

# Optimizacija prijevoznih procesa na primjeru dostave na otoke

---

**Pisk, Ivana**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*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:119:677784>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivana Pisk

OPTIMIZACIJA PRIJEVOZNIH PROCESA NA  
PRIMJERU DOSTAVE NA OTOKE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

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

Zagreb, 25. svibnja 2023.

**Zavod:** Zavod za transportnu logistiku

**Predmet:** Prijevozna logistika II

**DIPLOMSKI ZADATAK br. 7355**

**Pristupnik:** Ivana Pisk (0231034979)

**Studij:** Inteligentni transportni sustavi i logistika

**Smjer:** Logistika

**Zadatak:** Optimizacija prijevoznih procesa na primjeru dostave na otoke

**Opis zadatka:**

U radu je potrebno prikazati značajke prijevozne logistike te opisati prijevozne procese dostava na otoke. Isto tako, potrebno je objasniti i prikazati mogućnost optimizacije prijevoznih procesa na primjeru dostava na otoke.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

prof. dr. sc. Jasmina Pašagić Škrinjar

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

OPTIMIZACIJA PRIJEVOZNIH PROCESA NA PRIMJERU DOSTAVE NA OTOKE

OPTIMIZATION OF TRANSPORT PROCESSES ON THE EXAMPLE OF DELIVERY TO  
ISLANDS

Mentor: prof. dr. sc. Jasmina Pašagić Škrinjar

Student: Ivana Pisk

JMBAG: 0231034979

Zagreb, rujan 2023.

## SAŽETAK

Prijevozna logistika obuhvaća planiranje, upravljanje i nadzor nad tokovima roba, putnika i informacija od njihovih početnih točaka (mjesto proizvodnje) do završnih točaka (krajnjeg korisnika). Cilj prijevozne logistike je minimizirati vremensku i financijsku komponentu. Optimizacijom ruta u prijevoznoj logistici moguće je uvelike smanjiti duljinu i vrijeme putovanja, a samim time i krajnje troškove. Nižim troškovima prijevoznik postaje konkurentniji, postiže značajnije rezultate i osigurava svoj ostanak na tržištu. Prijevoz tereta na otoke susreće se s raznim izazovima tijekom realizacije. Prilikom prijevoza tereta na otoke veliku ulogu u krajnjoj cijeni usluge ima količina robe koja se prevozi, težina, udaljenost kao i moguće linije kojima će se prevesti roba te mogući rok isporuke. Rok isporuke robe na otoke od velikog je značaja za korisnika te se stalno traži rješenje za poboljšanje istog.

Ključne riječi: prijevozna logistika, optimizacija ruta, troškovi, otoci, prijevoz

## ABSTRACT

Transport logistics include the planning, management and supervision of the flow of goods, passengers and information from their starting points (place of production) to their final points (end user). The goal of transport logistics is to minimize the time and financial component. By optimizing routes in transport logistics, it is possible to greatly reduce the length and time of travel, and thus the final costs. With lower costs, the carrier becomes more competitive, achieves more significant results and ensures its stay on the market. Cargo transportation to the islands faces various challenges during implementation. When transporting cargo to the islands, the amount of goods to be transported, weight, distance, as well as the possible lines that will transport the goods and the possible delivery date play a major role in the final price of the service. The deadline for the delivery of goods to the islands is of great importance for the user, and a solution to improve it is constantly.

Keywords: transport logistics, route optimization, costs, islands, transport

# Sadržaj

<b>1 UVOD</b> .....	1
<b>2 ZNAČAJKE PRIJEVOZNE LOGISTIKE</b> .....	2
<b>3 ULOGA PRIJEVOZNIH PROCESA U OPTIMIRANJU DOSTAVE</b> .....	4
<b>4 PROBLEMATIKA PRIJEVOZNIH PROCESA NA OTOKE</b> .....	8
4.1. Izazovi prijevoza na otoke u Hrvatskoj .....	8
4.2. Dostavne službe za hrvatske otoke .....	10
4.3. Načini dostave u Švedskoj kao državi s najviše otoka na svijetu .....	16
4.4. Razlozi nekorištenja helikopterskog načina dostave na Hrvatske otoke .....	18
<b>5 MATEMATIČKE METODE U PROCESU ODREĐIVANJA RUTA</b> .....	19
5.1. Metoda najbližeg neposjećenog susjeda .....	19
5.2. Clark-Wright-ov algoritam „ušteta“ .....	20
5.3. Clark-Wright-ov algoritam „ušteta“-metoda s indikatorom T .....	21
5.4. Metoda grananja i ograničavanja .....	21
5.5. Metoda linearnog programiranja .....	21
<b>6 PRIJEDLOZI OPTIMIZACIJE DOSTAVE NA OTOCIMA NA PRIMJERU HRVATSKE POŠTE</b> .....	23
6.1. Dostava dronom kao suvremen način optimizacije dostave .....	24
6.1.1. Prednosti uporabe dronova u dostavi .....	25
6.1.2. Nedostaci uporabe dronova u dostavi .....	26
6.1.3. Trenutna iskoristivost dronova u dostavi.....	28
6.2. Izgradnja distributivnih centara na otocima .....	28
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	35
<b>LITERATURA:</b> .....	36
<b>Popis slika</b> .....	38

# 1 UVOD

Prijevozna logistika zahtjeva široko znanje iz područja planiranja, matematičkih metoda u procesu određivanja ruta i logistike kako bi ispunila svoju svrhu. Kada se govori o prijevoznjoj logistici prva i najvažnija stavka koja mora biti ispunjena jest zadovoljenje potreba krajnjeg korisnika uz minimalne troškove te minimizacija ruta kojom će vozilo prolaziti od prve do zadnje točke. Ovaj proces se dodatno komplicira kada je u pitanju dostava na otocima zbog lošije povezanosti među njima te dislociranosti od distribucijskih centara.

Rad je podijeljen u sljedećih sedam cjelina:

1. Uvod
2. Značajke prijevozne logistike
3. Uloga prijevoznih procesa u optimiranju dostave
4. Problematika prijevoznih procesa na otoke
5. Matematičke metode u procesu određivanja ruta
6. Prijedlozi optimizacije dostave na otocima na primjeru Hrvatske pošte
7. Zaključak

U drugom poglavlju će se definirati što je to logistika, osnovne značajke prijevozne logistike, njeni zadaci i cilj.

U trećem poglavlju će se objasniti važnost prijevoznih procesa i osobine prijevoznih procesa u optimiranju dostave.

Četvrto poglavlje je namijenjeno za detaljnu razradu problematike u prijevoznom procesu kod dostave na otoke, razradit će se i tema načina dostave u Švedskoj kao primjeru zemlje sa najvećim brojem otoka te razlozi zbog kojih Hrvatska za razliku od Švedske ne koristi helikopterski način dostave koji se koristi u Švedskoj, te će se proći kroz izazove sa kojima se susreće Hrvatska u prijevozom procesu dostave sa kopna na otoke i obrnuto.

