

Analiza i prijedlog nove transportne mreže na primjeru paketne dostave u Republici Hrvatskoj

Stunjek, Lovro

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:119:931640>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-27**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Lovro Stunjek

**ANALIZA I PRIJEDLOG NOVE TRANSPORTNE MREŽE
NA PRIMJERU PAKETNE DOSTAVE U REPUBLICI
HRVATSKOJ**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 1. ožujka 2024.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7405

Pristupnik: **Lovro Stunjek (0135257639)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Analiza i prijedlog nove transportne mreže na primjeru paketne dostave u Republici Hrvatskoj**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati pojam transportne mreže i funkciju paketne dostave. Analiza postojećeg sustava paketne dostave na primjeru. Prijedlog nove transportne mreže paketne dostave te optimizacija ruta na novoj transportnoj mreži. Komparativna analiza u odnosu na postojeći sustav.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

prof. dr. sc. Jasmina Pašagić Škrinjar

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA I PRIJEDLOG NOVE TRANSPORTNE MREŽE
NA PRIMJERU PAKETNE DOSTAVE U REPUBLICI
HRVATSKOJ**

**ANALYSIS AND PROPOSAL ON NEW TRANSPORT
NETWORK IN THE CONTEXT OF PARCEL DELIVERY IN
REPUBLIC OF CROATIA**

Mentor: prof. dr. sc. Jasmina Pašagić Škrinjar

Student: Lovro Stunjek
JMBAG: 0135257639

Zagreb, ožujak 2024.

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad opisuje i analizira transportnu mrežu i optimizaciju ruta u kontekstu paketne dostave u Republici Hrvatskoj. Naglasak je stavljen na analizu postojećeg sustava paketne dostave, posebno kroz skup usluga koje pruža Hrvatska Pošta. Kroz detaljnu analizu postojećeg procesa, identificirane su mogućnosti poboljšanja i napretka u efikasnosti i optimizaciji sustava.

Korištenjem metodologija iz područja logistike i operacijskog istraživanja, predložena je nova transportna mreža za sustav paketne dostave. Ovaj prijedlog uključuje optimizaciju ruta kako bi se minimizirali troškovi i vrijeme dostave, uz istovremeno povećanje kvalitete usluge. Nova transportna mreža temelji se na analizi potreba tržišta, geografskih karakteristika tehnoloških mogućnosti i očekivanja krajnjih korisnika. Nadalje, rad pruža detaljnu usporedbu između postojeće transportne mreže Hrvatske Pošte i predložene nove mreže. Ova usporedba obuhvaća različite ključne parametre kao što su vrijeme dostave, troškovi, pokrivenost područja i ekološki utjecaji.

Svi ulazni podaci za izračun koji su korišteni u ovome radu dobiveni su od Hrvatske Pošte.

Ključne riječi: paketna dostava, transportna mreža, optimizacija ruta, poštanske usluge

SUMMARY

This paper describes and analyzes the transport network and route optimization in the context of parcel delivery in the Republic of Croatia. The emphasis is placed on analyzing the existing parcel delivery system, particularly through the range of services provided by the Hrvatska pošta. Through a detailed analysis of the existing process, opportunities for improvement and progress in efficiency and system optimization have been identified.

By utilizing methodologies from the fields of logistics and operations research, the new transport network for the parcel delivery system is proposed. This proposal includes route optimization to minimize costs and delivery time while simultaneously enhancing service quality. The new transport network is based on an analysis of

market needs, geographical characteristics, technological capabilities, and end – user expectations. Furthermore, the thesis provides a detailed comparison between the existing transport network of the Croatian post Hrvatska pošta and the proposed new network. This comparison encompasses various key parameters such as delivery time, costs, area coverage and environmental impacts.

All input data for calculations used in this thesis were obtained from the Croatian post Hrvatska pošta.

Key words: parcel delivery, transport network, route optimization, postal services

Sadržaj

1	UVOD	1
2	TRANSPORTNA MREŽA I OPTIMIZACIJA RUTA.....	2
2.1	Transportna mreža	2
2.1.1	Konvencionalne transportne mreže	2
2.1.2	Multimodalne transportne mreže	3
2.1.3	Mikrologističke transportne mreže	4
2.1.4	Makrologističke transportne mreže.....	5
2.1.5	Globalnologističke transportne mreže	6
2.1.6	Megalogističke transportne mreže.....	7
2.2	Optimizacija ruta.....	8
3	POŠTANSKE USLUGE I PAKETNA DOSTAVA	10
3.1	Poštanske usluge	10
3.2	Paketna dostava.....	11
3.2.1	Prednosti paketne dostave.....	15
3.2.2	Izazovi u paketnoj dostavi	16
4	ANALIZA POSTOJEĆEG SUSTAVA PAKETNE DOSTAVE NA PRIMJERU HRVATSKE POŠTE.....	18
4.1	Struktura Hrvatske pošte d.d.	18
4.2	Prikaz i opis projektnog zadatka paketne dostave	20
5	PRIJEDLOG NOVE TRANSPORTNE MREŽE PAKETNE DOSTAVE NA PRIMJERU HRVATSKE POŠTE.....	26
5.1	Količina paketa za svaki grad	26
5.1.1	Ivanić Grad	26
5.1.2	Pazin.....	27
5.1.3	Nova Gradiška	27
5.1.4	Požega	28

5.2	Prijedlog 1	29
5.2.1	Ivanić Grad	31
5.2.2	Pazin.....	31
5.2.3	Nova Gradiška	31
5.2.4	Požega	32
5.3	Prijedlog 2	34
5.3.1	Nova Gradiška	36
5.3.2	Požega	37
5.4	Usporedba prijedloga 1 i 2.....	38
6	OPTIMIZACIJA RUTA NA NOVOJ TRANSPORTNOJ MREŽI I KOMPARATIVNA ANALIZA U ODNOSU NA POSTOJEĆI SUSTAV	40
6.1	Metode za optimizaciju ruta	41
6.1.1	Clark – Wright-ov algoritam ušteda	41
6.1.2	Clark – Wright-ov algoritam ušteda – metoda s indikatorom T	42
6.1.3	Metoda najbližeg susjeda.....	43
6.2	Komparativna analiza nove i postojeće transportne mreže	43
7	ZAKLJUČAK	47
	LITERATURA	49
	POPIS SLIKA.....	52
	POPIS TABLICA.....	53

1 UVOD

U današnjem globaliziranom društvu, logistika i distribucija igraju ključnu ulogu u osiguravanju efikasne i pouzdane dostave robe i usluga. S obzirom na kontinuirani rast e – trgovine i internetske kupovine, paketna dostava postaje sve važnija komponenta ekonomske infrastrukture svake zemlje. U skladu s tim, optimizacija transportne mreže i ruta postaje ključni element u poboljšanju kvalitete usluge, smanjenju troškova i minimiziranju ekološkog utjecaja. Ovaj rad usredotočen je na analizu i optimizaciju transportne mreže u kontekstu paketne dostave u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske. Glavni cilj je istražiti postojeći sustav paketne dostave, posebno fokusirajući se na usluge koje pruža Hrvatska pošta. Kroz dubinsku analizu postojećih procesa, identificirat će se nedostaci i potencijalne mogućnosti za unaprjeđenje efikasnosti i optimizaciju sustava.

Metodologija koja će se koristiti u ovom radu uključuje proučavanje logističkih i operacijskih principa te primjenu relativnih alata i tehnika analize podataka. Na temelju dobivenih rezultata, biti će predložena nova transportna mreža za sustav paketne dostave. Ovaj prijedlog uključivati će optimizaciju ruta s ciljem minimiziranja troškova dostave i vremena isporuke paketa, uz istovremeno poboljšanje kvalitete usluge. Kroz implementaciju novog transportnog sustava, očekuje se povećanje konkurentnosti paketne dostave u Republici Hrvatskoj, što će rezultirati boljim korisničkim iskustvom i zadovoljstvom. Osim toga, istraživanje će pružiti dublji uvid u dinamiku logističkih procesa u području paketne dostave te će pružiti smjernice za buduća istraživanja i prakse u ovom sustavu distribucije i logistike.

Kompletan rad sadrži sedam poglavlja. Prvo poglavlje je uvod i ono sadrži osnovne informacije o temi i njezinoj problematici. U drugom poglavlju je detaljnije opisana transportna mreža i na koji način se transportna mreža može optimizirati kako bi se postigla bolja usluga paketne dostave. Treće poglavlje definira poštanske usluge i opisuje paketnu dostavu kako bi se čitatelju pojasnili svi elementi koji će se optimizirati u radu. Četvrto, peto i šesto poglavlje se odnose na izračune i donošenje odluka o trenutnom paketnom sustavu Hrvatske pošte, te je u detalje opisana ideja i prijedlog nove transportne mreže i sustava distribucije paketa u kontinentalnoj Hrvatskoj. Zadnje odnosno sedmo poglavlje je zaključak i u njemu su napisane zaključne riječi o izradi rada i moguće situacije u budućnosti.

2 TRANSPORTNA MREŽA I OPTIMIZACIJA RUTA

Definicija, podjela i detaljni opis transportne mreže te optimizacije rute u paketnoj dostavi opisan je u ovom poglavlju.

2.1 *Transportna mreža*

Prometne ili transportne mreže se općenito mogu definirati kao skup veza, čvorova i linija koje predstavljaju infrastrukturu ili opskrbnu stranu prijevoza, a te veze imaju karakteristike poput brzine i kapaciteta za prometnice. Podaci o frekvenciji i vremenu putovanja definirani su na tranzitnim vezama ili linijama za tranzitni sustav. Zone analize transporta prikazane su u mreži podskupom čvorova, dok veze koje povezuju čvorove definiraju pristup i izlazak iz sustava [1]. Također, transportnu mrežu možemo opisati kao kompleks sustava međusobno povezanih čvorišta, ruta, linija i transportnih lanaca, osmišljenih kako bi olakšali učinkovito kretanje robe i putnika. Svrha transportne mreže je omogućiti brz, siguran i efikasan prijenos tereta i ljudi s jednog mjesta na drugo uz prevladavanje prostornih i vremenskih ograničenja. Čvorovi u transportnoj mreži mogu biti različine infrastrukture poput skladišta, terminala, logističkih centara ili luka, koji su ključni za organizaciju i optimizaciju logističkih procesa. Različite vrste transportnih mreža, poput konvencionalnih, multimodalnih, mikrologističkih, makrologističkih, globalnologističkih i megalogističkih se razlikuju prema svojim karakteristikama i obuhvatu. U nastavku ovog poglavlja su detaljnije opisane sve vrste transportnih mreža [2].

2.1.1 *Konvencionalne transportne mreže*

Ovaj tip transportnih mreža dizajnira se za domaći i međunarodni konvencionalni prijevoz. Za takve mreže je karakteristično da su polazišta i odredišta direktno povezana specifičnim putovima, koridorima, brodskim rutama, vodenim putevima, cjevovodima i drugim transportnim sustavima. Početne i krajnje točke mogu biti tvornice, terminali, skladišta, distribucijski centri, luke i drugi elementi prometne infrastrukture. Na polaznim mjestima sudjeluje raznolik skup ekonomskih i pravnih subjekata poput proizvođača i dobavljača koji samostalno ili uz pomoć specijaliziranih posrednika kreiraju transportne mreže prema potrebama i zahtjevima [2]. Na slici 1 je prikazan tip konvencionalne transportne mreže odnosno prikaz domaćih i međunarodnih pomorskih linija u Republici Hrvatskoj.

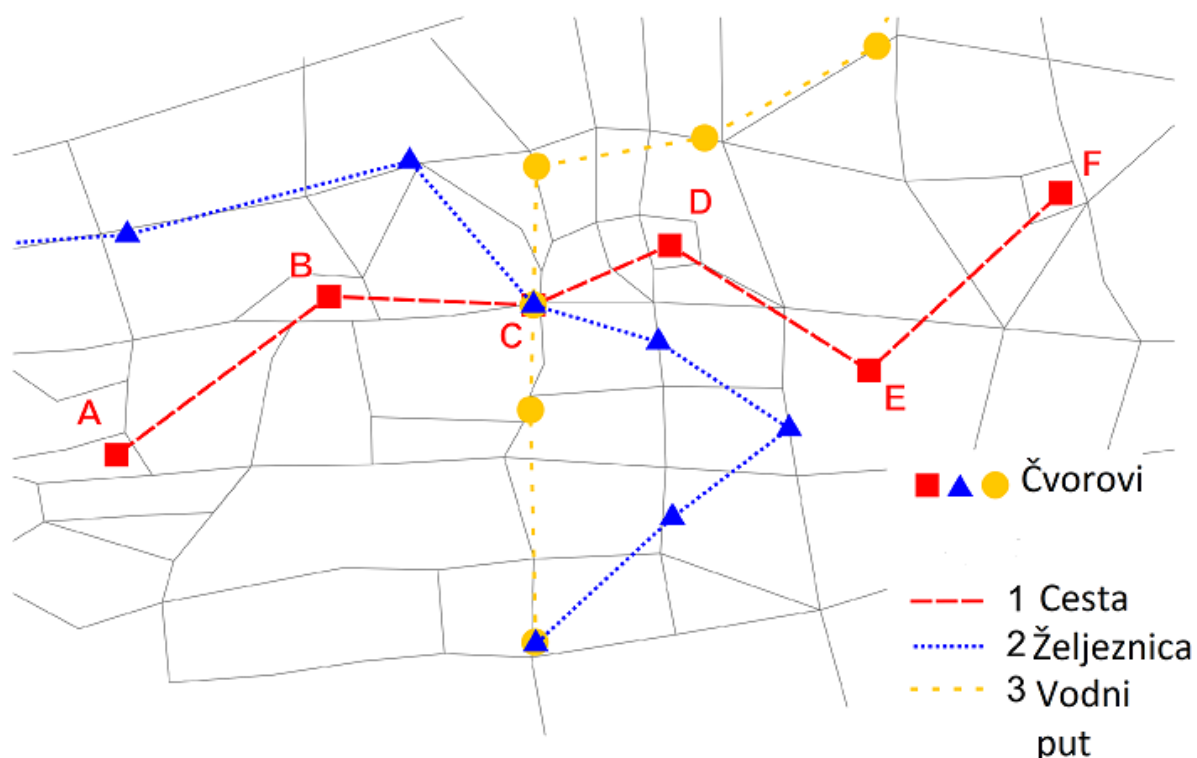


Slika 1. Domaće i međunarodne pomorske linije

Izvor: [3]

2.1.2 Multimodalne transportne mreže

Multimodalne transportne mreže se razvijaju u međunarodnom multimodalnom prijevozu. Vrlo je važno da u procesu povezivanja polazišnih i odredišnih lokacija sudjeluje više različitih načina prijevoza, uključujući cestovni, željeznički, pomorski i riječni prijevoz. Polazišna mjesta mogu biti povezana s odredišnim mjestima putem različitih transportnih čvorova koji uključuju morske luke, riječna pristaništa, cestovno – željezničke terminale i druge infrastrukturne objekte [2]. Prikaz jedne multimodalne transportne mreže je prikazan na slici 2.



Slika 2. Primjer multimodalne transportne mreže

Izvor: [4]

2.1.3 Mikrologističke transportne mreže

Ovaj tip transportnih mreža se dizajnira unutar relativno ograničenih geografskih područja, kao što su mikrotransportni sustavi primjerice u Splitsko – dalmatinskoj županiji. U takvim mrežama sudjeluju sve grane prijevoza, no najčešće su prisutni cestovni, željeznički, pomorski i zračni transport, kao i razni proizvođači, dobavljači, prijevoznici i kupci. Njihovo funkcioniranje ovisi o različitim materijalnim, financijskim i vlasničkim tokovima. Ove mreže često čine sastavne dijelove makrologističkih, globalnih i megalogičkih mreža [2]. Na slici 3 je prikazana mikrologistička transportna mreža na primjeru Zadarske županije u Republici Hrvatskoj.



