
			Ukupan broj vozila = 3

Tablica 16. Popunjenost vozila

Popunjenost vozila	
Šleper 1	84%
Šleper 2	53%
Šleper 3	63%



Slika 37. Popunjenost vozila bez optimizacije

Sljedeća tablica pod brojem 17 prikazuje dodjeljivanje naloga u vozila koristeći „*best fit decreasing*“ algoritam koji konstantno provjerava koji je nalog s najvećim brojem paleta te tek onda popunjava vozila. Prikazano je slikom 38 kako je aplikacija sama dodijelila optimalan broj paleta u vozila. Tako se koriste samo dva vozila koja su 100% popunjena, svaki sa 32 palete roba. Aplikaciji nije bitan redoslijed upisivanja naloga jer se konstantno ažuriraju podaci i s time se odabire optimalan broj paleta u vozilu kako bi se smanjili troškovi i maksimalno se popunila vozila.

Tablica 17. Optimirani odabir vozila

Optimizirano dodjeljivanje paleta vozilima			
Vozilo	Nalog	Broj paleta iz naloga	Ukupan broj paleta u vozilu
Šleper 1	1	1	32
	2	1	
	5	8	
	6	5	
	7	17	
Šleper 2	3	2	32
	4	10	
	8	20	
			Ukupan broj vozila = 2

Linija	Grad	ID_Prijevoz	Datum_Polaska	Broj_Paleta	ID_Vozilo	Vrsta_Vozila
▶ Slavonija	Slavonski Brod	120	31.8.2022.	1	1092	Šleper
Slavonija	Slavonski Brod	121	31.8.2022.	1	1092	Šleper
Slavonija	Slavonski Brod	122	31.8.2022.	2	1093	Šleper
Slavonija	Slavonski Brod	123	31.8.2022.	10	1093	Šleper
Slavonija	Slavonski Brod	124	31.8.2022.	8	1092	Šleper
Slavonija	Slavonski Brod	125	31.8.2022.	5	1092	Šleper
Slavonija	Slavonski Brod	126	31.8.2022.	17	1092	Šleper
Slavonija	Slavonski Brod	127	31.8.2022.	20	1093	Šleper
*						

Slika 38. Optimalno dodjeljivanje naloga vozilima

Ne korištenjem aplikacije i jednog oblika algoritma za „bin packing“, kao što je prikazano, može doći do korištenja prevelikog broja vozila, više nego što je to potrebno. Zbog toga dolazi do većih troškova i pretjeranog korištenja vozila.

U slučaju da prijevoznik odluči koristiti prvi primjer dodjeljivanja paleta vozilima, gdje su palete razmještene u 3 vozila, te ne pronađe dodatan prijevoz koji bi popunio kapacitet vozila, može snositi dodatne troškove od čak 3900 kuna. U svakom poduzeću, pa tako i logističkom, cilj je odraditi posao što je najbolje moguće s najmanjim troškom, stoga je iznimno bitno da se u planiranju prijevoznih usluga koristi neki oblik optimizacije otpreme.

### 5.3.2. Termini utovara i broj rampi

Drugi način kako se jedan od prekrajnih procesa optimizirao u ovoj aplikaciji je dodjeljivanje rampi za utovar i istovar. Na otpremnim rampama kreirani su termini ili „time slot“-evi koji točno računaju koliko vremena vozilo treba provesti na rampi kako bi se sva roba uspješno utovarila u vozilo, te je dodano vrijeme od 10 minuta za prikupljanje potrebne dokumentacije od disponenta ili zaposlenika skladišta i dodatnu potrebnu manipulaciju.

Kako je već spomenuto, algoritam koristi „greedy“ ili „pohlepni“ algoritam koji bira prvo slobodno mjesto na rampi kako bi se smanjilo vrijeme čekanja i optimalno raspodijelio raspored na rampama.

Uzeti će se primjer sa slike 36 gdje je vidljivo kako taj dan iz skladišta otprema 136 paleta u 9 vozila. Aplikacija je kreirala termine utovara za svako vozilo kako ne bi došlo do čekanja na rampama i problema s manipulacijom. Također su rampe podijeljene na one za dostavu unutar Hrvatske, i one za dostavu van Hrvatske.