U petom poglavlju ukratko će se razraditi matematičke metode u procesu određivanja ruta kao prikaz modela koji su neophodni kod planiranja svih vrsta prijevoznih procesa kako bi se izbjegli osnovni nepotrebni koraci te nepotrebni troškovi koji se mogu u startu spriječiti pravilnim odabirom rute.

Šestim poglavljem dolazimo do prijedloga rješenja kojima bi se mogli optimizirati prijevozni procesi na otoke u Hrvatskoj sa primjerom Hrvatske pošte uzimajući u obzir sve što je razrađeno u ovom radu.

Nakon svih navedenih poglavlja, na kraju će biti zaključna razmatranja.

U ovom radu detaljno će se proći kroz sve navedene točke i osvrnuti se na suvremene načine dostave te navesti neke od njihovih prednosti i nedostataka kao i razloge zbog koji se većina od njih i dalje ne upotrebljava ili se upotrebljava u minimalnom obujmu te dati konačan zaključak.

## 2 ZNAČAJKE PRIJEVOZNE LOGISTIKE

Da bi se definirala prijevozna logistika i govorilo o njenim značajkama, potrebno je definirati značenje pojma 'logistika'. Logistika je širok i višeznačan pojam s mnoštvom definicija, a jedna od njih, definirana od strane američkog Vijeća za upravljanje logistikom glasi:

*“Logistika je proces planiranja, implementacije i kontrole efikasnoga i troškovno optimalnog toka i uskladištenja sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda i pripadajućih informacija, od mjesta nastanka do mjesta potrošnje, s ciljem zadovoljenja zahtjeva kupaca.”<sup>1</sup>*

Prijevozna logistika je znanstvena disciplina i stručna djelatnost koja se bavi organizacijom i optimizacijom prijevoza robe.

Cilj joj je ispunjenje zahtjeva kupaca ili korisnika uz najmanje troškove. Obuhvaća proces planiranja, implementiranja te kontrole toka robe, informacija i financijskih sredstava pri dopremi robe do krajnjih korisnika.<sup>2</sup>

Prijevozna logistika omogućuje pokretanje proizvodnih procesa, otpremu gotovih proizvoda i povrat proizvoda. Djelovanje prijevozne logistike, s pomoću odgovarajućih elemenata, proizvodi transportno logističku uslugu i omogućuje obavljanje transportnih aktivnosti. Služi odabiranju odgovarajuće vrste prometa (cestovni, željeznički, zračni, pomorski ili riječni), pripremi prijevozne dokumentacije, dogovaranju termina prijevoza i dr. te je u uskoj vezi sa špedicijom.

Transport, koji obuhvaća do dvije trećine ukupnih logističkih troškova, specijalizirana je djelatnost koja s pomoću prometne suprastrukture i infrastrukture omogućuje prijevoz robe i znatno utječe na karakteristike pružanja cjelovite logističke usluge. Sudjeluje u cijelom opskrbnom lancu od transporta sirovina i poluproizvoda do mjesta proizvodnje te gotovih proizvoda do skladišta i mjesta prodaje uz određivanje najpovoljnije rute. Dobro organiziran transportni sustav pruža bolju učinkovitost obavljanja transportnih usluga, smanjuje troškove te povećava kvalitetu usluge, a može povećati i konkurentnost transportiranoga proizvoda.<sup>3</sup>

Prijevozna logistika kao dio logistike je jedna od najvažnijih dijelova, jer bez nje veći sustavi kao što su proizvodnja, razmjena i potrošnja ne bi mogli funkcionirati. Prijevozna logistika predstavlja osnovni input u sve procese svih vrsta logističke industrije i kao takva, značajna je kod vrijednosti svakog proizvoda. Prijevozna logistika omogućuje prijenos robe s jednog mjesta na drugo te kao specifična vrsta logistike pomoću odgovarajućih elemenata proizvodi transportno logističke proizvode. Kretanje robe od jednog do drugog ekonomskog procesa i samim time stvaranje prostorne korisnosti je zadaća prijevozne logistike.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Council of Logistics: Definition of Logistics, Sjedinjene Američke Države, 1991.

<sup>2</sup> Hrvatska tehnička enciklopedija: Transportna logistika, preuzeto s: <https://tehnika.lzmk.hr/transportna-logistika/> [pristupljeno: 20.7.2023.]

<sup>3</sup> Hrvatska tehnička enciklopedija: Transportna logistika, preuzeto s: <https://tehnika.lzmk.hr/transportna-logistika/> [pristupljeno: 20.7.2023.]

<sup>4</sup> Jelić, I.: Logistika, nastavni materijal, Škola za cestovni promet, Zagreb, 2020.



Zadatak prijevozne logistike je paralelno prostorno i vremenski približiti proizvodnju i potrošnju uz minimalne troškove. Njihova međusobna udaljenost kreira najveći trošak glede cijene transporta, ali u isto vrijeme rezultira raznim drugim troškovima (dugo tranzitno vrijeme isporuke robe kupcu ili smanjena dostupnost robe krajnjem potrošaču).

Ciljevi prijevozne logistike ovise o mnogo čimbenika, ali kao opći ciljevi najčešće se spominju:<sup>5</sup>

- smanjenje relacije prijevoza
- smanjenje troškova prijevoza
- smanjenje tranzitnog vremena isporuke robe
- smanjenje negativnog ekološkog utjecaja
- povećanje dostupnosti robe krajnjem kupcu
- povećanje sigurnosti i dr.

U skladu s ciljevima prijevozne logistike, primjenom modernog upravljanja i strategija prijevozne logistike ostvaruju se sljedeći efekti:<sup>6</sup>

1. Smanjenje troškova – smanjenje broja osoba, investicija i troškova prijevoza
2. Povećanje kvalitete – povećanje stručnog znanja
3. Povećanje fleksibilnosti – prilagodba promjenama i zahtjevima korisnika usluga
4. Jačanje tržišne pozicije – osvajanje novih tržišta i jačanje marketinga.

---

<sup>5</sup> Pašagić Škrinjar, J.: Prijevozna logistika II, nastavni materijal, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2021

<sup>6</sup> Jelić, I.: Logistika, nastavni materijal, Škola za cestovni promet, Zagreb, 2020.

### 3 ULOGA PRIJEVOZNIH PROCESA U OPTIMIRANJU DOSTAVE

Prijevozna logistika se temelji na sustavu upravljanja prijevozom koji uključuje tri ključna procesa:<sup>7</sup>

1. Planiranje i odlučivanje – planiranje prijevoznog procesa i određivanje projektiranog cilja na osnovu kojeg se donose odluke o strategiji ili akcijama.
2. Realizacija prijevoza – sustav olakšava menadžeru praćenje prijevoza tereta, odnosno u svakom trenutku se može točno znati gdje se nalaze pošiljke.
3. Mjerenje izvedbenih pokazatelja – sustavima upravljanja prijevoza ključni su pokazatelji uspješnosti do kojih se dolazi analizom i mjerenjem performansi ili izlaznih pokazatelja.