Slika 3. Primjer mikrologističke transportne mreže u Zadarskoj županiji

Izvor: [5]

2.1.4 Makrologističke transportne mreže

Ova vrsta transportnih mreža nastaje unutar specifičnog nacionalnog transportnog tržišta poput transportne mreže u Republici Hrvatskoj. U ovim mrežama osim cestovnog, željezničkog, pomorskog i zračnog prijevoza mogu sudjelovati još i kanalski, poštanski, unimodalni, kombinirani i multimodalni oblik prijevoza. Ove mreže se sastoje od više mikrologističkih mreža, te se kreiraju i oblikuju na međunarodnom transportnom tržištu. Kao i u ostalim transportnim mrežama, ovdje također sudjeluju proizvođači, dobavljači, prijevoznici, špediteri i kupci. Također ove transportne mreže funkcioniraju kao segmenti globalnih i megalogičkih mreža [2]. Na slici 4 je prikaz makrologističke transportne mreže na primjeru Republike Hrvatske.

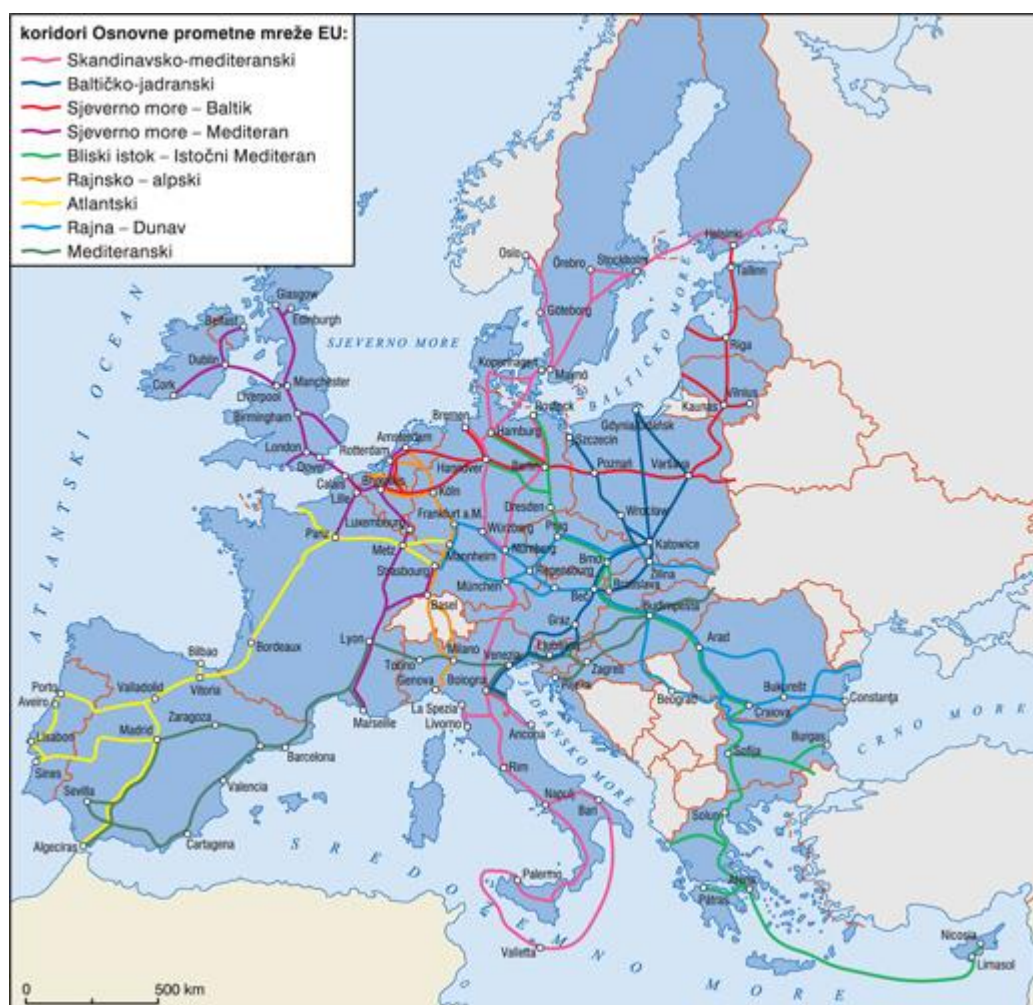


Slika 4. Prikaz makrologističke transportne mreže na primjeru Republike Hrvatske

Izvor: [6]

2.1.5 Globalnologističke transportne mreže

Svakodnevno milijuni polazišnih i odredišnih točaka povezuju različite prijevoznike – cestovne, željezničke, pomorske i zračne. Konstantni ili povremeni transportni, logistički i distribucijski lanci formiraju se između mnogih logističkih centara i drugih subjekata. Ove mreže su razvijene i organizirane od strane raznih klasičnih i logističkih operatera, te u globalnologističkim mrežama može djelovati više milijuna takvih operatera, pri čemu je njihov broj ovisan o veličini i složenosti mreže. Također ove mreže osiguravaju opskrbu mnogim mega, makro i mikrologističkim centrima, kao i njihovim podsustavima, te svim logističkim subjektima na globalnoj i međunarodnoj razini. Stotine milijuna potrošača se opskrbljuje putem ovih mreža s raznovrsnim artiklima u ogromnim količinama [5]. Prikaz jedne globalnologističke transportne mreže je na slici 5.



Slika 5. Prikaz globalnogiističke transportne mreže na primjeru europske cestovne mreže

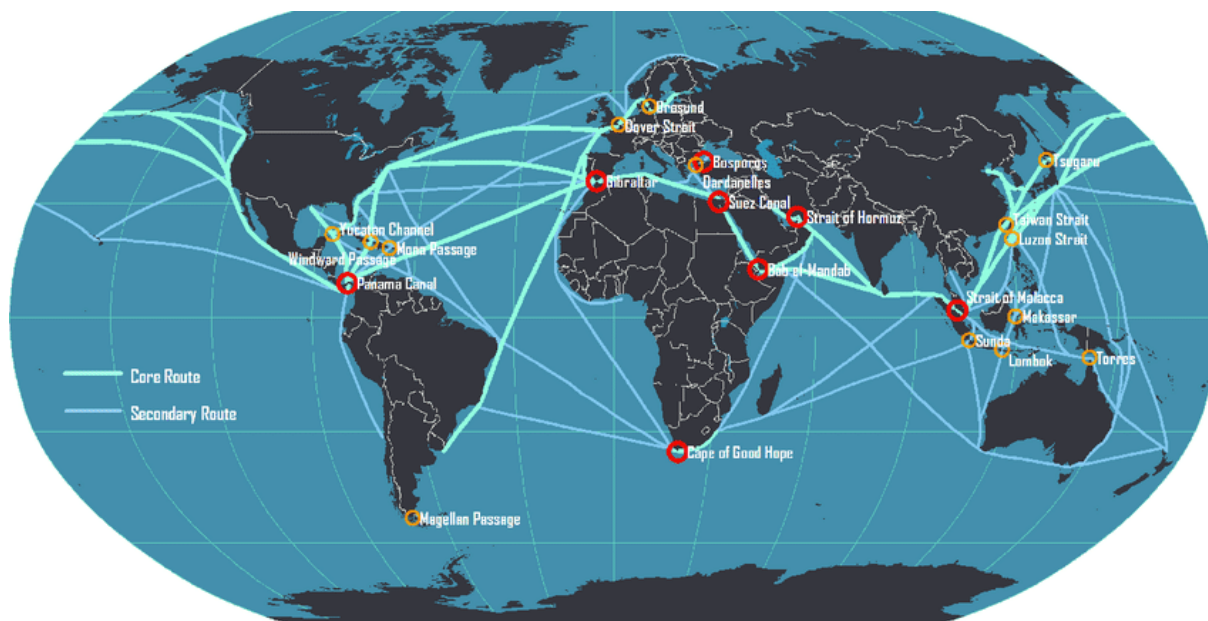
Izvor: [7]

2.1.6 Megalogističke transportne mreže

Ova vrsta transportnih mreža se oblikuje na megatransportnom tržištu koje se može sagledati na tri razine [2]:

- Megatransportno tržište u užem smislu, što predstavlja tržište na kojem se pružaju transportne usluge unutar određenog kontinenta
- Megatransportno tržište u širem smislu, obuhvaća područje veće od kontinenta, dakle transportno tržište na globalnoj razini
- Megatransportno tržište u najširem smislu, što se može promatrati tek futuristički, budući da se odnosi na proizvodnju transportnih usluga između planeta unutar Sunčevog sustava

Na slici 6 je prikazan primjer najveće globalne megalogiističke transportne mreže koja povezuje cijelu Zemlju.



Slika 6. Primjer megalogiističke transportne mreže na globalnoj razini

Izvor: [8]

2.2 Optimizacija ruta

Optimizacija rute je proces poboljšanja rute radi veće učinkovitosti i ekonomske isplativosti. Učinkovita optimizacija rute pomaže poduzećima maksimizirati obavljene narudžbe ili dostave, uzimajući u obzir različite kriterije kao što su raspored vozača, dostupne radne sate, ukupan broj zaustavljanja, procjene ispunjenja narudžbi i pravne zahtjeve. Rutiranje dostave ne svodi se samo na pronalaženje najkraćeg puta od točke A do točke B, već na pronalazak najučinkovitije rute uzimajući u obzir različite varijable [9].

Bez obzira radi li se o manjem ili većem logističkom poduzeću, izazovi s kojima se susreće svaka tvrtka prilikom optimizacije ruta su univerzalni [9]:

- zahtjevno maksimiziranje narudžbi i prihoda od postojeće flote i radne snage
- ručno raspoređivanje i planiranje mogu dugo trajati i nisu pouzdani
- gorivo i plaće vozača su značajan trošak za poslovanje
- kašnjenje i propuštene dostave rezultiraju nezadovoljstvom kupaca

Kako bi se postigla pouzdanost u optimiziranju ruta, danas se koriste različiti programi koji omogućuju pronalazak optimalne situacije za transportnu mrežu. Programi za optimizaciju ruta imaju dosta prednosti, a neke od njih su [9]:

- povećanje prihoda po vozaču i smanjenje troškova
- povećanje osoblja za dostavu bez dodatnih resursa za otpremu i planiranje
- povećanje zadovoljstva kupaca
- ravnomjerna raspodjela radnih zadataka i zadržavanje zaposlenika
- mogućnost brzog ponovnog planiranja

Za svaku tvrtku koja se bavi distribucijom robe, niske marže su stalni izazovi, te je ključni dio upravljanja pokretnom radnom snagom osigurati što učinkovitiji rad. Kada je riječ o rutiranju i raspoređivanju, potrebno je odrediti koja ruta će rezultirati najboljom optimizacijom vozača za smanjenjem dodatnih troškova i treba li plaćati prekovremene sate ili angažirati vanjske suradnike [9].

Pomoću alata i programa za optimizaciju rute, planiranje ruta se vremenski znatno smanjuje u odnosu na planiranje bez programa. Upravo iz tog razloga je moguće napraviti raspored poslovanja i do mjesec dana unaprijed što rezultira boljim dugoročnim planiranjem [9].

Što se tiče zadovoljstva korisnika, u današnjem vremenu su recenzije jedan od ključnih pokazatelja poslovanja tvrtke. Kako bi potencijalni korisnici usluga tvrtke imali povjerenja u samu tvrtku i njezino poslovanje, potrebno je imati realnu i pozitivnu reputaciju na internetu. Realno procijenjena vremena dostave paketa, praćenje dostave, te SMS poruke prije same dostave pomažu izbjeći kašnjenja, neuspjele dostave ili ponovno zakazane termine, a spadaju u sustav optimizacije rute i cijelog distribucijskog sustava [9].

3 POŠTANSKE USLUGE I PAKETNA DOSTAVA

Svaki poštanski ured pruža različite poštanske usluge, pa su tako po autorima Mizutani i Uranishi iz Japana neke od glavnih poštanskih usluga [10]:

- redovne poštanske usluge poput pisma i paketa
- poštanska štednja
- poštansko životno osiguranje

Svaka od ove tri aktivnosti je općenito samostalan sustav što znači da su operativni troškovi svakog od njih pokriveni svojim korisničkim naknadama. Očekivano je da redovni troškovi poštanskih usluga za dostavu pisama i paketa budu pokriveni poštanskim pristojbama prikupljenim od prodaje markica i razglednica bez ikakve financijske potpore od strane vlade [10].

3.1 *Poštanske usluge*

Međutim u Republici Hrvatskoj je situacija malo drugačija. Kod poštanskih usluga postoji podjela na tri glavne vrste, a to su univerzalne, zamjenske i ostale poštanske usluge [11].

Univerzalne poštanske usluge su one koje su dostupne svim građanima na području Republike Hrvatske po pristupačnoj cijeni uz osiguranu kvalitetu pružanja usluge od strane davatelja te iste usluge. Ove usluge uključuju slanje pošiljki unutar zemlje i međunarodno, te se moraju pružati najmanje pet dana u tjednu [11].

Zamjenske usluge su slične univerzalnim uslugama, ali s manjim varijacijama kao što je mogućnost dnevne dostave. Ostale poštanske usluge obuhvaćaju sve druge poštanske aktivnosti koje nisu uključene u univerzalne ili zamjenske poput primanja, usmjeravanja, prijenosa i dostave pošiljki. Pravo na pružanje zamjenskih i ostalih poštanskih usluga stječe se podnošenjem uredne prijave agenciji koja nakon analize odlučuje jesu li te usluge zamjenske te o njihovom obavljanju. Također, agencija određuje i davatelja univerzalnih usluga na temelju stanja tržišta poštanskih usluga uz obvezu informiranja relevantnih tijela. Dozvola za pružanje univerzalnih i zamjenskih usluga može se ukinuti ako se ne poštuju uvjeti ili ako se krše zakonske norme. Rok za dobivanje dozvole za pružanje univerzalnih usluga ne smije biti kraći od pet godina, dok agencija može odrediti i duži rok, ali ne duži od petnaest godina [11]. U tablici 1 prikazani su neki od davatelja sve tri vrste poštanskih usluga u Republici Hrvatskoj.

Tablica 1. Popis davatelja poštanskih usluga u Republici Hrvatskoj

Naziv davatelja usluge	Vrsta poštanske usluge	Područje obavljanja
HP-Hrvatska pošta d.d.	Univerzalna	Unutarnji i međunarodni promet
Lider express d.o.o.	Zamjenska	Unutarnji promet
Tisak plus d.o.o.	Zamjenska	Unutarnji promet
DHL International d.o.o.	Ostale	Unutarnji i međunarodni promet
DPD Croatia d.o.o.	Ostale	Unutarnji i međunarodni promet
GEBRÜDER WEISS	Ostale	Unutarnji i međunarodni promet
GLS Croatia	Ostale	Unutarnji i međunarodni promet

Izvor: [12]

3.2 Paketna dostava

Prije same definicije paketne dostave, potrebno je pojasniti pojam općenito distribucije. Proces distribucije obuhvaća kretanje gotovih proizvoda od završetka proizvodnje do krajnjih korisnika. Razlika između distribucije i logistike je u tome što se distribucija fokusira na transport proizvoda od izvora do potrošača, dok logistika obuhvaća širi spektar aktivnosti poput upravljanja materijalom, sirovinama i dijelovima kroz proizvodni proces. Naglašava se važnost uspostavljanja učinkovitih distribucijskih kanala kako bi se osigurala dostava proizvoda potrošačima u skladu s njihovim potrebama. Glavni ciljevi distribucije uključuju smanjenje vremena i udaljenosti potrebne za dostavu proizvoda, povećanje konkurentnosti putem brže isporuke te usklađivanje proizvodnje i potrošnje kako bi se optimizirala efikasnost i zadovoljile potrebe potrošača. Distribucijska mreža može se opisati kao prostorni sustav koji omogućuje kretanje proizvoda između subjekata koji su uključeni u fizičku distribuciju. Glavna svrha distribucijske mreže je zadovoljiti zahtjeve kupaca, uzimajući istovremeno u obzir sve troškove koji proizlaze iz tog istog zahtjeva [13].