U koliko poduzeće ne koristi termine utovara te svi vozači dođu na utovar sa svojim vozilima u isto vrijeme, primjerice u 6 sati ujutro, neki vozači mogu čekati i do 3 sata za utovar

svog vozila. To je minimalno vrijeme čekanja u ovom primjeru, u praksi može se čekati i do 5 sati za utovar zbog lošije organizacije.

Uzima se za primjer vozilo koje putuje za Salzburg s kamionom koji trenutno prevozi 7 paleta. Njegov termin je trenutno u 8 sati i 17 minuta za utovar, dakle u koliko vozač dođe u 6 sati, čekat će minimalno 2 sata. U praksi često vozači moraju utovariti vozilo na još jednoj lokaciji, a gledajući primjer, vozač kasni već na prvoj lokaciji 2 sata dakle na idućoj lokaciji utovara kasnit će također minimalno 2 sata. To je optimistična prognoza u koliko ne bude zastoja u prometu. Velik broj poduzeća koristi termine te u koliko je vozilu koje stiže na drugu lokaciju dodijeljen termin, obzirom na kašnjenje može ga premašiti i zbog toga se ponekad ne može ukrcati roba u vozilo, što uzrokuje kašnjenje na konačnu lokaciju od čak jednog dana.

Tablicom 18 prikazani su nalozi za utovar kao sa slike 36 koji su samo poredani po vremenu utovara. U tablici se također vidi koliko je kašnjenje svakog utovara u koliko ne postoje termini.

Tablica 18. Poredak vozila za utovar

Linija	Vrsta Vozila	Broj Paleta	Vrijeme dolaska na rampu	Naziv rampe	Kašnjenje
Beč	Šleper	31	6:00:00	Međunarodna distribucija 1	
Budimpešta	Šleper	30	6:00:00	Međunarodna distribucija 2	
Dalmacija	Šleper	15	6:00:00	Domaća distribucija 1	
Sjever	Kamion	8	6:00:00	Domaća distribucija 2	
Zagreb	Kamion	7	6:30:00	Domaća distribucija 2	0:30
Slavonija	Kamion	2	6:47:00	Domaća distribucija 1	0:47
Slovenija	Šleper	27	7:25:00	Međunarodna distribucija 2	1:25
Beč	Šleper	16	7:27:30	Međunarodna distribucija 1	1:27
Salzburg	Kamion	7	8:17:30	Međunarodna distribucija 1	2:17

U ovom primjeru korištene su 4 rampe za ukrcaj. U koliko nema dovoljan broj zaposlenih skladišnih radnika ili postoji manji broj rampi u poduzeću, to produžuje vrijeme utovara. Zbog toga je iznimno bitno da poslovanje zapošljava optimalan broj radnika i ima električne viličare koji uvelike pomažu pri brzini manipulacije.

Tablicama 19 i 20 prikazan je termin utovara za slučaj da postoje samo dvije rampe, odnosno jedna rampa koristi se za domaću distribuciju, a druga za međunarodnu. Tako tablica 19 prikazuje slučaj međunarodne, a tablica 20 slučaj domaće distribucije.

Tablica 19. Utovar robe za međunarodni prijevoz korištenjem jedne rampe

Linija	Vrsta Vozila	Broj Paleta	Vrijeme utovara	Vrijeme dolaska na rampu
Beč	Šleper	31	1:17:30	6:00:00
Budimpešta	Šleper	30	1:25:00	7:17:30

Slovenija	Šleper	27	1:17:30	8:42:30
Beč	Šleper	16	0:50:00	10:00:00
Salzburg	Kamion	7	0:27:30	10:50:00

Tablica 20. Utovar robe za prijevoz unutar države korištenjem jedne rampe

Linija	Vrsta Vozila	Broj Paleta	Vrijeme utovara	Vrijeme dolaska na rampu
Dalmacija	Šleper	15	0:47:30	6:00:00
Sjever	Kamion	8	0:30:00	6:47:30
Zagreb	Kamion	7	0:27:50	7:17:30
Slavonija	Kamion	2	0:15:00	7:45:20

Vidljivo je kako je korištenjem samo jedne rampe za svaki oblik dostave velika vremenska razlika za dolazak na rampu. Tako se za utovar za dostavu izvan Hrvatske za sljedeći termin čeka čak 2 sata i 32 minute više nego kada se koriste dvije rampe, a za dostavu unutar Hrvatske za otpremu se čeka čak 1 sat više.