Osobine prijevoznih procesa su sljedeće<sup>8</sup>:

1. Ekonomičnost prijevoza – cijena prijevozne usluge
2. Kapacitet prijevoza – količina tereta koju prijevozno sredstvo može odjednom prevesti
3. Brzina prijevoza – vrijeme koje je potrebno da se teret preveze iz jednog mjesta u drugo.
4. Točnost prijevoza – stizanje robe u dogovoreno vrijeme
5. Redovitost prijevoza – mogućnost odvijanja prijevoza bez prekida
6. Prilagodljivost prometu – mogućnost da prijevozno sredstvo dođe do određenog mjesta
7. Sigurnost prometa – stizanje robe do cilja bez oštećenja, krađe ili kvarenja robe.

Realizacija tehnoloških procesa jedan je od najvažnijih elemenata odlučivanja u poslovnim procesima. U transportu se mogu analizirati tri razine odlučivanja: strateška, taktička i operativna razina.

Na strateškoj razini donosi se odluka o određivanju lokacije skladišta. Izbor načina prometa i vrste transportnog vozila vrši se na taktičkoj razini.

Na operativnoj razini biraju se optimalne rute za vozila odabrana na taktičkoj razini i na temelju lokacije skladišta na strateškoj razini.

Transportni problem je problem utvrđivanja rasporeda transporta pojedinog transportnog supstrata od izvorišta do odredišta čija se potražnja za supstratom želi zadovoljiti, korištenjem

---

<sup>7</sup> Pašagić Škrinjar, J.: Prijevozna logistika II, nastavni materijal, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2021.

<sup>8</sup> Jelić, I.: Logistika, nastavni materijal, Škola za cestovni promet, Zagreb, 2020.

raspoloživih transportnih ruta prema kriteriju minimalnih transportnih troškova ili najkraćeg transportnog puta.

Problem određivanja optimalnih ruta za grupu vozila u literaturi je opisan kao problem rute vozila (VRP). Postoji mnogo različitih matematičkih modela i algoritama za rješavanje navedenog problema.<sup>9</sup>

Ključni element u logističkom lancu je transportni sustav. Budući da troškovi transporta čine najveći udio u ukupnim logističkim troškovima, poboljšanje učinkovitosti transporta ima značajan utjecaj na povećanje ukupne učinkovitosti logističkog lanca, čime izravno utječe na rezultate logističkih aktivnosti.

Troškovi prijevoza variraju ovisno o različitim industrijama. Oni ovise o cijeni goriva i često prelaze 50% ukupnih logističkih troškova. Potrebno je smanjiti udio logističkih troškova u ukupnim troškovima pojedinih proizvoda ili usluga, što se može postići rješavanjem postavljenog transportnog problema.

Analizom prometne mreže i utvrđivanjem postojećih nedostataka i uskih grla, moguće je postaviti prometni problem i riješiti ga matematičkim metodama poput heuristike ili matematičkih modela, koji smanjuju broj vozila i troškove distribucije optimizacijom ostalih elemenata prometnu mrežu.

Rješavanjem transportnog problema utvrđuje se optimalni raspored prijevoza koji podrazumijeva plan prijevoza robe koji od mjesta polaska do odredišta ima minimalne ukupne troškove prijevoza.

Prometnu mrežu možemo definirati kao sustav međusobno povezanih i interesno povezanih prometnih čvorišta, cesta, koridora, ruta, linija, prometnih lanaca koji omogućuju brze, sigurne i racionalne procese proizvodnje prometnih usluga. Svrha prometnih mreža je prijevoz određene robe, materijala ili putnika s jednog mjesta na drugo.

Osnovni elementi prometne mreže su čvorovi i veze.

Čvor je mjesto ili točka utovara gdje se odvija utovar/istovar, razvrstavanje, skladištenje i promjena prijevoznog sredstva ili načina prijevoza.

Linkovi predstavljaju promet i prometne aktivnosti koje povezuju čvorove, stvarajući prometnu mrežu. Povezivanjem svih izvorišnih i odredišnih čvorova s dovoljnim brojem pretovarnih čvorova dobiva se transportna mreža.<sup>10</sup>

Prometna mreža je složen sustav i stoga ne čude različiti problemi. Nastale probleme potrebno je optimizirati kako bi se maksimalno iskoristila prometna mreža i kako bi se prometni procesi učinili učinkovitijima.

---

<sup>9</sup> Jakara M., Pašagić Škrinjar J., Brnjac N.: Vehicle Routing Problem – Case Study on Logistics Company in Croatia, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2019.

<sup>10</sup> Woxenius, J. 1997. Terminals – A Barrier For Intermodality? In Proceedings of the Nordic Transport Research's conference on Inter modal Freight Transport. 22-23 Sep tember Ebel toft, Denmark, 1-16

Posvećenost ovim pitanjima iznimno je velika, a razvojem logistike i računalne tehnologije postala je još veća.

Stoga se danas koriste različite matematičke metode i alati za programiranje kako bi se optimizirali problemi koji se susreću na transportnoj mreži. Neki od problema koji se javljaju na transportnoj mreži su problemi transporta, problem najkraće rute, problem rutiranja vozila, problem lokacije, problem trgovačkog putnika i mnogi drugi. Jedan od istaknutih problema u logistici je Vehicle Routing Problem (VRP).

Problem usmjeravanja vozila zahtijeva pronalaženje optimalne rute od početnog terminala do svih naznačenih odredišta na takav način da je potražnja na odredištima zadovoljena, a ukupna udaljenost koju putuju dostavna vozila svedena na minimum.