Distribucijska logistika obuhvaća niz neophodnih radnji za efikasan i uspješan poslovni sustav, a to podrazumijeva [13]:

- određivanje kanala distribucije
- odluke o najmanjoj količini narudžbe
- lokacije distribucijskih centara
- količina zaliha na različitim lokacijama

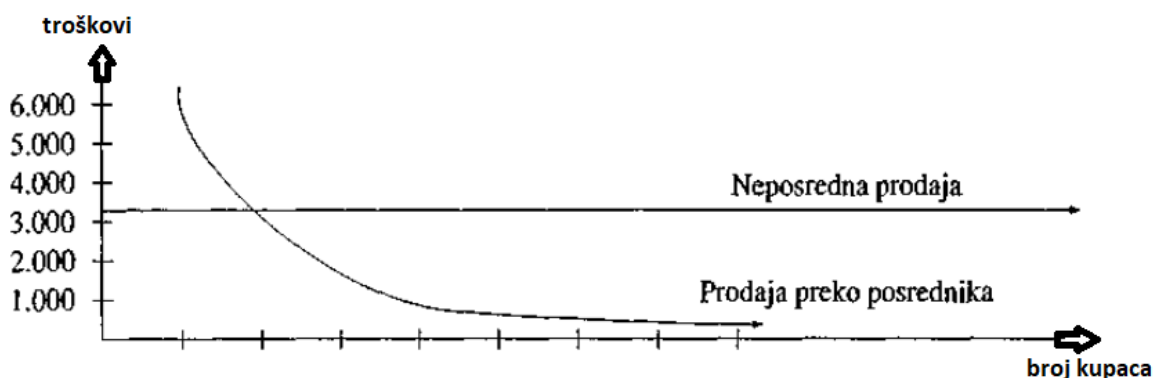
- sustav skladištenja
- distribucija uz minimalne troškove

Razlikuju se tri osnovne vrste distribucijskih mreža koje su u nastavku ovog poglavlja detaljno objašnjene. Postoje direktna distribucija, centralna distribucija i distribucija zvana cross docking [13].

Direktna ili ambulantna dostava je dostava koja podrazumijeva poslovanje bez posrednika, gdje proizvođač i potrošač komuniciraju izravno. Povećanjem broja potrošača odnosno kupaca, troškovi distribucije za potrošača će stalno biti isti, dok je kod centralne distribucije situacija drugačija [14]. Grafički prikaz ovisnosti troškova direktne i centralne distribucije je prikazan na slici 7.

Centralna distribucija podrazumijeva distribuciju putem posrednika. Glavni cilj posrednika je postići ravnotežu između količine proizvoda koju generira proizvođač i količine proizvoda koju žele potrošači. Posrednici djeluju tako što prvo konsolidiraju robu od proizvođača u svojem distribucijskom centru, a zatim je distribuiraju do krajnjih kupaca. Za svako poduzeće je važno imati optimalan broj posrednika kako bi se smanjili brojevi transakcija i troškovi distribucije [13].

Posljednja, ali ne manje važna vrsta distribucije je cross docking. Cross docking sustav uključuje isporuku putem posrednika, ali se razlikuje od tradicionalne distribucije preko distribucijskog centra po tome što robni tokovi nisu prekinuti. Drugim riječima, roba koja je primljena u skladište ne pohranjuje se na skladišne lokacije, već se odmah priprema za iduću fazu, odnosno otpremu [13].



Slika 7. Grafički prikaz ovisnosti troškova o kupcima u distribuciji sa i bez posrednika

Izvor: [14]

Kad su u pitanju skladišni objekti za paketnu distribuciju i dostavu pošiljaka, centri za sortiranje su ključni. Paketne pošiljke se prikupljaju s različitih lokacija, sortiraju prema odredištima, konsolidiraju i zatim šalju krajnjim kupcima. Sa rastom globalizacije i napretkom u tehnologiji, razvija se sustav internet trgovine koji utječe na povećanje obujma paketnih usluga, jačanje konkurencije u trgovinama, poštanskim i logističkim uslugama, smanjenje cijena te širenje dostupnih usluga, a sve te posljedice internet trgovine će biti uključene u detaljnu analizu paketne distribucije koja će biti objašnjena u nastavku ovog rada [13].

Paketna dostava je ključna komponenta suvremenog tržišta, povezujući kupce i tvrtke diljem svijeta. Ima važnu ulogu u lancu opskrbe osiguravajući pravovremeni i sigurni prijevoz robe od prodavatelja do kupca te cijeli taj složeni proces uključuje različite faze [15].

U faze paketne dostave spadaju prikupljanje pošiljke, sortiranje odnosno obrada, transport i uručenje pošiljke krajnjem kupcu [13]. Slikoviti prikaz faza paketne dostave je prikazan na slici 8.



Slika 8. Faze paketne dostave

Izvor:[13]

Prikupljanje ili prijam paketa početni je dio u procesu distribucije pošiljke od pošiljatelja do primatelja. Paket u usporedbi s ostalim vrstama pismenih pošiljaka ima svojstva transportnog entiteta zbog toga što sadrži određenu robu te upravo iz tog razloga postoji podjela paketna na obične i vrijednosne pakete. Obični paketi su oni koji nemaju označenu vrijednost, dok vrijednosni paketi imaju uvjet posebnog pakiranja, drugačiji način i postupak prilikom transporta i slično [13].

Nakon prve faze prikupljanja pošiljke, na redu je faza razrade. Osnovna podjela procesa unutar faze razrade je proces tehnoloških postupaka obrade pošiljke i tehnološki postupci izrade i razmjene zaključaka. Primarni fokus procesa razrade paketnih pošiljaka je osigurati da sve pošiljke budu isporučene primatelju u predviđenim rokovima. Cilj samog procesa razvrstavanja je organizirati svaku

pojedinačnu paketnu pošiljku tako da se sve pošiljke koje dijele zajednički atribut grupiraju zajedno [13].

Transport pošiljaka je treća faza u paketnoj distribuciji gdje pošiljke putuju transportnom mrežom od distribucijskog centra prema krajnjem kupcu. Postoje različiti načini prijevoza pošiljaka u svijetu, a najpoznatiji su:

- cestovni prijevoz
- pomorski prijevoz
- zračni prijevoz
- željeznički prijevoz

Sudjelovanje pojedinih modaliteta u procesu distribucije paketa doživjelo je značajne promjene tijekom nekoliko godina, pa je tako udio željezničkog prijevoza robe značajno pao, dok je udio zračnog prijevoza na dugim relacijama porastao. Unatoč svemu tome, cestovni prijevoz je i dalje najčešći oblik prijevoza pošiljaka posebno zbog karakteristike „od vrata do vrata“ što znači da se pošiljke preuzimaju na adresi pošiljatelja i dostavljaju na adresu primatelja [13].

Nakon što su paketne pošiljke prevezene, slijedi njihova dostava. Glavni cilj procesa dostave je osigurati da paket bude isporučen na točnu adresu primatelja. Osnovni načini dostave paketa uključuju dostavu na kućnu adresu primatelja ili predaju pošiljaka u nadležnom poštanskom uredu [13].

Kada je riječ o paketnoj dostavi, potrebno je uzeti u obzir niz čimbenika koji imaju veliki utjecaj za cijeli sustav paketne dostave. Neki od glavnih čimbenika za paketnu dostavu su [15]:

- brzina dostave
- troškovi
- praćenje i vidljivost
- pouzdanost i sigurnost
- pokrivenost

Brzina dostave i troškovi su jedni od glavnih karakteristika koje primatelji u lancu paketne distribucije razmatraju. Svaki subjekt koji je naručio robu očekuje što kraće vrijeme dostave između njega i pošiljatelja uz naravno što manje troškove prijevoza. Praćenje pošiljke spada u usluge dodane vrijednosti kod koje primatelj ima mogućnost

vidjeti u kojem vremenskom i prostornom okviru se nalazi njegova pošiljka. Pouzdanost i sigurnost su također čimbenici koji daju korisniku garanciju da će pošiljka stići na njihovu adresu u stanju kakvom su je platili. Pokrivenost u smislu dostave paketa je čimbenik koji pokazuje u kojim granicama pružatelji usluga paketne dostave imaju mogućnost dostave za svoje korisnike.

3.2.1 Prednosti paketne dostave

Postoji niz prednosti koje nudi paketna dostava, a u nastavku ovog poglavlja su one detaljno opisane [16].

- Praktičnost
- Fleksibilnost
- Praćenje
- Isplativost
- Brzina
- Pristup udaljenim lokacijama
- Globalni doseg
- Zadovoljstvo kupaca
- Ekološki aspekti
- Sigurnost

Usluge dostave paketa obično nude dostavu od vrata do vrata. Kao što je ranije objašnjeno, to znači da se pošiljke preuzimaju na jednoj adresi i izravno šalju na adresu primatelja. To eliminira potrebu za ostavljanjem ili preuzimanjem paketa iz skladišta i distribucijskih centara.

Fleksibilnost znači da usluge dostave paketa nude različite opcije prilagođene različitim potrebama. Može se birati između raznih vrsta prometnih grana kao na primjer kopneni, zračni ili pomorski prijevoz, brza ili ekonomska dostava, te dodatne usluge poput osiguranja ili potpisa prilikom dostave pošiljke [16].

Pod isplativost se podrazumijeva činjenica da je dostava obično povoljnija za male pakete, pogotovo za domaće dostave. Cijene obično ovise o težini i veličini

paketa kao i udaljenosti. Također postoji mogućnost smanjenja troškova goriva slanjem paketa na LTL¹ [16].

Dostavljači često imaju proširene transportne mreže koje dosežu čak i udaljene ili ruralne lokacije, pa je iz tog razloga pristup udaljenim lokacijama još jedna u nizu prednosti paketne dostave [16].

Globalni doseg podrazumijeva mogućnost slanja pošiljaka gotovo bilo gdje u svijetu i to otvara globalna tržišta tvrtkama svih veličina [16].

Zadovoljstvo kupaca može se postići pouzdanom i pravovremenom dostavom pošiljaka. Dostavom paketa, tvrtke mogu osigurati da njihovi proizvodi stignu kupcima na siguran i pravodoban način, doprinoseći pozitivnim iskustvima kupaca [16].

Ekologija je u današnjem svijetu bitan faktor i kako održivost postaje sve važnija, mnoge tvrtke za dostavu paketa nude ekološki prihvatljive opcije poput dostave koja uzrokuje manje štetnih plinova nego klasični oblik dostave kako bi zadovoljile potrebe ekološki osviještenih potrošača i tvrtki [16].

3.2.2 Izazovi u paketnoj dostavi

Unatoč mnogim prednostima koje su opisane u poglavlju prije, paketna dostava se suočava sa dosta izazova. Neki od izazova paketne dostave su opisani u nastavku.

- Rizik oštećenja ili gubitka
- Carinska regulativa
- Kašnjenja u dostavi
- Troškovi
- Udaljene destinacije
- Ograničenja
- Točnost praćenja
- Problemi s povratkom robe

Tijekom procesa dostave paketa, uvijek postoji rizik da će paketi biti oštećeni ili izgubljeni, pogotovo ako nisu pravilno zapakirani ili rukovani. Taj se rizik može umanjiti odgovarajućim pakiranjem, osiguravanjem i odabirom pouzdanih usluga dostave [16].

¹ LTL (Less Than Truckload) – oblik dostave koja ima prednost dijeljenja troškova prijevoza s drugim pošiljateljima, budući da roba koja se šalje zauzima samo dio prostora kamiona

Za međunarodnu dostavu paketa, pridržavanje carinskih propisa može biti složen zadatak. Svaka zemlja ima svoja pravila i propise o uvozu i izvozu, što može rezultirati kašnjenjima ili dodatnim troškovima ako se ne riješi ispravno [16].

Unatoč procijenjenim vremenima dostave, neočekivani problemi poput vremenskih uvjeta, tehničkih poteškoća ili kašnjenja u carini mogu uzrokovati da paketi stignu kasnije nego što se očekivalo [16].

Iako je dostava paketa općenito ekonomična za manje predmete, može postati skupa za teže i veće predmete, pogotovo za dostavu na dugim udaljenostima ili za međunarodnu dostavu [16].

Dostava u udaljene ili teško dostupne destinacije može biti izazovnija i skuplja. Iako većina kurirskih službi odnosno davatelja paketnih usluga ima opsežne transportne mreže, određene lokacije još uvijek mogu biti teško dostupne i predstavljaju izazov [16].

Dostava paketa ima ograničenja za težinu i dimenziju paketa, pa sve što premašuje te granice obično bi trebalo biti dostavljeno putem tereta, što može biti složenije i skuplje i automatski veći izazov u pružanju paketne usluge [16].

Iako većina usluga dostave nudi praćenje, točnost i ažuriranje, u stvarnom vremenu ponekad mogu nedostajati. To može dovesti do neizvjesnosti o točnoj lokaciji ili vremenu dostave paketa [16].

Problemi s povratkom i ponovnom dostavom mogu biti veliki izazov kod paketne dostave. Ako primatelj nije dostupan za primitak dostave, to može rezultirati potrebom za ponovnom dostavom ili povratom, što može biti izazovno i vremenski zahtjevno [16].

4 ANALIZA POSTOJEĆEG SUSTAVA PAKETNE DOSTAVE NA PRIMJERU HRVATSKE POŠTE

Hrvatska pošta d.d. je glavna i najveća logistička tvrtka na tržištu Republike Hrvatske. Dominira kao najveći pružatelj poštanskih usluga, pokrivajući preko 80% tržišnog udjela. Uz navedene usluge, Hrvatska pošta također pruža korisnicima financijske i digitalne usluge poput ePošta i Žuti klik, e-trgovinu putem Paket24 opcije, te ostale usluge usmjerene na nove tržišne segmente. Organizacijska struktura tvrtke temelji se na divizijskom modelu kako bi se osigurala sukladnost s najnovijim standardima i olakšalo prilagođavanje potrebama različitih tržišta. Tvrtka je podijeljena na četiri divizije, a one su [17]:

- divizija pošta
- divizija mreža
- divizija ekspres
- divizija podrška

Divizija pošta, mreža i ekspres su teritorijalno organizirane, dok je divizija podrška centralizirana [17]. Na slici 9 je prikazan logotip Hrvatske pošte d.d.



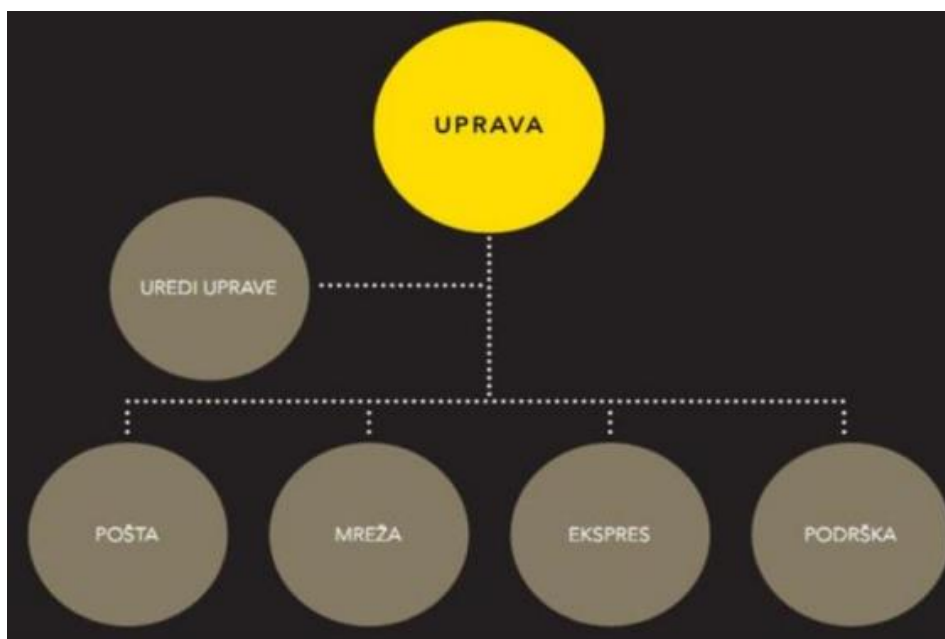
Slika 9. Logotip Hrvatske pošte d.d.

Izvor: [18]

4.1 Struktura Hrvatske pošte d.d.

Vlasništvo nad Hrvatskom poštom pripada Republici Hrvatskoj. Ova poštanska tvrtka, umjesto da se oslanja na županijski administrativni model, usvojila je iznimno efikasan divizijski pristup koji je u skladu s najnovijim međunarodnim standardima. Kao što je ranije navedeno, tvrtka je podijeljena na četiri divizije i to je prikazano na slici 10,

a ta je organizacijska promjena poboljšala poslovnu komunikaciju i usredotočila se na korisnike, jasno definirajući ovlasti i odgovornosti. Plitka divizijska struktura također je skratila liniju odgovornosti, što je ubrzalo procese odlučivanja unutar tvrtke. Ranije organiziran regionalni sustav s 20 županijskih poštanskih središta pokazao se troškovno neefikasnim i preprekom za prilagodbu promjenama na tržištu poštanskih usluga. Stoga je logično bilo ukinuti ove županijske centre i implementirati novu organizacijsku strukturu. U organizacijskom smislu, Hrvatska pošta prednjači među konkurentima u susjedstvu. Prema strateškom planu, sljedeći korak za Hrvatsku poštu je tehnološki razvoj koji će biti postignut izgradnjom modernog logističkog centra [19].