## 6. Zaključak

Distribucija kao jedan od glavnih dijelova logistike predstavlja djelotvorno kretanje gotovih proizvoda od kraja proizvodne linije do potrošača. Kako prijevozna usluga uključuje i distribuciju proizvoda, bitno je definirati unaprijed cilj, strukturu i sudionike distribucije. Budući da se roba koja se prevozi može jako razlikovati namjenom, trajnošću, sastavom, veličinom, načinom primjene, cijenom i sl. da bi se zadovoljile želje i potrebe potrošača potrebno je dobro organizirati čitav proces distribucije, a to se postiže pomnim planiranjem i optimizacijom.

Logističko - distribucijski centar predstavlja mjesto na kojem se pohranjuje, doručuje i priprema roba za daljnju distribuciju prema kupcima. To je glavno mjesto lanca opskrbe koje nudi koje je opskrbljeno robom ili proizvodima koji će se distribuirati preprodavačima ili veletrgovcima ili u nekim slučajevima izravno krajnjim kupcima. U logističko – distribucijskom centru vrše se razne operacije, odnosno prekrajni procesi poput prijema, otpreme, komisioniranja i pretovara. Bitno je optimirati te procese kako bi se mogla ponuditi najbolja prijevozna usluga i kako bi se organiziralo skladište.

Prijevozna usluga sastoji se od nekoliko aspekata, a ponuda prijevozne usluge konstantno se unaprjeđuje i optimizira kako bi se olakšao posao raznih zaposlenika u logističkom poslovanju. To je zahtjevan i odgovoran posao na koji utječu razni faktori poput manipulacijskih poslova, određivanja konkurentne cijene i brzina radnika pri prekrcaju. Najveći doprinos u pružanju prijevozne usluge pridonio je informacijski sustav i sustav upravljanja voznim parkom. Time je olakšan svakodnevni posao zaposlenika. Kako bi prijevozna usluga bila konkurentna na tržištu potrebno je imati nove informacijske sustave poput WMS-a i prijevoznih programa poput ovog koji je kreiran u ovom radu. Također je potrebno koristiti algoritme koji optimiziraju prijevozna uslugu, *online* ili *offline* poput *greedy* algoritma ili *best fit* algoritma.

Korištenjem aplikacije točno se mogu pratiti svi nalozi, sva roba koja se nalazi u skladištu, manipulacija svih tereta, vrijeme polaska i dolaska prijevoznih sredstava u i iz skladišta. Također se prati prijemna i otpremna rampa, raspored vozila za otpremu te raspored naloga po istim vozilima. Time se svakako smanjuju i troškovi poslovanja i vremenski gubitci zbog ne poznavanja svih aspekata skladišta i prijevoznih usluga. Kako bi svi sustavi funkcionirali potrebno je konstantno ih unaprjeđivati i dodavati sve podatke koji su potrebni za optimalan rad. To uključuje upisivanje podataka sa strane radnika u skladištu, disponenata i zaposlenika prodaje. S obzirom na to da se dio podataka mijenja iz dana u dan, poput cijena i mogućnosti skladištenja određenih broja paleta, bitno je da je program pristupačan i lako dohvatljiv.

Prikazana je analizom bitnost organizacije rasporeda naloga po vozilima kako bi se maksimalno smanjilo prekomjerno korištenje vozila koja nisu 100 postotne popunjenosti što na kraju uzrokuje velike troškove za poslovanje ili povećanje cijene usluge za krajnjeg kupca. Također je bitno definirati termine otpreme robe, kao i rampe na kojima će se ta roba otpremiti. Tako se smanjuje mogućnost pogrešaka pri utovaru i vrijeme čekanja vozača. Bez termina otpreme vrlo se brzo dolazi do velikih kašnjenja što uzrokuje velike probleme za krajnjeg kupca, vozača, poslovanje, ali i drugih poduzeća koji također koriste isto vozilo za utovar robe.