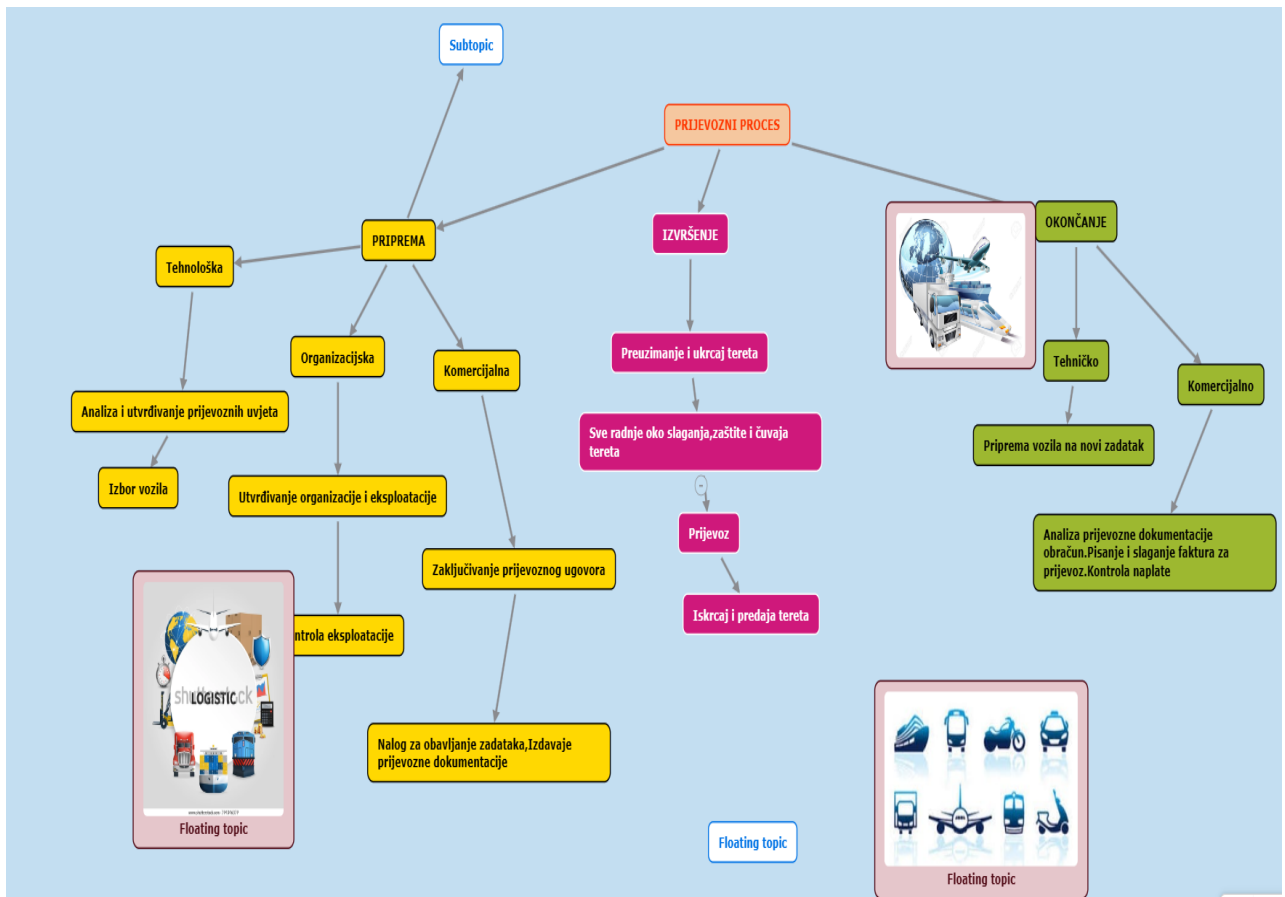
Klasični problem rutiranja vozila je pronaći niz ruta s minimalnim troškovima (pronalaženje najkraće rute, minimiziranje broja vozila, itd.) koje počinju i završavaju rute na izvoru, tako da se zadovolji potražnja svih odredišta.

VRP je generički naziv za niz problema koji se javljaju prilikom distribucije robe, gdje je potrebno odrediti rutu kojom će vozilo obići određeni broj gradova uz minimalne ukupne troškove i u što kraćem vremenu. Problem usmjeravanja vozila definiran je kao broj vozila zadanog kapaciteta. Svaka narudžba kupca ima određeno mjesto i veličinu. Postoje zadani troškovi dostave između svih lokacija.

Cilj je osmisliti optimalan itinerer tako da se svi kupci posjete jednom i da se ispune ograničenja kapaciteta. Rješavanje problema uključuje pronalaženje optimalnog redoslijeda posjećivanja lokacija, pod uvjetom da svaka lokacija opslužuje samo jedno vozilo. Ograničenje postavljenog uvjeta je da ukupna potražnja svih korisnika na pojedinoj ruti ne prelazi kapacitet vozila.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Jakara M., Pašagić Škrinjar J., Brnjac N.: Vehicle Routing Problem – Case Study on Logistics Company in Croatia, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2019.



Slika 1: Primjer prijevoznog procesa

Izvor: <https://www.mindomo.com/pt/mindmap/prijevozniprocese0436c378b2c46e9aaa8a5081e1b9386>(Pristupljeno: 11.09.2023.)

## **4 PROBLEMATIKA PRIJEVOZNIH PROCESA NA OTOKE**

Globalna broderska industrija razvila se ogromnom brzinom u proteklom desetljeću, s brojnim opcijama isporuke i bržim rokovima isporuke dostupnim korisnicima diljem svijeta.

Stanovnici otoka također kupuju putem interneta, šalju i primaju dokumentaciju putem pošte, a potrebna im je usluga slanja pošte jednako kvalitetna kao i stanovnicima na kopnu.

Dakle, većina prijevoznika prilagodila je svoje usluge potrebama otočana, ali s rezervom.

Problematika dostave na otoke je tema koja se tiče mnogih stanovnika i korisnika poštanskih i kurirskih usluga u Hrvatskoj.

Dostava na otoke ima svoje specifičnosti i izazove, kao što su udaljenost, povezanost, infrastruktura, troškovi, vremenski uvjeti i potrebe otočana.

Svaki od korisnika ima pravo na istu kvalitetu i pristupačnost usluge te je to izazov s kojim se suprotstavljaju mnoge tvrtke kako bi omogućile jednak pristup svim korisnicima, no postoje i neki od izazova koji predstavljaju veliki problem kao što su npr. vremenski uvjeti na koje se ne može utjecati.

Što se tiče dislociranost tvrtke rade na raznim idejama dostave kojima bi se smanjila ili u potpunosti izjednačila raznolikost pristupa usluzi korisnicima sa kopna i otoka.

### **4.1. Izazovi prijevoza na otoke u Hrvatskoj**

U nastavku će se navesti glavni izazovi i ograničenja u prijevoznoj logistici prisutni kod prijevoznih procesa na otoke.

#### **Diskriminacija otočana**

Neki otočani se žale da im je onemogućena ili otežana dostava paketa težih od 2 kilograma putem usluge brze dostave Paket24, koja je inače izjednačena s univerzalnom uslugom i nudi povoljnije cijene i kraće rokove dostave od standardne usluge.

Razlog tome je propisana masa vozila na trajektima i ograničenja vožnje kombijima po otoku. Otočani smatraju da se time krši njihovo pravo na jednaku dostupnost poštanskih usluga kao i ostalim stanovnicima Republike Hrvatske.<sup>12</sup>

#### **Nedostatak alternativnih načina dostave**

---

<sup>12</sup> <https://www.morski.hr/otocani-se-zale-na-diskriminaciju-hrvatske-poste-onemogucili-su-nam-dostavu-paketa-na-otoke/>

Osim poštanskih brodova i Paketa24, otočani nemaju puno izbora kada je riječ o dostavi na otoke. Drugi kurirski servisi, kao što su GLS, DHL, UPS i drugi ili ne pokrivaju sve otoke ili imaju više cijene i duža tranzitna vremena. Također, nema razvijenih alternativnih načina dostave, kao što su zrakoplovi, helikopteri, dronovi ili električni bicikli, koji bi mogli biti korisni za neka udaljena ili teško pristupačna područja kao i za slučaj hitnosti ili nepredviđene okolnosti.