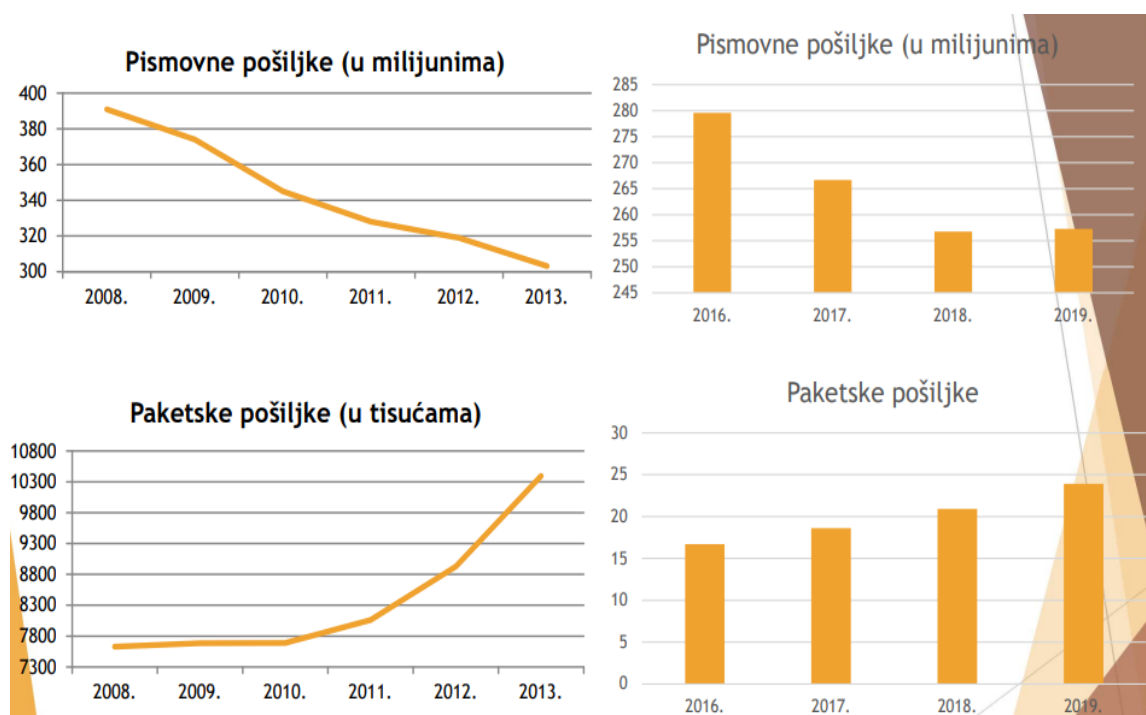
Slika 10. Struktura Hrvatske pošte d.d.

Izvor: [19]

Hrvatska pošta zauzima vodeću poziciju na tržištu poštanskih, kurirskih i logističkih usluga. Kao javno poduzeće, ima obvezu pružati usluge na cijelom teritoriju Republike Hrvatske, neovisno o profitabilnosti, što je razlikuje od drugih davatelja usluga koji se uglavnom fokusiraju na visoka profitabilna područja. Zakonski okvir za obavljanje poštanskih usluga regulira Zakon o pošti, osiguravajući univerzalnu dostupnost poštanskih usluga po istim uvjetima i cijenama diljem Republike Hrvatske. Ovo je ključna politika sektora s ciljem prilagodbe europskim standardima radi potpune liberalizacije tržišta poštanskih usluga [19].

Tržište poštanskih usluga u Hrvatskoj je dinamično s kontinuiranim rastom konkurencije. Ovo je pozitivno za korisnike i davatelje usluga iz razloga što potiče

povećanje kvalitete, smanjenje cijena i poboljšanje efikasnosti. Hrvatska pošta se ističe kao jedan od najuspješnijih sudionika na tržištu, fokusirajući se na kvalitetu usluga i organizaciju poslovanja. Iako na tržištu djeluje veći broj davatelja usluga, većina pruža visokokvalitetnu i pristupačnu uslugu. Tržište pismovnih pošiljaka bilježi pad zbog globalnih trendova, dok tržište paketnih pošiljaka raste, potaknuto porastom internetske trgovine. Procjenjuje se da Hrvatska pošta drži udio od 30% na tržištu paketnih pošiljaka, a očekuje se daljnji pad tržišta pismovnih pošiljaka i rast tržišta paketnih pošiljaka u budućnosti [19]. Grafički prikaz toga je prikazan na slici 11.



Slika 11. Grafički prikazi tržišta pismovnih i paketnih pošiljaka

Izvor: [20]

4.2 Prikaz i opis projektnog zadatka paketne dostave

Projektni zadatak koji će biti opisan u nastavku problematika je s kojom se Hrvatska pošta trenutno susreće i kao što sama tema ovog rada kaže, biti će postavljeni određeni prijedlozi s ciljem poboljšanja i optimizacije cijelog sustava paketne dostave Hrvatske pošte.

Zadatak se odnosi na paketnu dostavu urban-rural područja Republike Hrvatske i otvaranje distributivnih centara po ruralnim područjima, te kriterije za otvaranje novih distributivnih centara. U zadatku je potrebno definirati i prikazati broj potrebnih ruta, definirati skladišni prostor, cijenu prostora te pronaći optimalno transportno rješenje

makrolinije. Kalkulacija će biti napravljena na bazi mjeseca za period od idućih deset godina, a u obzir su uzeti i trendovi paketne dostave.

Glavni cilj u rješavanju problematike ovog zadatka je težiti zelenom prijevozu koji podrazumijeva smanjenje kilometara potrebnih za dostavu paketa, utjecaj na okoliš i slično, te naravno smanjenje fiksnih i varijabilnih troškova. Također kao što je i sam naziv teme rada, potrebno je optimizirati dostavne rute i povećati efikasnost zaposlenika odnosno poštara. Promatrana područja koja će se uzeti u razmatranje i izračun nalaze se u tablici 2.

Tablica 2. Promatrana područja i trenutna skladišta za projektni zadatak

Promatrano područje	Trenutno skladište
Požega + okolni poštanski brojevi	Slavonski Brod
Nova Gradiška + okolni poštanski brojevi	Slavonski Brod
Pazin + okolni poštanski brojevi	Novigrad
Ivanić Grad + okolni poštanski brojevi	Sesvete

Izvor: [21]

Ostali ulazni podaci koji su potrebni za određivanje novog sustava paketne dostave su:

- udio u ukupnom broju paketa za svih 12 mjeseci
- broj paketa po svakoj adresi posebno za svih 12 mjeseci
- operativni podaci radnog procesa zaposlenika
- pad broja stanovnika za 5% godišnje
- rast paketne industrije po stopi 15-20% godišnje

Svi ulazni podaci koji će se koristiti u nastavku su iz 2022. godine i prikazani su u sljedećim tablicama.

U tablici 3 se nalaze vremenski ulazni podaci, odnosno podaci koji pokazuju koliko minuta jedan poštar provede u skladištu na početku i kraju smjene, koliko vremena provede na dostavi po adresi, koliko vremena potroši na dostavu svakog dodatnog paketa te koliko iznose njegovo ukupno dnevno radno vrijeme i pauza.

Tablica 3. Ulazni operativni podaci radnog procesa zaposlenika

Proces	Vrijeme
Poštar - vrijeme provedeno u skladištu - početak smjene [min]	60
Poštar - provedeno u skladištu - kraj smjene [min]	15
Vrijeme potrebno za dostavu(adresa) [min]	5
Vrijeme potrebno za dostavu(svaki dodatni paket) [min]	1
Radno vrijeme poštara [h]	8
Stanka (pauza) [min]	30

Izvor: [21]

Broj stanovnika Republike Hrvatske u 2022. godini je iznosio približno 4 milijuna stanovnika te se pomoću tog podatka odredio broj paketa za svaki mjesec u cijeloj Hrvatskoj. Broj paketa za svaki mjesec je dobiven umnoškom broja stanovnika Republike Hrvatske i broja paketa po jednom stanovniku koji su dobiveni od Hrvatske pošte. Broj paketa za 2022. godinu se nalazi u tablici 4.

Tablica 4. Broj paketa u 2022. godini za urban-rural dio Republike Hrvatske

Broj stanovnika RH	4.000.000
Mjesec	2022
sij	594.828
vlj	587.450
ožu	714.165
tra	667.448
svi	720.833
lip	754.244
srp	734.078
kol	773.766
ruj	903.977
lis	863.566
stu	954.435
pro	882.517
Grand Total	9.151.307

Izvor: Izradio autor prema [21]

Istim postupkom kao i za cijelu Hrvatsku, izračunat je broj paketa za svaki mjesec u 2022. godini za svaki razmatrani grad. Tako su za Ivanić Grad koji je brojao otprilike 20 tisuća stanovnika te godine dobiveni brojevi paketa umnoškom broja stanovnika Ivanić Grada i broja paketa po stanovniku na adresama Ivanić Grada i okolice. Ti podaci se nalaze u tablici 5.

Tablica 5. Broj paketa u 2022. godini za područje Ivanić Grada

Broj stanovnika	20.000
Područje:	Ivanić Grad
Mjesec	2022
sij	5.831
vlj	6.462
ožu	7.855
tra	7.195
svi	7.615
lip	7.569
srp	6.483
kol	6.833
ruj	9.072
lis	9.499
stu	10.498
pro	8.652
Ukupno:	93.564

Izvor: Izradio autor prema [21]

Sljedeći grad koji se razmatra u ovome radu je grad Pazin. Pazin je 2022. godine brojao otprilike 8750 stanovnika, te je pomoću tog broja izračunat broj paketa za taj grad i okolicu. Podaci za Pazin u 2022. godini se nalaze u tablici 6.

Tablica 6. Broj paketa u 2022. godini za područje Pazina

Broj stanovnika	8.750
Područje:	Pazin
Mjesec	2022
sij	3.514
vlj	6.119
ožu	7.439
tra	7.091
svi	9.098
lip	11.104
srp	12.429
kol	13.100
ruj	13.309
lis	8.995
stu	9.942
pro	9.196
Grand Total	111.337

Izvor: Izradio autor prema [21]

Nova Gradiška je grad koji je 2022. godine imao nešto više od 13 tisuća stanovnika, a broj paketa za taj grad i okolicu je izračunat umnoškom broja stanovnika grada i broja paketa po stanovniku tog grada i okolice. Izračunat je broj od otprilike 83 tisuće paketa za 2022. godinu, a podaci su prikazani u tablici 7.

Tablica 7 Broj paketa u 2022. godini za područje Nove Gradiške

Broj stanovnika	13.200
Područje:	Nova Gradiška
Mjesec	2022
sij	4.598
vlj	4.458
ožu	5.420
tra	5.166
svi	6.629
lip	8.090
srp	9.055
kol	9.544
ruj	9.696
lis	6.553
stu	7.243
pro	6.700
Grand Total	83.152

Izvor: Izradio autor prema [21]

Posljednji grad koji ulazi u razmatranje je grad Požega i taj grad je 2022. godine imao oko 23 tisuće stanovnika. Kao i ranije za ostale gradove, izračunat je broj paketa za svaki mjesec u toj godini i zbrojem svih paketa u mjesecu dobiven je broj od skoro 90 tisuća paketa godišnje za grad Požegu. Podaci su prikazani u tablici 8.

Tablica 8. Broj paketa u 2022. godini za područje Požege

Broj stanovnika	23.800
Područje:	Požega
Mjesec	2022
sij	7.201
vlj	4.961
ožu	6.031
tra	5.682
svi	6.917
lip	8.043
srp	8.543
kol	9.005
ruj	9.640
lis	7.293
stu	8.061
pro	7.212
Grand Total	88.588

Izvor: Izradio autor prema [21]

U projektu će biti razmatrana tri prijedloga odnosno opcije za novi sustav paketne distribucije. Prva opcija obuhvaća trenutnu situaciju s postojećim lokacijama skladišta, dok su opcija 1 i opcija 2 nove solucije s alternativnim lokacijama i transportnim mrežama. Svaka od ovih opcija će se kasnije u radu detaljno analizirati i usporediti

kako bi se utvrdila optimalna situacija za poslovanje Hrvatske pošte. Na slici 12 su prikazane trenutne lokacije skladišta i transportna mreža za urban-rural paketnu dostavu Hrvatske pošte, a u ostalim poglavljima će biti prikazane nove lokacije distribucijskih centara i transportnih mreža.



Slika 12. Prikaz trenutnog geografskog stanja sustava paketne distribucije Hrvatske pošte

Izvor: Izradio autor prema [21]

5 PRIJEDLOG NOVE TRANSPORTNE MREŽE PAKETNE DOSTAVE NA PRIMJERU HRVATSKE POŠTE

U ovome poglavlju će biti prikazana dva prijedloga novih transportnih mreža i lokacija distributivnih centara kao i cijeli postupak izračuna i određivanja bolje opcije.

5.1 Količina paketa za svaki grad

U nastavku je potrebno odrediti omjer ukupnog broja paketa za svaki mjesec u 2022. godini sa brojem stanovnika za svako područje posebno. Iz prethodnog računa za broj paketa u cijelom urban-rural dijelu Republike Hrvatske, može se zaključiti da uz rast paketne dostave 15-20% i okvirnim predviđenim padom broja stanovnika od 5% godišnje, najveći broj paketa će biti u 2032. godini. Iz tog razloga će se za svako područje koristiti isključivo podaci iz te godine. Broj paketa kroz svih deset godina prikazan je u tablici 9.

Tablica 9. Broj paketa kroz deset godina za urban-rural dio Republike Hrvatske

Tablice broja paketa za svaku godinu:											
Broj stanovnika RH	4.000.000	3.800.000	3.610.000	3.429.500	3.258.025	3.095.124	2.940.368	2.793.349	2.653.682	2.520.998	2.394.948
Mjesec	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
sij	594.828	658.608	745.870	847.311	934.158	1.024.881	1.138.948	1.269.230	1.393.509	1.586.499	1.747.145
vij	587.450	652.847	716.188	815.070	919.254	1.010.680	1.140.422	1.283.186	1.455.698	1.609.333	1.825.778
ožu	714.165	805.174	884.325	1.001.383	1.107.647	1.236.898	1.400.416	1.539.268	1.718.917	1.918.779	2.114.944
tra	667.448	742.991	833.888	913.661	1.002.528	1.136.473	1.268.920	1.425.566	1.580.311	1.774.561	1.997.807
svi	720.833	787.693	885.305	974.193	1.101.210	1.243.197	1.369.186	1.507.552	1.692.359	1.919.697	2.140.283
lip	754.244	829.590	944.607	1.060.666	1.166.876	1.302.840	1.444.283	1.623.964	1.847.014	2.063.680	2.289.821
srp	734.078	802.418	902.758	1.020.275	1.161.270	1.276.549	1.415.903	1.604.808	1.754.131	1.945.623	2.136.867
kol	773.766	847.006	952.535	1.065.114	1.192.997	1.341.851	1.494.930	1.649.938	1.831.751	2.041.491	2.324.901
ruj	903.977	1.012.298	1.123.630	1.274.386	1.436.217	1.580.516	1.729.527	1.939.069	2.205.484	2.428.379	2.746.344
lis	863.566	958.319	1.082.309	1.209.099	1.354.347	1.542.503	1.687.020	1.843.365	2.038.451	2.277.546	2.535.204
stu	954.435	1.065.652	1.205.850	1.355.076	1.499.366	1.642.440	1.863.492	2.054.627	2.277.313	2.586.927	2.864.892
pro	882.517	970.436	1.095.414	1.201.015	1.318.156	1.501.492	1.651.247	1.878.868	2.141.152	2.363.993	2.598.722
Grand Total	9.151.307	10.133.033	11.372.680	12.737.248	14.194.025	15.840.320	17.604.295	19.619.438	21.936.089	24.516.510	27.322.706

Izvor: Izradio autor prema [21]

5.1.1 Ivanić Grad

Udio paketa za Ivanić Grad u 2022. godini je dobiven umnoškom zbroja postotaka svih udjela paketa svakog mjesta koje spada pod Ivanić Grad i brojem paketa po adresi. Taj broj se množi sa brojem paketa u cijeloj Hrvatskoj za taj mjesec i podijeli sa brojem stanovnika u Ivanić Gradu u toj godini i dobije se broj paketa po stanovniku Ivanić Grada.