## Popis literature

- [1] Rogić K. *Distribucija 1*. Predavanja iz kolegija. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti. Zagreb 2021.
- [2] Ivaković Č., Stanković R., Šafran M. *Špedicija i logistički procesi*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2010.
- [3] Segetlija Z. Razvoj i važnost kanala distribucije. *Suvremena trgovina*. Broj 3/2004, , Zagreb 2014.
- [4] Zelenika R. *Logistički sustavi*, Rijeka: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci; 2005.
- [5] Hlača B. *Lučka logistika*, Rijeka: Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci; 2016.
- [6] *Waredock.*, Preuzeto s: <https://www.waredock.com/glossary/cross-docking/> [Pristupljeno: Kolovoz 2022.]
- [7] Vasilić V. *Distribucijski centri u logistici*. Diplomski rad. Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet. Rijeka 2020
- [8] Mlinarić T. J. *Robno transportni centri*. Nastavni materijali iz kolegija. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti. Zagreb 2020.
- [9] Šafran M. *Prijevozna logistika 1*. Nastavni materijali iz kolegija. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti. Zagreb 2021.
- [10] Baletić Z. *Ekonomski leksikon*, Zagreb: Leksikografski zavod "Miroslav Krleža" i Masmedia; 2003.
- [11] Knežević B., Habuš I., Knego N. *Distribucijski centar kao izvor poslovne ekonomičnosti - empirijski uvid // Poslovna logistika u suvremenom menadžmentu*, Osijek: Ekonomski fakultet Sveučilišta Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku; 2010.
- [12] Pomorski zbornik. *Udruga za proučavanje i razvoj pomorstva*. Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Vol. 42, No. 1. Rijeka 2004.
- [13] *Cannon Hill Logistics*, Preuzeto s: <https://cannonhill.net/whats-difference-warehouses-distribution-centers/> [Pristupljeno: Kolovoz 2022.]
- [14] Rogić K. *Unutrašnji transport i skladištenje*. Nastavni materijali iz kolegija. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti. Zagreb 2021.
- [15] FSB, Nastavni materijali iz kolegija, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2013., Preuzeto s: [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/07\\_06\\_2013\\_19011\\_Skladistenje\\_TL-5\\_11.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/07_06_2013_19011_Skladistenje_TL-5_11.pdf) [Pristupljeno: Kolovoz 2022.]
- [16] *REB Storage Systems International*, Preuzeto s: <https://rebstorage.com/our-products/rack-products/drive-in-and-drive-through-rack/> [Pristupljeno: Kolovoz 2022.]

- [17] Cyzerg, Preuzeto s: <https://articles.cyzerg.com/picking-process-optimization-warehouse-operations> [Pristupljeno: Kolovoz 2022.]
- [18] Bartul J. *Prikaz mogućnosti optimiranja procesa prijevozne logistike*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti. Zagreb 2020.
- [19] DARS, Preuzeto s: [https://www.dars.si/Vinjetni\\_sistem/E-vinjeta](https://www.dars.si/Vinjetni_sistem/E-vinjeta) [Pristupljeno: Kolovoz 2022.]
- [20] ASFiNAG, Preuzeto s: <https://www.asfinag.at/en/toll/go-toll/> [Pristupljeno: Kolovoz 2022.]
- [21] NATIONAL TOLL PAYMENT SERVICES PLC, Preuzeto s: <https://toll-charge.hu/articles/article/pricing> [Pristupljeno: Kolovoz 2022.]
- [22] Bošnjak, I., Županović, I.: *Analiza tržišta cestovnog prijevoza u Republici Hrvatskoj*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2006.
- [23] TEB poslovno savjetovanje, Preuzeto s: <https://www.teb.hr/novosti/2020/dnevnice-u-inozemstvu-sluzbena-putovanja-i-rad-na-terenu/> [Pristupljeno: Kolovoz 2022.]
- [24] Carić T. *Optimizacija prometnih procesa*. Nastavni materijali iz kolegija. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti. Zagreb 2021.