### **Nedovoljna infrastruktura i regulativa**

Za poboljšanje prijevoznih procesa na otoke potrebno je ulagati u infrastrukturu i tehnologiju, kao i uskladiti regulativu s potrebama i mogućnostima otočnog prijevoza. To uključuje poboljšanje kapaciteta i frekvencije poštanskih brodova, izgradnju malih aerodroma i heliodroma na nekim otocima, razvoj sustava za upravljanje dronovima i električnim vozilima, te uspostavu standarda kvalitete i sigurnosti za sve vrste dostave na otoke.

### **Vrijeme isporuke**

Kod planiranja slanja pošiljke na otok, važno je rezervirati vrijeme isporuke. Veliki otoci s dobro razvijenom infrastrukturom ne mogu predstavljati problem, a kurir dostavlja paket unutar 3 dana. Međutim, manji otoci mogu biti teško dostupni, a kurir tamo ne vrši dostavu svaki dan. Dakle, dostava može potrajati i do 10 dana, dok poštanska služba prikupi nekoliko paketa namijenjenih stanovnicima tog otoka i isporuči ih sve skupa, npr. jednom tjedno. Razlog tome je premali broj pošiljaka te neisplativost svakodnevne dostave za malu količinu pošiljaka.

### **Vremenski uvjeti**

Dostava na otok uvelike ovisi o vremenu. Budući da kopnena dostava nije moguća, paketi se na otoke dostavljaju morem ili zrakom. Dakle, u slučaju olujnog nevremena ili bilo kakvih nepovoljnih vremenskih uvjeta dostava na otoke kasni.

### **Prijevoz specifičnih pošiljaka**

Otprema nekih artikala također može predstavljati problem. Na primjer, pri narudžbi velikih predmeta namještaja ili antikni klavir na mali, daleki otok, za pošiljku će biti potrebna posebna vozila za siguran prijevoz predmeta. Stoga takve isporuke mogu biti skupe i mogu zahtijevati dodatno vrijeme te je potrebno unaprijed rezervirati specijalizirana vozila.

### **Međunarodno praćenje paketa za otočne dostave**

Što se tiče međunarodnog praćenja paketa za otopne dostave, sve obično funkcionira na isti način kao i kod kopnenih dostava. No unatoč tome, stručnjaci potiču i pošiljatelje i primatelje da još jednom provjere sve upute za slanje koje će prijevoznik podijeliti.

Općenito, isporuke na otoke zahtijevaju isti paket dokumenata kao i kopnene isporuke: komercijalna faktura, narudžbenica, potvrda o podrijetlu ili izjava o odgovornosti.

Ovo su neki od problema i ograničenja koji se odnose na problematiku dostave na otoke. Rješavanje ovih problema zahtijeva suradnju i koordinaciju između različitih dionika, kao što su državne institucije, lokalne samouprave, poštanske i kurirske tvrtke, otopne zajednice i korisnici usluga.

Cilj je osigurati kvalitetnu, pristupačnu, sigurnu i održivu dostavu na otoke koja će zadovoljiti potrebe i interese svih uključenih strana.

## **4.2. Dostavne službe za hrvatske otoke**

U nastavku rada spomenuti će se kurirske službe koje vrše dostavu na području Hrvatske te njihove regulative za dostavu na otoke.

Hrvatska pošta je od 2021. za sve otoke omogućila dostavu paketa mase do 10 kilograma putem usluge brze dostave Paket24. Izmjenama pravila o uručenju, usluga Paket24 izjednačena je s univerzalnom uslugom, a maksimalna masa umjesto dosadašnja dva kilograma iznosi 10 kilograma.

Dostava uslugom Paket24 na otoke ovisi o više uvjeta, poput propisane mase vozila na trajektima i ograničenja ili zabrane vožnje kombijima po otoku, stoga se dostava na pojedinim otocima obavlja do poštanskog ureda u kojem korisnik može preuzeti paket. Novim izmjenama obuhvaćene su i narudžbe iz internetske trgovine Žuti klik.

Hrvatska pošta kontinuirano traži načine da njene usluge građanima budu još dostupnije. Svjesni smo velike važnosti Hrvatske pošte u zajednici, posebno u prometno slabije povezanim mjestima i na otocima, te je ova odluka donesena na dobrobit svih naših korisnika na otocima.<sup>13</sup>

Hrvatska pošta se u 2023. suočava s velikim izazovima. Dok nekima ne dolaze naručeni paketi, drugima ne stižu računi od struje, vode i teleoperatera. Treći, pak, ne prime sudske pismene pozive. Još je gora situacija ukoliko je riječ o otočnim pošiljkama.

Prema njihovim objašnjenjima ove godine bilježe rast paketnog poslovanja koje je veće za 40 posto u odnosu na prošlu godinu. Istovremeno se suočavaju s fluktuacijom radnika s kojom se, nažalost, susreću brojni hrvatski poslodavci. Pojašnjavaju da na fluktuaciju radnika najviše utječe predstojeća turistička sezona, dok je nedostatak radne snage izazov s kojim se suočava velik broj poslodavaca u Republici Hrvatskoj, zbog čega je potrebno dodatno zapošljavanje.

---

<sup>13</sup> <https://www.posta.hr/paket24-dostavlja-pakete-do-10-kilograma-na-sve-otoke-8763/8763> (Pristupljeno: 06.09.2023.)



Jadranska obala tijekom sezone uvijek predstavlja izazov i zbog toga su u HP poduzete dodatne mjere za poticanje zapošljavanja novih, ali i zadržavanja postojećih radnika.

Navedeno predstavlja veliki problem za paketoprimce te se mnogi okreću alternativnim načinima dostave.

GLS je druga najpopularnija dostavna služba u Hrvatskoj koja ima nešto više cijene dostave, te nemaju neke od poteškoća s kakvima se susreće HP.

Na slici 2 prikazan je GLS raspored dostave na otoke kao i cjenik.