Nakon tog izračuna, potrebno je izračunati broj paketa po stanovniku za idućih deset godina uz pad stanovništva 5%, a to se izračunalo umnoškom prethodnog rezultata sa funkcijom RAND uz povećanje 15-20%.

Dobivenim rezultatima broja paketa po stanovniku za deset godina u Ivanić Gradu, izračunata je količina paketa koja će biti usmjerena prema Ivanić Gradu, a rezultati su prikazani u tablici 10.

Tablica 10. Broj paketa za Ivanić Grad u idućih deset godina

Broj stanovnika	20.000	19.000	18.050	17.148	16.290	15.476	14.702	13.967	13.268	12.605	11.975
Područje:	Ivanić Grad										
Mjesec	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
sij	5.831	6.494	7.339	8.343	9.427	10.380	11.803	13.376	14.907	16.623	18.196
vlj	6.462	7.078	8.035	8.801	9.629	10.560	11.953	13.310	14.592	16.511	18.617
ožu	7.855	8.866	9.709	10.784	11.966	13.596	14.931	16.857	19.123	21.629	24.295
tra	7.195	8.017	9.019	10.143	11.470	12.997	14.348	16.153	17.923	19.779	22.180
svi	7.615	8.377	9.175	10.031	11.117	12.314	13.782	15.453	17.458	19.528	21.650
lip	7.569	8.460	9.462	10.421	11.861	13.160	14.789	16.464	18.069	20.203	22.994
srp	6.483	7.196	7.902	8.847	9.710	10.637	11.945	13.405	14.685	16.094	17.991
kol	6.833	7.768	8.827	9.943	11.132	12.421	13.910	15.422	16.874	18.775	20.850
ruj	9.072	10.159	11.208	12.521	13.893	15.720	17.524	19.255	21.298	23.571	26.015
lis	9.499	10.601	11.636	12.820	14.203	16.052	17.822	20.001	22.707	25.670	28.950
stu	10.498	11.588	13.068	14.347	15.953	18.079	20.441	23.083	25.690	28.540	31.707
pro	8.652	9.818	10.966	12.081	13.433	14.932	16.450	18.478	20.685	22.835	25.194
Ukupno:	93.564	104.423	116.347	129.083	143.794	160.847	179.697	201.258	224.011	249.758	278.637

Izvor: Izradio autor prema [21]

5.1.2 Pazin

Za svaki sljedeći grad postupak računanja je identičan kao i prethodni račun za Ivanić Grad, samo su drugačiji rezultati jer se ne radi o istom broju paketa i stanovnika. Broj paketa za idućih deset godina u gradu Pazinu je prikazan u tablici 11.

Tablica 11. Broj paketa za Pazin u idućih deset godina

Broj stanovnika	8.750	8.313	7.897	7.502	7.127	6.771	6.432	6.110	5.805	5.515	5.239
Područje:	Pazin										
Mjesec	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
sij	3.514	3.991	4.404	4.974	5.435	6.039	6.747	7.423	8.316	9.419	10.426
vlj	6.119	6.931	7.742	8.577	9.693	10.948	12.207	13.838	15.393	17.156	19.411
ožu	7.439	8.141	8.959	10.068	11.440	12.712	13.904	15.434	16.969	18.836	20.613
tra	7.091	8.073	8.987	9.983	11.339	12.871	14.433	15.861	17.999	20.109	22.043
svi	9.098	10.120	11.323	12.754	14.281	16.017	17.935	20.393	22.332	24.858	28.315
lip	11.104	12.136	13.713	15.110	16.537	18.207	20.019	21.901	24.227	27.315	30.663
srp	12.429	14.070	15.400	17.061	18.815	21.212	23.233	25.534	28.866	32.410	35.630
kol	13.100	14.848	16.547	18.793	20.997	23.927	27.194	30.134	33.502	38.074	41.906
ruj	13.309	15.015	16.780	18.943	21.009	23.335	26.138	29.107	32.774	36.547	41.013
lis	8.995	10.122	11.468	12.879	14.316	15.927	17.805	19.675	21.700	23.745	25.984
stu	9.942	11.291	12.359	13.510	15.001	17.031	19.063	21.561	23.974	27.008	30.152
pro	9.196	10.062	11.159	12.311	13.750	15.537	17.468	19.224	21.639	24.498	26.997
Grand Total	111.337	124.798	138.841	154.962	172.612	193.764	216.144	240.083	267.692	299.975	333.151

Izvor: Izradio autor prema [21]

5.1.3 Nova Gradiška

Broj paketa za Novu Gradišku uz rast paketne industrije za 15-20% i pad broja stanovništva za 5% prikazan je u tablici 12.

Tablica 12. Broj paketa za Novu Gradišku u idućih deset godina

Broj stanovnika	13.200	12.540	11.913	11.317	10.751	10.214	9.703	9.218	8.757	8.319	7.903
Područje:	Nova Gradiška										
Mjesec	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
sij	4.598	5.061	5.634	6.394	7.032	7.782	8.831	9.975	11.230	12.471	13.701
vlj	4.458	4.991	5.632	6.307	7.004	7.851	8.885	9.723	10.788	11.873	13.464
ožu	5.420	6.123	6.904	7.747	8.688	9.673	10.750	11.920	13.228	14.554	16.157
tra	5.166	5.730	6.410	7.015	7.880	8.841	9.756	11.021	12.460	14.153	15.578
svi	6.629	7.468	8.238	9.020	10.057	11.140	12.421	14.025	15.607	17.706	19.652
lip	8.090	8.945	9.974	11.144	12.537	14.094	16.027	17.982	20.376	22.832	25.021
srp	9.055	9.912	11.255	12.597	13.898	15.498	17.039	19.123	20.998	23.060	25.377
kol	9.544	10.640	11.664	13.089	14.516	15.967	18.116	20.362	22.816	25.473	28.971
ruj	9.696	10.771	11.770	13.118	14.948	16.494	18.130	20.330	22.292	24.389	27.102
lis	6.553	7.260	8.036	8.958	10.211	11.529	13.031	14.451	16.138	18.028	20.119
stu	7.243	8.028	8.919	10.027	11.179	12.643	14.100	15.663	17.315	19.695	21.666
pro	6.700	7.518	8.236	9.072	10.314	11.494	12.623	14.388	16.038	17.989	19.748
Grand Total	83.152	92.448	102.672	114.490	128.262	143.007	159.709	178.961	199.286	222.222	246.556

Izvor: Izradio autor prema [21]

5.1.4 Požega

Posljednji grad koji ulazi u razmatranje je Požega i podaci ukupnog broj paketa kroz idućih deset godina za taj grad su prikazani u tablici 13.

Tablica 13. Broj paketa za Požegu u idućih deset godina

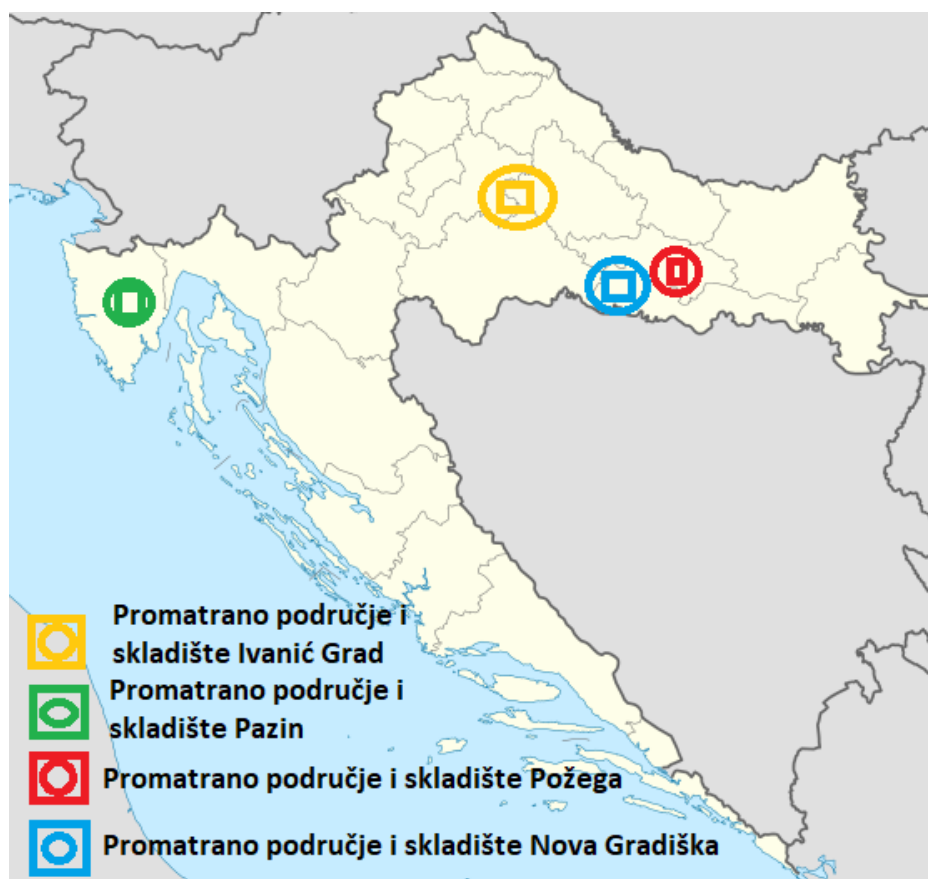
Broj stanovnika	23.800	22.610	21.480	20.406	19.385	18.416	17.495	16.620	15.789	15.000	14.250
Područje:	Požega										
Mjesec	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
sij	7.201	7.941	8.862	9.707	10.629	12.116	13.300	14.689	16.328	18.575	20.520
vlj	4.961	5.433	6.124	6.964	7.715	8.700	9.508	10.491	11.745	13.234	14.492
ožu	6.031	6.685	7.619	8.623	9.517	10.531	11.850	13.185	14.961	16.374	18.181
tra	5.682	6.281	7.049	7.729	8.716	9.847	10.924	12.232	13.655	15.326	16.802
svi	6.917	7.795	8.550	9.594	10.557	11.851	13.180	14.746	16.124	18.090	20.094
lip	8.043	9.097	9.944	11.233	12.354	13.893	15.454	17.414	19.356	21.581	24.147
srp	8.543	9.626	10.795	11.971	13.408	14.993	16.456	18.713	21.233	23.478	26.183
kol	9.005	10.061	11.298	12.752	14.319	15.983	17.728	20.163	22.637	25.318	28.551
ruj	9.640	10.715	12.140	13.519	15.117	16.831	18.531	20.707	22.768	25.492	28.274
lis	7.293	8.039	9.115	10.293	11.641	12.742	14.086	15.592	17.270	19.533	21.459
stu	8.061	9.181	10.330	11.624	13.127	14.737	16.116	18.244	20.375	23.041	25.334
pro	7.212	8.202	9.320	10.405	11.608	12.768	14.305	16.022	17.695	20.120	22.652
Grand Total	88.588	99.056	111.147	124.415	138.709	154.991	171.439	192.197	214.146	240.161	266.688

Izvor: Izradio autor prema [21]

Iz tablica se može vidjeti kako su uvjeti rasta paketne dostave i pada stanovništva rezultirali konstantnim rastom paketa svake godine te će najveći broj paketa u svakom gradu biti u 2032. godini. Okviran broj paketa koji će se distribuirati u Ivanić Grad iznosi nešto više od 278 000 paketa, za grad Pazin više od 333 000, Nova Gradiška će u 2032. godini biti na otprilike 246 000 paketa, a Požega na 266 000. Iz razloga što je za svaki grad najveći broj paketa očekivan u 2032. godini, sljedeći izračuni za ostale prognoze će biti samo na temelju podataka iz 2032. godine.

5.2 Prijedlog 1

U prvom prijedlogu će skladišta biti postavljena u gradove čija se područja promatraju, pa je iz tog razloga nova pozicija skladišta prikazana na slici 13 i tablici 14.



Slika 13. Prikaz novih lokacija skladišta za prijedlog 1

Izvor: Izradio autor prema [21]

Tablica 14. Nove lokacije skladišta za promatrana područja (prijedlog 1)

Promatrano područje	Novo skladište
Požega + okolni poštanski brojevi	Požega
Nova Gradiška + okolni poštanski brojevi	Nova Gradiška
Pazin + okolni poštanski brojevi	Pazin
Ivanić Grad + okolni poštanski brojevi	Ivanić Grad

Izvor: Izradio autor prema [21]

Prije samog početka izračuna vremena dostave paketa, broja paketa po radniku u smjeni i slično, potrebno je prikazati ulazne podatke za novu situaciju. Broj radnih

dana u mjesecu iznosi 21, a prostorna i vremenska udaljenost između promatranog područja i skladišta je prikazana u tablici 15.

Tablica 15. Prostorna i vremenska udaljenost između promatranog područja i skladišta za prijedlog 1

Ivanić Grad [min] i [km]	Pazin [min] i [km]	Nova Gradiška [min] i [km]	Požega [min] i [km]
0	0	0	0
0	0	0	0

Izvor: Izradio autor prema [21]

Kako bi se dobilo samo vrijeme koje poštari ima u smjeni za dostavu paketa, potrebno je od 8 sati smjene oduzeti vrijeme koje poštari provede u skladištu na početku smjene, vrijeme provedeno u skladištu na kraju smjene, pauzu od 30 minuta i vrijeme od skladišta do promatranog područja i nazad. Kako je u ovom slučaju vrijeme od skladišta do promatranog područja 0 minuta jer se nalaze na istoj lokaciji, u račun se uzimaju samo operativni podaci. Od ukupnih 480 minuta (8 sati), poštari u pravilu ima 375 minuta za dostavu paketa u toj smjeni.

Nakon tog podatka, potrebno je izračunati koliko paketa jedan radnik može dostaviti u smjeni. Taj se podatak dobije omjerom vremena za dostavu paketa koji je izračunat u prethodnom koraku i vremena potrebno za dostavu između svake adrese koje iznosi 5 minuta. Za ovaj prijedlog, jedan radnik može dostaviti dnevno 75 paketa.

Kada postoji informacija o broju paketa jednog radnika, moguće je proizvoljno odrediti broj radnika, te nakon toga izračunati broj potrebnih paketa u danu, broj stvarno dostavljenih paketa u danu, broj nedostavljenih paketa i zalihe.

Paketi u danu se izračunaju omjerom broja paketa u mjesecu sa brojem radnih dana u mjesecu. Broj stvarno dostavljenih paketa je moguće izračunati umnoškom broja radnika koji rade u smjeni i broja paketa koji svaki radnik može dostaviti. Broj nedostavljenih paketa se računa razlikom između potrebnog broja paketa dnevno i mogućeg broja dostavljenih paketa dnevno. Mjesečne zalihe paketa koje se ne stignu dostaviti se skladište u distributivni centar te je količinu zaliha potrebno izračunati kako bi se mogla odrediti veličina skladišta. Upravo iz tog razloga se zalihe računaju kao umnožak broja nedostavljenih paketa u danu i radnih dana u mjesecu te zbroj paketa svaki novi dan. Kapacitet, odnosno veličina skladišta se računa kao omjer mjesečnih zaliha i kapacitet skladišta koji iznosi 7 paketa po metru kvadratnom.

5.2.1 Ivanić Grad

Ranije navedeni izračuni potrebni su za sva četiri promatrana područja, a konkretno ti podaci za Ivanić Grad se nalaze u tablici 16.