## Popis slika

Slika 1. Uloga distribucijskog sustava u logističkom sustavu .....	3
Slika 2. Razlika kanala distribucije i fizičke distribucije .....	3
Slika 3. Sudionici distribucije .....	4
Slika 4. Upravljanje kanalom distribucije i fizičkom distribucijom .....	6
Slika 5. Cross-docking terminal .....	8
Slika 6. Protok robe kroz paletno skladište .....	11
Slika 7. Dijelovi rampe.....	15
Slika 8. Drive Through regal.....	17
Slika 9. ABC analiza artikala .....	20
Slika 10. Prikaz skladišta temeljem ABC analize .....	21
Slika 11. Prikaz skladišta temeljem ABC analize s rampama na različitim krajevima skladišta .....	22
Slika 12. Pseudokod best fit algoritma.....	35
Slika 13. Izgled fiktivnog skladišta .....	38
Slika 14. Prikaz izrađene baze podataka .....	39
Slika 15. Prikaz podataka iz tablice "linija" .....	40
Slika 16. Prikaz podataka iz tablice "odredište" .....	40
Slika 17. Prikaz obavijesti u koliko je aplikacija spojena s bazom podataka .....	41
Slika 18. Izgled sučelja aplikacije .....	42
Slika 19. Detaljniji prikaz sučelja .....	42
Slika 20. Odabir odredišta padajućim izbornikom.....	43
Slika 21. Ispisivanje greške za maksimalan broj upisanih paleta .....	43
Slika 22. Ispisivanje greške za minimalan broj upisanih paleta.....	43
Slika 23. Odabir datuma dolaska u skladište.....	44
Slika 24. Odabir datuma dostave.....	44
Slika 25. Izlazni podaci 1 .....	45
Slika 26. Izlazni podaci 2 .....	45
Slika 27. Izlazni podaci 3 .....	45
Slika 28. Izlazni podaci 4 .....	46
Slika 29. Odabir podataka za izvještaj .....	46
Slika 30. Odabir linija .....	46
Slika 31. Dnevni izvještaj 1.....	47
Slika 32. Dnevni izvještaj 2.....	47
Slika 33. Gumb "Otprema linija" .....	48
Slika 34. Sučelje za otpremu linija.....	48
Slika 35. Prikaz vozila za otpremu 1 .....	48
Slika 36. Prikaz vozila za otpremu 2.....	49
Slika 37. Popunjenost vozila bez optimizacije.....	51
Slika 38. Optimalno dodjeljivanje naloga vozilima .....	52

## Popis kratica

- 3PL (Third Party Logistics) Logistika treće strane
- EAD (Estimated Arrival Date) Predviđeni datum dolaska
- ECR (Efficient Consumer response) Učinkovit odgovor potrošača
- ICC (International Chamber of Commerce) Međunarodna trgovačka komora
- JIT (Just In Time) U pravo vrijeme
- LDC Logističko-distribucijski centar
- NNH (Nearest Neighbour Heuristic) Neuristika najbližeg susjeda
- SKU (Stock Keeping Unit) Jedinica za čuvanje zaliha
- VRP (Vehicle Routing Problem) Problem rutiranja vozila
- WMS (Warehouse Management System) Sustav upravljanja skladištem

## Popis tablica

Tablica 1. Izračun fiksnih troškova .....	25
Tablica 2. Izračun troškova osiguranja .....	26
Tablica 3. Izračun troškova amortizacije .....	27
Tablica 4. Izračun troškova zaposlenika .....	27
Tablica 5. Izračun troškova licenci .....	28
Tablica 6. Izračun potrošnje goriva.....	28
Tablica 7. Izračun troškova pneumatika .....	28
Tablica 8. Izračun troškova cestarine Zagreb – Split .....	29
Tablica 9. Ukupan trošak prijevoza.....	30
Tablica 10. Dodatni troškovi.....	31
Tablica 11. Dodatni troškovi prema državama .....	32
Tablica 12. Izračun troškova cestarina po odredištu .....	32
Tablica 13. Ukupan trošak prijevoza po odredištu.....	33
Tablica 14. Uneseni nalozi s brojem paleta.....	50
Tablica 15. Odabir vozila bez optimiranja .....	50
Tablica 16. Popunjenost vozila .....	51
Tablica 17. Optimirani odabir vozila .....	51
Tablica 18. Poredak vozila za utovar .....	53
Tablica 19. Utovar robe za međunarodni prijevoz korištenjem jedne rampe .....	53
Tablica 20. Utovar robe za prijevoz unutar države korištenjem jedne rampe.....	54

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ **diplomski rad** \_\_\_\_\_  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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 \_\_\_\_\_ **Optimiranje prijevozne usluge unaprijeđenjem prekrcajnih procesa** \_\_\_\_\_, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 6.9.2022.

\_\_\_\_\_**Karla Kolezarić**, *Kolezarić*  
(ime i prezime, potpis)