<b>OTOK</b> <i>(Island)</i>	<b>Ponedjeljak</b> <i>(Monday)</i>	<b>Utorak</b> <i>(Tuesday)</i>	<b>Srijeda</b> <i>(Wednesday)</i>	<b>Četvrtak</b> <i>(Thursday)</i>	<b>Petak</b> <i>(Friday)</i>
<b>Krk</b>	x	x	x	x	x
<b>Cres</b>	x	x	x	x	x
<b>Lošinj</b>	x	x	x	x	x
<b>Rab</b>	x	x	x	x	x
<b>Murter</b>	x	x	x	x	x
<b>Korčula</b>	x	x	x	x	x
<b>Pelješac</b>	x	x	x	x	x
<b>Vir</b>	x	x	x	x	x
<b>Pag</b>	x	x	x	x	x
<b>Hvar</b>	x	x	x	x	x
<b>Brač</b>	x	x	x	x	x
<b>Vis</b>	x		x		
<b>Pašman</b>	x			x	
<b>Ugljan</b>	x			x	

**Na otoke koje ne pokrivamo vlastitom dostavnom mrežom, isporuku vršimo u suradnji sa Hrvatskom Poštom prema sljedećim uvjetima:**

*(Delivery to islands that we do not cover with our own delivery network, we do in cooperation with the Croatian Post)*

**Ograničenja usluge:**

*(Service limitations)*

- **maksimalna težina** (maximum weight): **10kg**
- **maksimalna duljina** (maximum length): **1,5 m**
- **maksimalni obujam** (maximum girth): **3m**  
*3m = 2x visina (height) + 2x širina (width) + 1x duljina (length)*
- **tranzitno vrijeme** (transit time): **48 - 168h**
- **aktivacija dodatnih usluga osim pouzeća nije moguća**  
*(activation of additional services, except COD service is not possible)*
- **naknada za prijevoz naplaćuju se prema cjeniku za Zonu 2.**  
*(transport fee is charged according to the price list for Zone 2)*

*Slika 2: GLS raspored dostave na otoke*

Izvor:

[https://gls-group.com/HR/media/downloads/Raspored\\_dostave\\_na\\_otoke\\_HR\\_ENG.pdf](https://gls-group.com/HR/media/downloads/Raspored_dostave_na_otoke_HR_ENG.pdf)  
(Pristupljeno: 06.09.2023.)

Na slici 3 prikazan je popis otoka na kojima GLS vrši dostavu.

Pošanski broj i grad	Pošanski broj i grad	Pošanski broj i grad
20226 Babine Kuće	21430 Maslinica	20225 Sobra
20225 Babino Polje	23292 Molat	23287 Soline
20225 Blato	21432 Nečujam	20226 Soline
23286 Božava	20226 Njivice	21430 Srednje Selo
23285 Brbinj	20224 Okuklje	21432 Stomorska
23292 Brgulje	23296 Olib	20223 Suđurađ
21430 Donje Selo	20290 Pasadur	51561 Susak
23286 Dragove	20226 Polače	20290 Sušac
21225 Drvenik Mali	23287 Polje	20223 Šipanjska Luka
21225 Drvenik Veliki	20226 Pomena	20226 Tatinica
20290 Glavat	20226 Pristanište	20290 Uble
21432 Gornje Selo	20224 Prožura	51562 Unije
20226 Goveđari	20224 Prožurska Luka	23284 Veli Iž
21430 Grohote	22233 Prvić Luka	23287 Veli Rat
51552 Ilovi	22234 Prvić Šepurine	20226 Velika Loza
23293 Ist	23283 Rava	23287 Verunić
22235 Kaprije	23291 Rivanj	23281 Zaglav
20221 Koločep	21430 Rogač	20290 Zaklopatica
20224 Korita	20225 Ropa	23292 Zapuntel
20225 Kozarica	23281 Sali	22232 Zlarin
20290 Lastovo	20224 Saplnara	23291 Zverinac
20222 Lopud	23285 Savar	23286 Zverinac
23282 Luka	23291 Sestrunj	22236 Žirje
23284 Mali Iž	23295 Silba	23282 Žman
20224 Maranovići	20290 Skrivena Luka	

*Slika 3: GLS popis otoka na kojima se vrši dostava*

Izvor:

[https://gls-group.com/HR/media/downloads/Raspored\\_dostave\\_na\\_otoke\\_HR\\_ENG.pdf](https://gls-group.com/HR/media/downloads/Raspored_dostave_na_otoke_HR_ENG.pdf)  
(Pristupljeno: 06.09.2023.)

Overseas Express, članica grupacije Austrijske pošte, među vodećim je kompanijama za dostavu paketa u Hrvatskoj i inozemstvu, specijalizirana za B2B i B2C dostavu. Više od 200 djelatnika, 300 partnera i više od 850 pick-up/drop-off lokacija, jamstvo su kvalitete i pouzdane dostave diljem Hrvatske.

Overseas služba pak ima informatički najnapredniji sustav te nudi sljedeće pogodnosti vezane za dostavu:<sup>14</sup>

- Izrazito velika kvaliteta dostave (iznad 99% paketa na isporuci sljedeći radni dan)
- Najveća pokrivenost Hrvatske s 350 dostavnih vozila
- Dostupnost službe za korisnike svaki radni dan od 8:00 do 19:00 sati
- Mogućnost korištenja usluga putem Internet shippinga 24 sata dnevno s bilo koje lokacije
- Mogućnost dogovora o dostavi 24 sata dnevno s bilo koje lokacije
- Mogućnost pregleda statusa paketa 24 sata dnevno s bilo koje lokacije online
- Rješavanje reklamacija u najkraćem roku

DPD dostavlja na otoke i u manja mjesta prema definiranom rasporedu. Za većinu otoka dostava se vrši svaki radni dan dok za određena mjesta na otocima imaju predefinirane dane kada se vrši dostava.

Na slici 4 je primjer organizacije dostave DPD-a na otočna mjesta.

---

<sup>14</sup> <https://overseas.hr/hr/overseas-express/o-nama-25> (posjećeno 6.9.2023.)

RASPORED DOSTAVE NA OTOKE I U MJESTA U KOJA NE DOSTAVLJAMO SVAKI DAN								
Pošt. Br.	Mjesto	PON	UTO	SRI	ČET	PET	SUB	Napomena
21460	Stari Grad	•	•	•	•	•		OTOK HVAR - MOGUĆ 1 DAN ODSUPANJA ZBOG KAŠNENJA VOZNOG REDA TRAJEKTA
32242	Stari Jankovci	•		•		•		
53270	Starigrad					•		
20230	Stedrica		•		•			
52220	Stepčići		•		•			
53270	Stinica					•		
51556	Stivan	•		•		•		OTOK CRES
22202	Stivašnica	•			•			
53270	Stolac	•		•		•		
21430	Stomorska					•		OTOK ŠOLTA
20210	Stravča	•		•		•		
22300	Strmica	•						
32256	Strošinci		•		•			
44440	Struga Banska			•		•		
21256	Studenci		•	•		•		
53202	Studenci	•						
20230	Stupa		•		•			
51417	Sučići		•			•		
21469	Sučuraj	•						OTOK HVAR - MOGUĆ 1 DAN ODSUPANJA ZBOG KAŠNENJA VOZNOG REDA TRAJEKTA
22320	Suknovci	•			•			
21425	Sumartin	•		•		•		OTOK BRAČ
21400	Supetar		•		•			OTOK BRAČ
51280	Supetarska Draga		•	•		•		OTOK RAB
51561	Susak							UDALJENI OTOK - NIJE PROMETNO POVEZAN
20290	Sušac							SVAKA DRUGA SUBOTA - OTOK LASTOVO
53288	Sušanj Cesarički					•		
21400	Sutivan		•		•			OTOK BRAČ
23273	Sutomišćica	•						OTOK UGLJAN

Slika 4: Primjer dostave DPD za otočna mjesta uz napomene

Izvor: file:///C:/Users/majav/Downloads/Raspored-dostave-u-mjesta-u-koja-ne-dostavljamo-svaki-dan\_2023.pdf

(Pristupljeno: 06.09.2023)

Intereuropa Express je usluga koja omogućuje preuzimanje i isporuke pošiljaka u Hrvatskoj, Sloveniji i Bosni i Hercegovini. Imaju strogo definirane dane prikupa i dostave pošiljaka na otocima. Na slici 5 je primjer.