Tablica 16. Izračunati podaci za Ivanić Grad u prijedlogu 1

Broj radnika	Paketi u danu	Ostavljeni paketi po dan	Nedostavljeno taj dan	Zalihe paketa mjesečno	Veličina skladišta [m ²]
5	765	375	390	8.961	1.280
6	1.014	450	564	12.856	1.837
7	1.214	525	689	15.678	2.240
8	990	600	390	9.189	1.313
9	1.061	675	386	9.178	1.311
10	1.131	750	381	9.136	1.305
11	974	825	149	4.099	586
12	975	900	75	2.553	365
13	1.291	975	316	7.916	1.131
14	1.290	1.050	240	6.328	904
15	1.448	1.125	323	8.232	1.176
16	1.275	1.200	75	2.842	406

Izvor: Izradio autor prema [21]

5.2.2 Pazin

Na isti princip izračuna kao i za Ivanić Grad, dobiveni su podaci i za grad Pazin te se nalaze u tablici 17.

Tablica 17. Izračunati podaci za Pazin u prijedlogu 1

Broj radnika	Paketi u danu	Ostavljeni paketi po dan	Nedostavljeno taj dan	Zalihe paketa mjesečno	Veličina skladišta [m ²]
5	523	375	148	3.628	518
6	887	450	437	10.054	1.436
7	984	525	459	10.619	1.517
8	1.038	600	438	10.229	1.461
9	1.314	675	639	14.735	2.105
10	1.580	750	830	19.003	2.715
11	1.786	825	961	21.962	3.137
12	1.777	900	877	20.188	2.884
13	1.962	975	987	22.693	3.242
14	1.236	1.050	186	5.146	735
15	1.484	1.125	359	9.014	1.288
16	1.325	1.200	125	3.951	564

Izvor: Izradio autor prema [21]

5.2.3 Nova Gradiška

Za Novu Gradišku su također uzeti jednako proizvoljno određeni brojevi radnika, ali se rezultati razlikuju zbog drugačijih mjesečnih paketa u 2032. godini. Podaci za Novu Gradišku su prikazani u tablici 18.

Tablica 18. Izračunati podaci za Novu Gradišku u prijedlogu 1

Broj radnika	Paketi u danu	Ostavljeni paketi po dan	Nedostavljeno taj dan	Zalihe paketa mjesečno	Veličina skladišta [m²]
5	691	375	316	7.332	1.047
6	658	450	208	5.024	718
7	763	525	238	5.769	824
8	711	600	111	3.052	436
9	968	675	293	7.120	1.017
10	1.163	750	413	9.829	1.404
11	1.366	825	541	12.718	1.817
12	1.410	900	510	12.114	1.731
13	1.372	975	397	9.714	1.388
12	909	900	9	1.091	156
12	1.069	900	169	4.610	659
12	983	900	83	2.727	390

Izvor: Izradio autor prema [21]

5.2.4 Požega

Za svaki grad pa tako i za Požegu je isto vrijeme za dostavu paketa i broj paketa po radniku, ali je razlika u mjesečnim paketima koje svaki grad ima različito. Za grad Požegu podaci su prikazani u tablici 19.

Tablica 19. Izračunati podaci za Požegu u prijedlogu 1

Broj radnika	Paketi u danu	Ostavljeni paketi po dan	Nedostavljeno taj dan	Zalihe paketa mjesečno	Veličina skladišta [m²]
5	1.023	375	648	14.622	2.089
6	695	450	245	5.848	835
7	858	525	333	7.857	1.122
8	777	600	177	4.486	641
9	1.035	675	360	8.591	1.227
10	1.246	750	496	11.662	1.666
11	1.176	825	351	8.543	1.220
12	1.234	900	334	8.256	1.179
13	1.426	975	451	10.901	1.557
13	1.040	975	65	2.404	343
13	1.180	975	205	5.476	782
13	1.050	975	75	2.617	374

Izvor: Izradio autor prema [21]

Nakon izračuna svih podataka za svako područje, potrebno je još izračunati troškove kako bi se moglo odrediti koji je prijedlog novog paketnog sustava bolji. U troškove paketne distribucije spadaju troškovi goriva, troškovi najma skladišta, troškovi režija, plaće radnika i slično. Svi ti troškovi zajedno pokazuju isplati li se ulagati u novi sustav ili ne. Za trošak goriva je uzeta prosječna cijena od 1,43 eura po litri goriva. Najam skladišta je u izračunu u prosjeku od 5 eura po kvadratnom metru, a režije iznose 1 euro po kvadratnom metru. Prosječna potrošnja vozila za dostavu paketa je 8 litara na 100 kilometara, a plaća radnika iznosi 1190 eura mjesečno brutto. Radi

lakšeg izračuna, prosječna udaljenost između svake adrese je 3 kilometra. U tablici 20 su prikazani ulazni podaci za izračun troškova.

Tablica 20. Ulazni podaci za izračun troškova u prijedlogu 1

Gorivo	1,43 eura/litra
Najam	5 eura/m ²
Režije	1 euro/m ²
Prosječna potrošnja vozila	8 litara/100 km
Prosječna plaća radnika	1190 eura/mjesečno brutto
Prosječno kilometara između svake adrese	3 km

Izvor: Izradio autor prema [21]

Potrošnja goriva se izračuna kao omjer prijeđenih mjesečnih kilometara vozila sa 100 i pomnoži sa potrošnjom vozila i cijenom goriva. Trošak skladišta se dobije tako što se pomnoži potreban kapacitet skladišta prema broju paketa sa troškovima najma i režija. Na kraju se troškovi na zaposlenike izračunaju kao plaća radnika pomnožena sa brojem radnika koji su zaposleni.

Nakon svih tih izračuna potrebno je zbrojiti sve izračunate troškove, a oni se nalaze u tablici 21.

Tablica 21. Svi troškovi za sva područja u prijedlogu 1

Max troškovi Ivanić Grad		
Prijeđeni kilometri	4.725,00	km/radniku u mjesecu
Skladište	14.367	eura/mjesečno
Gorivo	540,54	eura/mjesečno
Plaća radnika	19040	eura/mjesečno brutto
Ukupno:	33.948	eura/mjesečno
Max troškovi Pazin		
Prijeđeni kilometri	4.725,00	km/radniku u mjesecu
Skladište	19.794	eura/mjesečno
Gorivo	540,54	eura/mjesečno
Plaća radnika	19040	eura/mjesečno brutto
Ukupno:	39.374	eura/mjesečno
Max troškovi Nova Gradiška		
Prijeđeni kilometri	4.725,00	km/radniku u mjesecu
Skladište	10.166	eura/mjesečno
Gorivo	540,54	eura/mjesečno
Plaća radnika	15470	eura/mjesečno brutto
Ukupno:	26.177	eura/mjesečno
Max troškovi Požega		
Prijeđeni kilometri	4.725,00	km/radniku u mjesecu
Skladište	13.050	eura/mjesečno
Gorivo	540,54	eura/mjesečno
Plaća radnika	15470	eura/mjesečno brutto
Ukupno:	29.060	eura/mjesečno

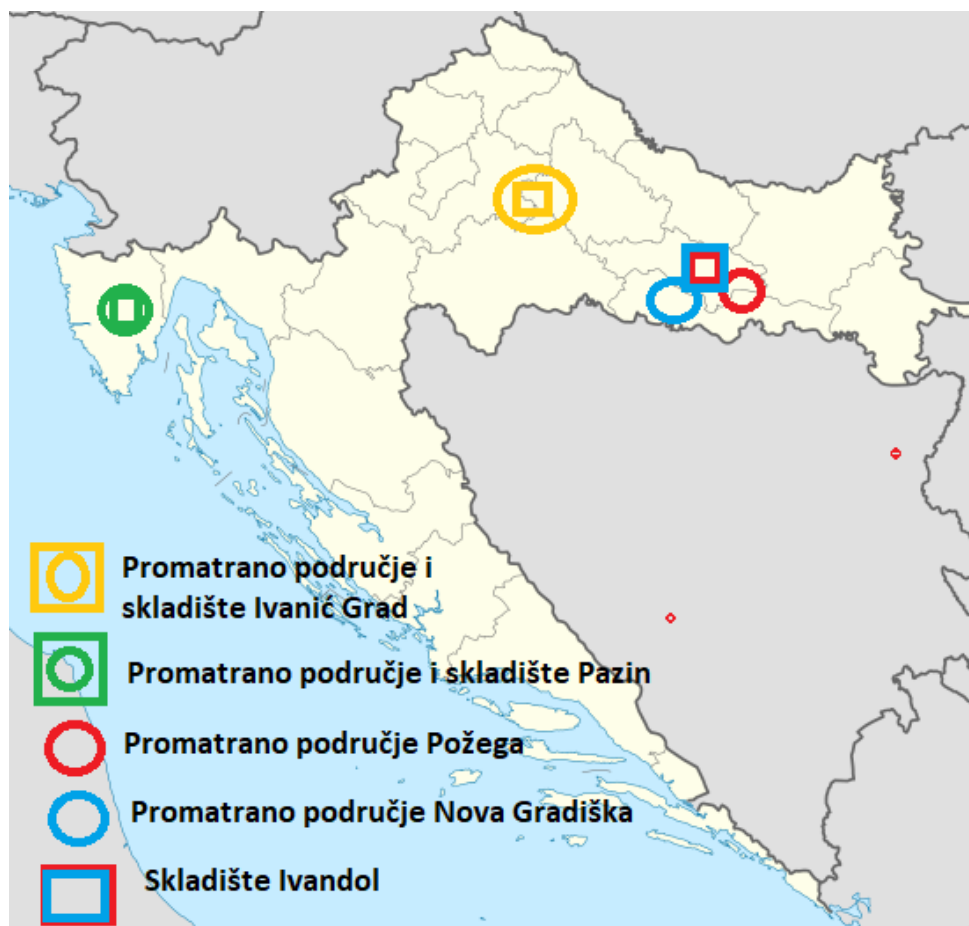
Izvor: Izradio autor prema [21]

Iz priložene tablice se može primjetiti da su najmanji troškovi za grad Požegu i iznose nešto više od 29 000 eura na mjesečnoj razini, a troškovi za grad Pazin su daleko najveći i iznose više od 39 000 eura mjesečno. Kao što se može zaključiti, jedini utjecaj u ovim troškovima je imalo skladište jer za grad Pazin ide najviše paketa i potrebno je najveće skladište u odnosu na ostala tri područja. Nakon Pazina, sljedeći po najvećim troškovima je Ivanić Grad, a treći po redu je Nova Gradiška. Sada je potrebno sve ponovo izračunati za drugu opciju i usporediti sve troškove i odrediti koja opcija je najbolja za sustav paketne distribucije.

5.3 Prijedlog 2

U drugom prijedlogu se događaju manje izmjene lokacije skladišta koje automatski rezultiraju drugačijim podacima i izračunima. Skladišta za Ivanić Grad i Pazin i dalje ostaju u tim gradovima, dok skladište za gradove Požegu i Novu Gradišku prelazi u mjesto Ivandol koje se nalazi na pola puta između ta dva grada. Na slici 14

je prikazan geografski položaj novog skladišta za prijedlog 2, a u tablici 22 su napisana skladišta za svako područje.



Slika 14. Geografski prikaz novog skladišta za prijedlog 2

Izvor: Izradio autor prema [21]

Tablica 22. Nova lokacija skladišta za područje Nove Gradiške i Požege (prijedlog 2)

Promatrano područje	Novo skladište
Požega + okolni poštanski brojevi	Ivandol
Nova Gradiška + okolni poštanski brojevi	Ivandol
Pazin + okolni poštanski brojevi	Pazin
Ivanić Grad + okolni poštanski brojevi	Ivanić Grad

Izvor: Izradio autor prema [21]

Zbog promjene lokacije skladišta za neka područja, drugačije su i udaljenosti, pa su iz tog razloga novi ulazni podaci potrebni za prijedlog 2. Vrijeme i udaljenost za Ivanić Grad i Pazin se nisu promijenili u odnosu na prijedlog 1, ali su zato vrijeme

putovanja poštara od skladišta u Ivandolu do Nove Gradiške i nazad 40 minuta, a za Požegu 30 minuta. Promatrajući to u kilometrima, Ivandol se nalazi na 36 kilometara od Nove Gradiške, a 28 kilometara od Požege. Podaci se nalaze u tablici 23.

Tablica 23. Vremenske i prostorne udaljenosti za područja (prijedlog 2)

Ivanić Grad [min] i [km]	Pazin [min] i [km]	Ivandol-Nova Gradiška-Ivandol [min] i [km]	Ivandol-Požega-Ivandol [min] i [km]
0	0	40	30
0	0	36	28

Izvor: Izradio autor prema [21]

Iz razloga što su vremenski i prostorni podaci za Ivanić Grad i Pazin isti kao u prijedlogu 1, vrijeme za dostavku paketa i broj paketa jednog radnika u smjeni se ne mijenja za te gradove. Međutim, za Novu Gradišku i Požegu su podaci drugačiji. Tako dolazimo do podatka da je poštaru koji radi dostavu na području Nove Gradiške na raspolaganju 335 minuta što je čak 40 minuta manje u odnosu na prijedlog 1. Za grad Požegu je vrijeme nešto veće i iznosi 345 minuta, ali i dalje znatno manje nego za skladišta u prijedlogu 1.

Po vremenima koje poštari imaju na raspolaganje za ova dva područja, u području Nove Gradiške, jedan poštar može dostaviti 67 paketa, a na području Požege maksimalno 69 paketa. Ako se uspoređuje sa mogućnostima dostave iz prijedloga 1, može se zaključiti da poštari nisu u mogućnosti dostaviti jednak broj paketa kao iz prijašnjeg prijedloga.

Po istom principu računanja kao u prijedlogu 1, izračunati su podaci za gradove Novu Gradišku i Požegu te se oni nalaze u sljedećim poglavljima.

5.3.1 Nova Gradiška

Za vrijeme od 335 minuta u smjeni koje jedan poštar ima za dostavu paketa na području Nove Gradiške, izračunati su sljedeći podaci u tablici 24.

Tablica 24. Izračunati podaci za Novu Gradišku (prijedlog 2)

Broj radnika	Paketi u danu	Dostavljeni paketi po danu	Nedostavljeno taj dan	Zalihe paketa mjesečno	Veličina skladišta [m ²]
5	656	335	321	7.387	1.055
6	635	402	233	5.526	789
7	739	469	270	6.400	914
8	724	536	188	4.679	668
9	966	603	363	8.587	1.227
10	1.190	670	520	12.115	1.731
11	1.284	737	547	12.777	1.825
12	1.359	804	555	13.020	1.860
13	1.494	871	623	14.586	2.084
13	918	871	47	1.896	271
13	1.097	871	226	5.847	835
13	944	871	73	2.476	354

Izvor: Izradio autor prema [21]

5.3.2 Požega

Grad Požega ima drugačije podatke zbog većeg vremenskog razdoblja za dostavu paketa u odnosu na područje Nove Gradiške, a podaci su prikazani u tablici 25.

Tablica 25. Izračunati podaci za Požegu (prijedlog 2)

Broj radnika	Paketi u danu	Dostavljeni paketi po danu	Nedostavljeno taj dan	Zalihe paketa mjesečno	Veličina skladišta [m ²]
5	1.033	345	688	15.475	2.211
6	716	414	302	7.065	1.009
7	831	483	348	8.137	1.162
8	794	552	242	5.875	839
9	987	621	366	8.683	1.240
10	1.156	690	466	10.943	1.563
11	1.182	759	423	10.058	1.437
12	1.231	828	403	9.702	1.386
13	1.392	897	495	11.790	1.684
13	1.061	897	164	4.503	643
13	1.177	897	280	7.060	1.009
13	1.033	897	136	3.886	555

Izvor: Izradio autor prema [21]

Što se tiče troškova i ulaznih podataka za troškove, oni su isti kao u prijedlogu 1, ali zbog promjene lokacije skladišta za dva grada, drugačiji su rezultati. U tablici 26 su prikazani troškovi za Novu Gradišku i Požegu kada bi se skladište nalazilo na području Ivandola.

Tablica 26. Troškovi za lokaciju skladišta u Ivandolu (prijedlog 2)

Max troškovi Ivandol		
Skladište	25.767	eur/mjesečno
Gorivo	987,5	eur/mjesečno
Plaće radnika	30940	eur/mjesečno brutto
Ukupno:	57.694	eur/mjesečno

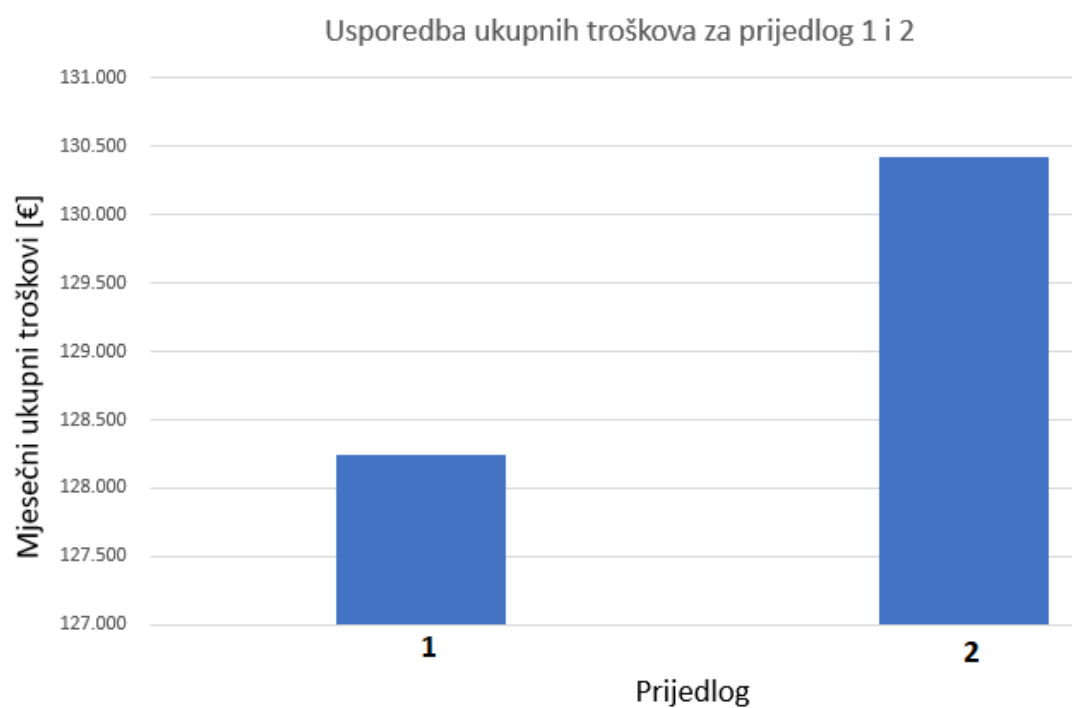
Izvor: Izradio autor prema [21]

Iz priloženog se može vidjeti da su troškovi za lokaciju skladišta u Ivandolu veći od sume troškova za skladišta u svakom gradu posebno iz prijedloga 1, što dolazi do zaključka da je prijedlog 1 isplativiji. Međutim, potrebno je sve usporediti kako bi se došlo do točnih rezultata.

5.4 Usporedba prijedloga 1 i 2

U ovom poglavlju će biti detaljno objašnjena analiza oba prijedloga i donesena odluka koji prijedlog je isplativiji za sustav paketne dostave Hrvatske pošte.

Ako se uspoređuju podaci o maksimalnom broju paketa koje poštari može dostaviti u jednoj smjeni, brojevi su na strani prijedloga 1. Situacija u kojoj svako promatrano područje ima skladište u neposrednoj blizini dovodi do situacije u kojoj poštari ne gubi vrijeme na dolazak i odlazak i skladišta i automatski ima više vremena za dostavu paketa. To rezultira manjim brojem prijeđenih kilometara, manjom potrošnjom goriva i manjim kapacitetom skladišta. Sumom svih tih parametara dolazi se do zaključka da će troškovi u tom slučaju biti manji. Na slici 15 je grafički prikazana usporedba ukupnih troškova za prijedlog 1 i 2, gdje se može vidjeti kako je prijedlog 1 bolja opcija za ulaganje.



Slika 15. Usporedba ukupnih troškova za prijedlog 1 i 2

Izvor: Izradio autor prema [21]

6 OPTIMIZACIJA RUTA NA NOVOJ TRANSPORTNOJ MREŽI I KOMPARATIVNA ANALIZA U ODNOSU NA POSTOJEĆI SUSTAV

Koncept optimizacije je dobro poznat već dugi niz godina, a optimizacijski modeli su postali ključni element svakog ozbiljnog poslovanja. Općenito, optimizacija se svodi na pronalaženje optimalnog rješenja unutar skupa svih dostupnih opcija. Taj skup uključuje sve moguće alternative koje zadovoljavaju unaprijed postavljene uvjete i ograničenja, ovisno o zahtjevima modela. Najbolje bi rješenje bilo ono koje uz zadovoljenje svih postavljenih ograničenja ostvaruje najveću ili najmanju vrijednost, ovisno o cilju optimizacije [22].

Primjena optimizacije u suvremenom poslovanju je izuzetno široka, obuhvaćajući gotovo svako područje industrije koje teži poboljšanju specifičnih poslovnih procesa. Bilo da se radi o financijskom sektoru, proizvodnji, distribuciji, uslužnim djelatnostima ili javnom sektoru, primjena optimizacije je izražena. Često se fokusira na minimiziranje troškova, kao što su troškovi proizvodnje ili transporta, uz istovremeno maksimiziranje profita. U svim sektorima koji uključuju skladištenje, optimizacija igra ključnu ulogu u smanjenju troškova zaliha i osoblja u skladištima [22].

Optimizacija rute uključuje niz ključnih elemenata i pristupa kako bi se postigla maksimalna učinkovitost i smanjili troškovi isporuke, a neki od tih faktora su [23]:

- obujam i učestalost isporuke
- kapacitet vozila
- tehnološka rješenja
- prioritet isporuke
- vozačko iskustvo i stručnost
- podaci i promet u realnom vremenu
- vremenski prozori
- neočekivana kašnjenja

Obujam i učestalost isporuke se odnosi na analizu potražnje. Razumijevanje povijesnih podataka o potražnji pomaže u određivanju obujma isporuka tijekom vremena, bilo da se radi o dnevnim, tjednim, sezonskim ili posebnim događajima. Također grupiranje više isporuka na istom području može rezultirati uštedama vremena i goriva, posebno za poduzeća koja često isporučuju u iste regije [23].

Prilagođavanje veličine vozila isporukama koje obavljaju pomaže u smanjenju operativnih troškova. Također važno je uzeti u obzir ograničenja težine i prostora kako bi se izbjegli sigurni problemi [23].

Pod primjenu tehnoloških rješenja se podrazumijeva korištenje softvera za planiranje rute koji omogućuje automatizaciju procesa planiranja i osigurava optimalne rute u realnom vremenu. Sistemi upravljanja isporukama također olakšavaju integraciju različitih aspekata upravljanja isporukom. Također potrebno je poštivati pravilo prioritera gdje se na temelju važnosti isporučuju prvo pošiljke visokih prioriteta. [23].

Pružanje obuke radnicima odnosno vozačima o navigaciji rute, interakciji s klijentima i rukovanju neočekivanim situacijama poboljšava njihovu sposobnost prilagodbe promjenama. Korištenje podataka u stvarom vremenu također pomaže vozačima i omogućuje im preusmjeravanje rute kako bi izbjegli zastoje i kašnjenja [23].

Postavljanje vremenskih okvira za isporuke i optimizacija ruta prema tim okvirima pomaže u izbjegavanju kašnjenja i ispunjavanju očekivanja kupaca. Isto tako, imajući alternativne rute ili rezervne vozače za rješavanje neočekivanih situacija kao što su nesreće ili loše vremenske prilike pomaže u održavanju optimalne isporuke [23].

6.1 Metode za optimizaciju ruta

U ovome poglavlju su detaljno teorijski opisane dvije glavne metode za optimizaciju rute, a to su Clark – Wright-ova metoda i metoda najbližeg susjeda.

6.1.1 Clark – Wright-ov algoritam ušteda

Ova metoda je jedna od najpoznatijih heurističkih metoda koja se koristi za rješavanje problema usmjeravanja vozila. Ovaj pristup rješavanju uloge usmjeravanja vozila sastoji se od postupnih koraka u kojima se prvo pronalazi najmanje poželjno rješenje, koje se zatim poboljšava kroz svaki korak. Zahvaljujući ovom iterativnom procesu, definirani uvjeti mogu se nadgledati i kontrolirati kako bi se postiglo optimalno rješenje. U ovoj metodi svaka lokacija isporuke ima određeni zahtjev za prijevoz određenih količina putem transportnih elemenata, a prijevoz se obavlja vozilima čije su rute ograničene kapacitetom i početkom te završetkom u nultom čvoru. Glavni cilj je formirati set ruta za vozila koja zadovoljavaju zahtjev da svaka isporučena točka bude poslužena samo jednom vožnjom vozila uz minimalne ukupne troškove prijevoza. Na

temelju ovog pristupa, mogu se izdvojiti dva osnovna uvjeta prihvatljivosti rješenja, a to su [24]:

- svaki korisnik mora biti opslužen samo jednom
- ne smije se prekoračiti kapacitet opsluživanja vozila

Za izračunavanje najkraćeg puta između gradova, odnosno u slučaju ovog rada između adresa, uz uvjet da svaka lokacija bude posjećena samo jednom, koristi se Clark – Wright-ova metoda. Prvi korak je izračunavanje ušteta $S(i,j)$ između svakog para gradova odnosno adresa pomoću formule [24]:

$$S(i,j) = d(B,i) + d(B,j) - d(i,j)$$

U drugom koraku, uštete se rangiraju od najveće do najmanje i stvara se lista ušteta. Zatim se kreće s projektiranjem rute prema rangiranim uštedama uz zadovoljavanje navedenih ograničenja [24]:

- gradovi s najvećim uštedama postaju počeci ruta
- ako je sljedeći grad već uključen u rutu i nije unutarnja točka, može se dodati u rutu
- ako su gradovi već uključeni u rutu i uštete se ne koriste, jedan od gradova u ušteti mora biti vanjski čvor rute
- ako je jedan grad već uključen u djelomičnu rutu, ali je unutarnja točka, direktna povezanost nije moguća
- na kraju, svi uključeni gradovi se mogu zanemariti jer su već povezani u rutu, što zadovoljava ograničenja i omogućuje direktnu vezu između gradova

6.1.2 Clark – Wright-ov algoritam ušteta – metoda s indikatorom T

Ovaj algoritam započinje konstrukcijom ruta naprijed – natrag $(0, i, 0)$ za svaki grad „i“ od 1 do „n“, a zatim postupno spaja te rute primjenjujući kriterij ušteta. U paralelnoj verziji algoritma, izvedivo spajanje ruta koje donosi najveće uštete provodi se pri svakoj iteraciji sve dok više nije moguće izvesti spajanje. Postupak počinje izradom polu – matrice udaljenosti, zato što je graf simetričan. Potrebno je izračunati uštete za svaki par vanjskih lokacija koristeći formulu $S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij}$. Nakon toga, u polu – matrici se označavaju vrijednosti T , što pokazuje je li moguće direktno povezivanje između lokacija „i“ i „j“ [24].

- $T = 2$ – označava kružnu, dvosmjernu dostavu između početne točke i odredišne lokacije
- $T = 1$ – označava jednosmjernu dostavu
- $T = 0$ – označava da nema dostave između parova lokacija

Zatim se odabire najveća ušteda u matrici koja zadovoljava određena ograničenja. Ako su T_{0i} i T_{0j} veći od nule, a lokacija „i“ i „j“ nisu već na istoj ruti, tada se te dvije lokacije mogu povezati. Nakon što su povezane, vrijednosti T u odgovarajućim ćelijama se ažuriraju. Ovaj postupak se ponavlja sve dok postoje izvedive uštede koje zadovoljavaju zadane uvjete. U svakoj iteraciji se odabire sljedeća najveća ušteda koja ispunjava uvjete, a zatim se provjerava mogu li se povezati odgovarajuće lokacije. Ako to nije moguće, gleda se sljedeća najveća ušteda [24].

6.1.3 Metoda najbližeg susjeda

Metoda najbližeg susjeda koristi sličnost između točke i njenog najbližeg susjeda za statističke zaključke. U kontekstu problema putujućeg trgovca, ova heuristika se koristi za određivanje početnog rješenja, iako rezultati često nisu optimalni. Algoritam započinje nasumičnim odabirom početnog grada odnosno lokacije te dodavanjem susjednih lokacija u rutu na temelju najbliže udaljenosti [24].

Kod rješavanja problema metodom najbližeg susjeda, počinje se s odabirom početne lokacije. Zatim se biraju najbliže lokacije i dodaju ruti sve dok sve lokacije nisu posjećene. Na kraju se odabiru posljednje dvije lokacije kako bi se zatvorila ruta, s obzirom na to da se želi dobiti Hamiltonov ciklus. Ovaj postupak osigurava da se svaka lokacija posjeti jednom, a da se istovremeno minimizira ukupna duljina rute [24].

6.2 Komparativna analiza nove i postojeće transportne mreže

U ovome poglavlju je detaljno uspoređena trenutna situacija transportne mreže sa novom transportnom mrežom koja se pokazala kao najbolje rješenje za optimizaciju. U izračun su se uzeli samo podaci izračunati kao pretpostavka za 2032. godinu uz uvjete pada broja stanovnika za 5% za svaki promatrani grad kao i cijelu Hrvatsku, te stopa rasta paketne dostave za 15-20% godišnje. Također za svaki grad i svaku od situacija (trenutno stanje i novi prijedlozi) uzeti su u obzir jednaki podaci kao što su vremena poštara, broj radnih dana u mjesecu, broj radnika mjesečno i slično. Dakle za svaku od situacija su uzeti jednaki fiksni podaci kako bi se što točnije moglo usporediti koja od situacija je optimalna za rad. Nakon što se ispostavilo da je prijedlog

1 prihvatljiviji u odnosu na prijedlog 2, sada je potrebno taj isti prijedlog usporediti sa sadašnjom situacijom transportne mreže Hrvatske pošte.

U trenutnoj situaciji kao što je i ranije opisano, Hrvatska pošta koristi skladište u Slavanskom Brodu za gradove Požegu i Novu Gradišku, skladište u Novigradu za grad Pazin te skladište u Sesvetama za Ivanić Grad. Iz tog razloga zaposlenici Hrvatske pošte, odnosno poštari moraju svaki radni dan putovati od mjesta skladišta do grada u kojem obavljaju dostavu što uzrokuje gubitak vremena, veću potrošnju goriva, manje dostavljenih paketa i slično. Tako na primjer poštar iz skladišta koje se nalazi u Slavanskom Brodu ima do Nove Gradiške i nazad svakodnevno 110 kilometara za koje mu potrebno otprilike 70 minuta što automatski skraćuje njegovo vrijeme za dostavu paketa. Iz Slavanskog Broda do Požege i nazad ima otprilike 104 kilometara za koje je potrebno izdvojiti 90 minuta svakog dana. Slično je za Novigrad iz kojeg do Pazina i nazad treba 102 kilometra i 80 minuta. Za skladište u Sesvetama do Ivanić Grada i nazad, poštar mora proći 70 kilometara i potrošiti 70 minuta na vožnju. Istina je da za razliku od novog prijedloga gdje svaki grad ima svoje skladište, ovdje Slavonski Brod ima jedno skladište pa su troškovi samo jednog skladišta, ali opet sa druge strane za dva promatrana područja je potreban veći kapacitet skladišta što opet dolazi do većih troškova održavanja.

Preko svih ranije opisanih podataka za trenutnu situaciju, dolazi se do izračuna ukupnih troškova trenutne transportne mreže za promatrani dio Republike Hrvatske. U trenutnoj situaciji Hrvatska pošta otprilike izdvaja 59 tisuća eura za skladište u Slavanskom Brodu, 32 tisuće eura za područje Ivanić Grada i 44 tisuće eura za grad Pazin. Ti podaci su prikazani u tablicama 27, 28 i 29. Za Ivanić Grad, troškovi se nalaze u tablici 27.

Tablica 27. Troškovi za lokaciju Ivanić Grad u trenutnoj transportnoj mreži

Max troškovi Ivanić Grad	
Prijeđeni kilometri	3.913,00 km/radniku u mjesecu
Skladište	12.858 eura/mjesečno
Gorivo	447,65 eura/mjesečno
Plaća radnika	19040 eura/mjesečno brutto
Ukupno:	32.346 eura/mjesečno

Izvor: Izradio autor prema [21]

Troškovi skladišta, goriva i plaće radnika za područje Pazina se nalaze u tablici 28.