Aljmaš	utorak, srijeda, petak	Krk	ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak
Aržano	utorak, četvrtak	Cres	ponedjeljak, četvrtak
Babina Greda	ponedjeljak, utorak, četvrtak, petak	Lošinj	ponedjeljak, četvrtak
Banovci	ponedjeljak, četvrtak	Rab	utorak
Bapska	ponedjeljak, četvrtak	Pag	utorak, četvrtak
Barilović	ponedjeljak, utorak, četvrtak, petak	Vir	utorak, četvrtak
Bebrina	ponedjeljak, utorak, četvrtak, petak	Murter	ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak
Bedekovčina	ponedjeljak, utorak, četvrtak, petak	Ugljan	utorak, četvrtak
Belec	ponedjeljak, utorak, četvrtak, petak	Pašman	utorak, četvrtak
Bijelo Brdo	utorak, srijeda, petak	Brač	utorak, četvrtak, petak
Blizna Donja	ponedjeljak, srijeda, petak	Hvar	ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak
Bobota	utorak, srijeda, petak	Korčula	utorak, petak
Borovo	utorak, srijeda, petak	Vis	petak
Bosiljevo	ponedjeljak, utorak, četvrtak, petak	Dugi otok	dostava i preuzimanje u najbližem terminalu
Bošnjaci	ponedjeljak, utorak, četvrtak, petak	Iž	dostava i preuzimanje u najbližem terminalu
Bribir	utorak, četvrtak	Rava	dostava i preuzimanje u najbližem terminalu
Brinje	petak	Mulač	dostava i preuzimanje u najbližem terminalu
Brod Moravice	utorak	Ist	dostava i preuzimanje u najbližem terminalu
Brod Na Kupi	petak	Silba	dostava i preuzimanje u najbližem terminalu
Brodski Stupnik	ponedjeljak, utorak, četvrtak, petak	Premuda	dostava i preuzimanje u najbližem terminalu

*Slika 5: Intereuropa dostava na otoke i rijetko naseljena mjesta*

Izvor: <https://www.intereuropa.hr/usluge/kopneni-promet/ekspres/raspored-expressne-dostave> (Pristupljeno: 06.09.2023.)

DPD služba pak pruža pravo rješenje za domaću i međunarodnu dostavu, ali po nešto višim cijenama. Poznati su kao dostavna služba s najinovativnijim opcijama dostave.

Nedavno su uveli opciju vinogradarima i trgovcima koja omogućuje pažljiv i siguran transport vrijednih proizvoda u posebno prilagođenim i snažno zaštićenim kutijama koje osiguravaju visoku razinu sigurnosti za vrijeme transporta. Uz testirano i certificirano transportno pakiranje osiguravaju posebno sigurnu dostavu vina i pjenušca - od preuzimanja robe do dostave

kupcima. Također dostavna područja dijele po zonama te je napravljen poseban cjenik za dostavu prema otocima.<sup>15</sup>

### 4.3. Načini dostave u Švedskoj kao državi s najviše otoka na svijetu

Dostava pošte na švedske otoke složen je i fascinantna proces. Švedska ima više od 200.000 otoka, od kojih su mnogi i naseljeni. Stanovnici otoka se oslanjaju na poštanske usluge za svoju komunikaciju i trgovinu.

Neke od metoda koje se koriste za dostavu pošte na Švedske otoke su:

- Brod

Najčešći način dostave pošte na otoke je brod. Postoji nekoliko poštanskih brodova koji rade tijekom cijele godine i prevoze pisma i pakete na i s kopna. Neki od ovih brodova služe i kao putnički trajekti, omogućujući otočanima da putuju i kupuju na kopnu. Poštanski brodovi imaju prepoznatljiv žuto-plavi dizajn, a neki od njih u službi su više od stoljeća.

- Zrakoplov

Za neke udaljene otoke, posebno na sjeveru Švedske, dostava pošte zrakoplovom jedina je opcija. Na nekim otocima postoji nekoliko malih zračnih luka i uzletišta, gdje poštanski zrakoplovi mogu sletjeti i dostaviti poštu. Ovim zrakoplovima obično upravljaju privatne tvrtke koje imaju ugovore sa švedskom poštom.

- Motorne sanjke

Zimi, kada se neki vodeni putovi zalede, dostava pošte motornim sanjkama postaje moguća. Ovo je brz i učinkovit način dostave pošte na otoke koji su blizu kopna ili međusobno. Motorne sanjke također mogu pristupiti nekim područjima do kojih brodovi i zrakoplovi ne mogu, kao što su zaleđena jezera i rijeke.

- Helikopter

Za neke vrlo izolirane otoke ili u hitnim slučajevima ponekad se koristi dostava pošte helikopterom. Ovo je vrlo skupa i rijetka metoda, ali može biti neophodna kada drugi načini prijevoza nisu dostupni ili sigurni. Helikopteri također mogu dostaviti glomazne ili teške predmete koji se ne mogu transportirati drugim sredstvima.

Ovo su neki od načina na koje se pošta dostavlja na švedske otoke. Prijevozni procesi na ovako velik broj otoka je zahtjevan i raznolik zadatak koji zahtijeva koordinaciju i suradnju između različitih poštanskih djelatnika i prijevoznika. To također pokazuje i koliko su poštanske usluge

---

<sup>15</sup> <https://www.dpd.com/hr/hr/slanje-paketa/slanje-unutar-hrvatske/?fbclid=IwAR0d0vCeC7oQv2mMEgc1h-naHw0PeY7n0medjj771J5YZUeJuy79N9D8KLI> (Pristupljeno: 09.09.2023.)

važne za ljude koji žive na ovim otocima, koji o njima ovise za svoje svakodnevne potrebe i veze.

Dostava u Švedskoj je dobro organiziran i učinkovit proces koji uključuje različite metode i pružatelje usluga ovisno o vrsti pošiljke, odredištu i preferencijama pošiljatelja i primatelja.