Tablica 28 Troškovi za lokaciju Pazin u trenutnoj transportnoj mreži

Max troškovi Pazin		
Prijeđeni kilometri	3.819,00	km/radniku u mjesecu
Skladište	24.924	eura/mjesečno
Gorivo	436,89	eura/mjesečno
Plaća radnika	19040	eura/mjesečno brutto
Ukupno:	44.401	eura/mjesečno

Izvor: Izradio autor prema [21]

Zajednički troškovi u trenutnoj transportnoj mreži za područja Nove Gradište i Požege koja koriste skladište u Slavonskom Brodu su prikazani u tablici 29.

Tablica 29 Troškovi za zajedničko skladište u Slavonskom Brodu u trenutnoj transportnoj mreži

	Max troškovi Slavonski Brod	
Skladište	27.425	eura/mjesečno
Gorivo	875	eura/mjesečno
Plaće radnika	30.940	eura/mjesečno brutto
Ukupno:	59.239	eura/mjesečno

Izvor: Izradio autor prema [21]

Što se tiče prijedloga za optimizaciju transportne mreže koja je već ranije detaljno opisana u ovome radu, uzeti su u obzir isti fiksni ulazni podaci kao za izračun trenutne situacije. Međutim, novim rasporedom lokacija skladišta dolazi se do spoznaje da poštari više ne gube dio radnog vremena na putovanje od skladišta do područja dostave jer se skladišta nalaze upravo u centru tih gradova. Time se dobiva značajno na vremenu dostave paketa što omogućuje više dostavljenih paketa dnevno, manju potrošnju goriva i manji kapacitet skladišta s čime dolaze i manji troškovi skladišta. Automatski se zbog svih tih parametara smanjuju ukupni troškovi svakog promatranog područja i novi prijedlog postaje optimalna situacija za poslovanje Hrvatske pošte. Dokaz usporedbe troškova trenutne situacije i novog prijedloga prikazan je na slici 16.

Usporedbom dva sustava, uvijek postoje prednosti i nedostaci za svakog od tih sustava. Izračunom svih parametara u ovome radu i detaljnom analizom svih situacija, može se primjetiti da trenutni sustav paketne dostave Hrvatske pošte ima prednost

zajedničkog skladišta u Slavonskom Brodu za dva različita grada što pojednostavljuje radne operacije i troškove održavanja skladišta, ali su nedostaci to što se troši dosta radnog vremena i goriva za dolazak od skladišta do područja dostave. Novi prijedlog nema zajednička skladišta, već svaki grad ima svoje posebno skladište što povećava troškove održavanja, ali je zato prednost to što poštar ne troši radno vrijeme na prijevoz od skladišta do područja dostave i omogućuje mu dostavu većeg broja paketa na dnevnoj razini.



Slika 16. Usporedba ukupnih troškova trenutne situacije i novog prijedloga

Izvor: Izradio autor prema [21]

7 ZAKLJUČAK

Diplomski rad pod nazivom „Analiza i prijedlog nove transportne mreže na primjeru paketne dostave u Republici Hrvatskoj“ bavio se kompleksnom temom optimizacije transportne mreže u sektoru paketne dostave iz realnog svakodnevnog poslovanja Hrvatske pošte. S posebnim naglaskom na analizu postojećeg sustava koji pruža Hrvatska pošta, istraživanje je obuhvatilo detaljnu analizu trenutnih procesa i identificiralo potencijalne mogućnosti za poboljšanje efikasnosti i optimizaciju sustava.

Rad se sastoji od dva dijela. Prvi dio se odnosi na općeniti teorijski opis transportne mreže i optimizacije ruta. Tu su opisane razne vrste transportnih mreža u svijetu, načini za optimizaciju rute, karakteristike sustava transportne mreže i slično. Nakon toga, teorijski je opisan i sustav poštanskih usluga te paketna dostava zbog prisutnosti Hrvatske pošte u samom radu. Taj dio obuhvaća definiciju poštanskih usluga i paketne dostave, prednosti i nedostatke tih sustava te izazove. Drugi dio rada je računski dio koji prikazuje izračun svih parametara paketne dostave na realnom primjeru urban – rural Republike Hrvatske za četiri promatrana područja. U te parametre spadaju broj dostavljenih paketa, broj i vrijeme radnika, lokacije skladišta, ukupni troškovi i slično.

Primjenom metoda iz područja logistike i operacijskog istraživanja, predložena su dva nova prijedloga transportne mreže za promatrana područja Republike Hrvatske. Svaki od prijedloga je imao za cilj minimizirati troškove i vrijeme dostave te povećati samu efikasnost i kvalitetu usluge. Za trenutni sustav paketne dostave i za nova dva prijedloga su uzeti isti ulazni podaci za izračun kako bi se što točnije odredio optimalni način poslovanja. Prijedlozi su se temeljili na detaljnoj analizi tržišnih potreba, geografskih karakteristika, tehnoloških mogućnosti i očekivanja krajnjih korisnika.

Glavni rezultati istraživanja pokazuju da je prvi prijedlog nove transportne mreže značajno bolji u odnosu na postojeći sustav i na drugi prijedlog koji je opisan u radu. Kroz izračune troškova i vremena za nove lokacije skladišta u različitim kombinacijama, dokazano je da nova mreža može smanjiti troškove i gubitke vremena, pružajući efikasniju i ekonomičniju uslugu paketne dostave. Predložena mreža, osim što smanjuje operativne troškove, također optimizira vrijeme dostave, što direktno utječe na zadovoljstvo krajnjih korisnika. Pored toga, novi sustav pokazuje i veću ekološku održivost, smanjujući emisije CO₂ zahvaljujući optimiziranim rutama i efikasnijem korištenju resursa. Detaljna usporedba između postojeće transportne

mreže i nove predložene mreže pokazuje jasne prednosti novog sustava. Vrijeme dostave je smanjeno, troškovi su niži, pokrivenost područja je veća, a ekološki utjecaji su manji. Ovi rezultati potvrđuju hipotezu da optimizacija transportne mreže može osigurati značajne koristi kako za pružatelje usluga, tako i za krajnje korisnike.

Ovaj rad doprinosi postojećoj literaturi pružajući konkretan primjer optimizacije transportne mreže u kontekstu paketne dostave. Predloženi model može poslužiti kao smjernica za slične studije i implementacije u drugim zemljama ili regijama. Pored toga, rad nudi vrijedne uvide za donositelje odluka unutar Hrvatske pošte, ali i za druge logističke kompanije koje žele optimizirati svoje operacije. Preporuke za buduća istraživanja uključuju daljnju evaluaciju i prilagodbu predložene mreže kroz praktičnu implementaciju i testiranje u stvarnim uvjetima. Također, istraživanja bi mogla uključivati dodatne faktore kao što su sezonske varijacije u potražnji, specifične logističke izazove u ruralnim područjima, te dodatne tehnologije koje bi mogle dodatno unaprijediti efikasnost i održivost transportnih mreža.

Zaključno, rad je uspješno odgovorio na postavljena istraživačka pitanja i dao značajan doprinos razumijevanju i unapređenju transportnih mreža za paketnu dostavu. Implementacija predložene mreže može donijeti konkretne ekonomske i operativne prednosti, te povećati konkurentnost i kvalitetu usluge paketne dostave u Republici Hrvatskoj.

LITERATURA

1. Travel Forecasting Resource. *Transportation networks*. Preuzeto s: https://tfresource.org/topics/Transportation_networks.html [Pristupljeno: 10. veljače 2024.]
2. Buntak K., Grgurević D., Droždek I. *Međusobni odnos logističkih i transportnih sustava*. *Tehnickal journal* 6, 2(2012), 228-232. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/file/139616> [Pristupljeno: 10. veljače 2024.]
3. Hrvatska tehnička enciklopedija. *Pomorski promet*. Preuzeto s: <https://tehnika.lzmk.hr/pomorski-promet/> [Pristupljeno: 10. veljače 2024.]
4. Poletti F, Bösch PM, Ciari F, Axhausen KW. Public Transit Route Mapping for Large-Scale Multimodal Networks. *ISPRS Int J Geo-Inf*. 2017;6(9):268. doi: 10.3390/ijgi6090268.) Preuzeto s: <https://doi.org/10.3390/ijgi6090268> [Pristupljeno: 10. veljače 2024.]
5. Cvjetko M. *Optimizacija transportne mreže na primjeru tvrtke*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2023. Preuzeto s: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/fpz%3A3119/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: 11. veljače 2024.]
6. Scientific Figure on ResearchGate. *Evaluation of the Croatian Transport System*. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/figure/Transport-and-development-axes-in-Croatia-Source-Transport-Operational-Programme_fig3_229004717 [Pristupljeno: 11. veljače 2024.]
7. Hrvatska tehnička enciklopedija. *Cestovni promet*. Preuzeto s: <https://tehnika.lzmk.hr/cestovni-promet/> [Pristupljeno: 11. veljače 2024.]
8. Scientific Figure on ResearchGate. *Maritime Transport*. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/figure/Major-maritime-shipping-routes-and-strategic-passages_fig1_315398501 [Pristupljeno: 11. veljače 2024.]
9. OptimoRoute. *The Ultimate Guide to Route Optimization in 2023*. Preuzeto s: <https://optimoroute.com/what-is-route-optimization/> [Pristupljeno: 15. veljače 2024.]
10. Mizutani, F., Uranishi, S. *The Post Office vs. Parcel Delivery Companies: Competition Effects on Costs and Productivity*. *Journal of Regulatory Economics* 23, 299–319 (2003). Preuzeto s: <https://doi.org/10.1023/A:1023368327735> [Pristupljeno: 16. veljače 2024.]

11. Bradarić Šljujo A. *Poštanske usluge u sustavu trgovačkog prava*. Završni rad. Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet Split; 2017. Preuzeto s: <https://repozitorij.efst.unist.hr/islandora/object/efst%3A1725/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: 15. veljače 2024.]
12. HAKOM. *Davatelji usluga*. Preuzeto s: <https://www.hakom.hr/hr/davatelji-usluga/288> [Pristupljeno: 15. veljače 2024.]
13. Furdi M. *Analiza alokacije logističkih resursa u paketnoj distribuciji s prijedlogom unaprjeđenja*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2018. Preuzeto s: <https://zir.nsk.hr/en/islandora/object/fpz%3A1376/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: 15. veljače 2024.]
14. Rogić K. *Distribucijska logistika 1, autorizirana predavanja*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2023.
15. Dropoff. *What is parcel delivery and who does it best?*. Preuzeto s: <https://www.dropoff.com/blog/what-is-parcel-delivery/> [Pristupljeno: 17. veljače 2024.]
16. Uber Freight. *What is parcel shipping?*. Preuzeto s: <https://www.uberfreight.com/glossary/parcel-shipping/> [Pristupljeno: 9. ožujka 2024.]
17. Slabinjac T. *Strategijska analiza poduzeća HP – Hrvatska pošta d.d.*. Diplomski rad. Sveučilište u Rijeci, Poslovni odjel, Stručni diplomski studij Poduzetništvo; 2023. Preuzeto s: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/veleri%3A3201/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: 10. ožujka 2024.]
18. Hrvatska pošta. *Logotipi*. Preuzeto s: <https://hrvatska.posta.hr/hr/logotipi> [Pristupljeno: 10. ožujka 2024.]
19. Marjanović D. *Analiza Učinkovitosti transporta u sustavu paketne distribucije s prijedlogom unaprjeđenja*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2019. Preuzeto s: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/fpz%3A1750/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: 15. ožujka 2024.]
20. Kavran Z. *Tehnologija kurirskih procesa, autorizirana predavanja*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2023.
21. Hrvatska pošta, podaci iz 2022. godine.

22. Megatrend. *Optimizacija skladišta/ruta/procesa*. Preuzeto s: <https://www.megatrend.com/optimizacija-skladista-ruta-procesa/> [Pristupljeno: 27. travnja 2024.]
23. Zeo. *Optimizacija rute: Faktori koje treba uzeti u obzir prilikom optimizacije rute isporuke*. Preuzeto s: <https://zeorouteplanner.com/bs/optimizacija-rute/> [Pristupljeno: 5. svibnja 2024.]
24. Šanjug M. *Određivanje najkraćeg puta u prometnoj mreži*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2019. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:550762> [Pristupljeno: 11. svibnja 2024.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Domaće i međunarodne pomorske linije	3
Slika 2. Primjer multimodalne transportne mreže	4
Slika 3. Primjer mikrologističke transportne mreže u Zadarskoj županiji	5
Slika 4. Prikaz makrologističke transportne mreže na primjeru Republike Hrvatske.....	6
Slika 5. Prikaz globalnologističke transportne mreže na primjeru europske cestovne mreže.....	7
Slika 6. Primjer megalogističke transportne mreže na globalnoj razini.....	8
Slika 7. Grafički prikaz ovisnosti troškova o kupcima u distribuciji sa i bez posrednika	12
Slika 8. Faze paketne dostave	13
Slika 9. Logotip Hrvatske pošte d.d.	18
Slika 10. Struktura Hrvatske pošte d.d.....	19
Slika 11. Grafički prikazi tržišta pismovnih i paketnih pošiljaka	20
Slika 12. Prikaz trenutnog geografskog stanja sustava paketne distribucije Hrvatske pošte	25
Slika 13. Prikaz novih lokacija skladišta za prijedlog 1.....	29
Slika 14. Geografski prikaz novog skladišta za prijedlog 2	35
Slika 15. Usporedba ukupnih troškova za prijedlog 1 i 2.....	39
Slika 16. Usporedba ukupnih troškova trenutne situacije i novog prijedloga	46

POPIS TABLICA

Tablica 1. Popis davatelja poštanskih usluga u Republici Hrvatskoj.....	11
Tablica 2. Promatrana područja i trenutna skladišta za projektni zadatak	21
Tablica 3. Ulazni operativni podaci radnog procesa zaposlenika	22
Tablica 4. Broj paketa u 2022. godini za urban-rural dio Republike Hrvatske	22
Tablica 5. Broj paketa u 2022. godini za područje Ivanić Grada	23
Tablica 6. Broj paketa u 2022. godini za područje Pazina	23
Tablica 7 Broj paketa u 2022. godini za područje Nove Gradiške	24
Tablica 8. Broj paketa u 2022. godini za područje Požege	24
Tablica 9. Broj paketa kroz deset godina za urban-rural dio Republike Hrvatske	26
Tablica 10. Broj paketa za Ivanić Grad u idućih deset godina	27
Tablica 11. Broj paketa za Pazin u idućih deset godina	27
Tablica 12. Broj paketa za Novu Gradišku u idućih deset godina	28
Tablica 13. Broj paketa za Požegu u idućih deset godina	28
Tablica 14. Nove lokacije skladišta za promatrana područja (prijedlog 1).	29
Tablica 15. Prostorna i vremenska udaljenost između promatranog područja i skladišta za prijedlog 1	30
Tablica 16. Izračunati podaci za Ivanić Grad u prijedlogu 1	31
Tablica 17. Izračunati podaci za Pazin u prijedlogu 1	31
Tablica 18. Izračunati podaci za Novu Gradišku u prijedlogu 1	32
Tablica 19. Izračunati podaci za Požegu u prijedlogu 1	32
Tablica 20. Ulazni podaci za izračun troškova u prijedlogu 1	33
Tablica 21. Svi troškovi za sva područja u prijedlogu 1	34
Tablica 22. Nova lokacija skladišta za područje Nove Gradiške i Požege (prijedlog 2).....	35
Tablica 23. Vremenske i prostorne udaljenosti za područja (prijedlog 2) ..	36
Tablica 24. Izračunati podaci za Novu Gradišku (prijedlog 2).....	37
Tablica 25. Izračunati podaci za Požegu (prijedlog 2)	37
Tablica 26. Troškovi za lokaciju skladišta u Ivandolu (prijedlog 2)	38
Tablica 27. Troškovi za lokaciju Ivanić Grad u trenutnoj transportnoj mreži	44

Tablica 28 Troškovi za lokaciju Pazin u trenutnoj transportnoj mreži	45
Tablica 29 Troškovi za zajedničko skladište u Slavonskom Brodu u trenutnoj transportnoj mreži	45

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

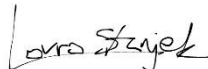
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega 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 „Analiza i prijedlog nove transportne mreže na primjeru paketne dostave u Republici Hrvatskoj“, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 31. svibnja 2024.

Lovro Stunjek, 

(ime i prezime, *potpis*)