Neke od dostavnih služba koje se najviše koriste u Švedskoj:

PostNord: kao dominantna dostavna tvrtka u Švedskoj sa više od 200 milijuna paketa godišnje. PostNord nudi različite usluge za domaću i međunarodnu dostavu, kao što su pisma, paketi, ekspresne i praćene dostave. PostNord također upravlja poštanskim brodovima, avionima, motornim sanjkama i helikopterima za dostavu pošte na švedske otoke.

Ostali kuriri: Osim PostNord-a, djeluju i sljedeće dostavne tvrtke u Švedskoj, kao što su DHL, DB Schenker, Bring Parcel i UPS. Te tvrtke nude konkurentne cijene i usluge za različite vrste dostave, kao što je dostava na kućnu adresu, dostava paketa/poštanskih sandučića i dostava u distribucijskom centru.

Načini dostave: prema anketi, najpopularniji načini dostave u Švedskoj su dostava putem kutije za pakete/poštanskog sandučića (39%), dostava putem distribucijskog centra (37%) i dostava na kućnu adresu bez potpisa (8%).

Ove metode su prikladne i fleksibilne za kupce, koji mogu odabrati gdje i kada će primiti svoje artikle. Neke dostavne tvrtke također nude ekološki prihvatljive opcije, poput električnih vozila ili bicikala.

Troškovi dostave: troškovi dostave u Švedskoj ovise o nekoliko čimbenika, kao što su veličina i težina paketa, odredište i razina usluge.

Na primjer, standardno domaće pismo do 50 grama košta 15 kruna (1,26 eura) kod PostNord, dok standardno međunarodno pismo do 20 grama košta 30 kruna (2,52 eura) kod PostNord.

Za pakete cijena varira ovisno o dimenzijama i odabranoj usluzi.

Vrijeme isporuke: Vrijeme isporuke u Švedskoj također ovisi o vrsti artikla, odredištu i razini usluge. Za domaća pisma, PostNord dostavlja u roku od dva dana nakon poštarine, dok za domaće pakete, PostNord dostavlja u roku od jednog do tri dana nakon poštarine.

Za međunarodna pisma i pakete, PostNord dostavlja u roku od tri do sedam dana nakon poštarine. Drugi kuriri mogu imati različita vremena isporuke ovisno o svojoj mreži i dostupnosti.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> <https://www.royalmail.com/sending/international/country-guides/sweden> (Pristupljeno: 12.09.2023.)

#### 4.4. Razlozi nekorištenja helikopterskog načina dostave na Hrvatske otoke

Dostava na otoke helikopterom u Hrvatskoj je vrlo rijetka i skupa metoda, koja se koristi samo u iznimnim slučajevima ili za posebne potrebe. Neki od razloga zašto se dostava na otoke ne vrši helikopterom u Hrvatskoj su:

- **Visoki troškovi**- helikopterska dostava je mnogo skuplja od dostave brodom, trajektom, avionom ili kamionom. Troškovi uključuju gorivo, održavanje, osoblje, osiguranje i poreze. Helikopterska dostava bi također povećala cijenu pošiljki za primatelje na otocima, što bi moglo utjecati na njihovu kupovnu moć i zadovoljstvo.
- **Nedostatak infrastrukture**- većina otoka u Hrvatskoj nema adekvatnu infrastrukturu za slijetanje i polijetanje helikoptera, kao što su heliodromi, platforme ili signalizacija. To bi zahtijevalo dodatna ulaganja i dozvole, kao i rješavanje pitanja sigurnosti, zaštite okoliša i buke.
- **Nedostatak potražnje**- većina pošiljaka koje se šalju na otoke su standardne i ne zahtijevaju hitnu ili posebnu dostavu. Stoga, većina pošiljatelja i primatelja ne bi bila spremna platiti više za helikoptersku dostavu, koja bi imala malu dodanu vrijednost.

Helikopterska dostava bi se mogla koristiti samo za neke specifične vrste pošiljki, kao što su medicinski materijal, organska hrana ili vrijedni predmeti.



## 5 MATEMATIČKE METODE U PROCESU ODREĐIVANJA RUTA

Metode koje se koriste za usmjeravanje vozila mogu biti egzaktne metode i heurističke metode tj. metaheurističke metode.

Egzaktne metode nisu primjenjive i iskoristive u svakodnevnim problemima. No iako su spore one daju optimalno rješenje. Takve metode rješavanja problema rade tako da se prebroje sva rješenja problema koja su moguća te za svaki problem se izračuna cijena i izabere rješenje koje predstavlja optimum.

Problem je što to nije uvijek moguće i dokazati. Zbog toga se ove metode koriste kada je u pitanju mali broj korisnika.

Kada su u pitanju heurističke metode, heuristika daje brzo rješenje koje je blizu optimumu. Jedna od najpoznatijih i često korištenih metoda prilikom rješavanja problema usmjeravanja vozila je metoda najbližeg neposjećenog susjeda.

Metaheuristika je računarska metoda koja pomoću iteracija pokušava doći do najboljeg rješenja s obzirom na zadanu funkciju.<sup>17</sup>

### 5.1. Metoda najbližeg neposjećenog susjeda

Metode najbližeg susjeda su raznolika skupina statističkih metoda objedinjenih idejom da se sličnost između točke i njenog najbližeg susjeda može koristiti za određeni statistički zaključak, odnosno da se ta sličnost može iskoristiti za stvaranje korisnih zaključaka. U nekim je slučajevima sličnost udaljenost između točke i najbližeg susjeda, u drugima se odgovarajuća sličnost temelji na drugim identifikacijskim karakteristikama točaka.

Podaci o lokaciji mogu se koristiti za odgovaranje na mnogo različitih pitanja, ovisno o znanstvenom kontekstu i području primjene.<sup>18</sup>

Heuristika najbližeg susjeda je jedan od prvih algoritama za rješavanje „problema putujućeg trgovca, a često se koristi kao početno rješenje za testiranje heuristike popravljivanja, ali rješenja su uvijek daleko od optimalnih.

Algoritam djeluje nasumičnim odabirom početnog grada iz skupa gradova, njegovim dodavanjem rute i označavanjem odabranog grada kao posjećenog. Zatim se iz skupa neposjećenih gradova traži najbliži grad prethodno dodanom i dodaje ga se ruti te označuje kao posjećenog. Ovaj se korak ponavlja sve dok svi gradovi nisu posječeni.<sup>19</sup>

---

<sup>17</sup> Preuzeto sa: <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1859/datastream/PDF/view> (Pristupljeno: 30.08.2023.)

<sup>18</sup> Dixon P. M. Nearest Neighbor Methods, Statistics Preprints 51, Iowa State University Digital Repository, 2001, pp.

<sup>19</sup> Carić T. Nastavni tekst iz kolegija Optimizacija prometnih procesa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014, pp. 27.

Kod rješavanja problema pomoću ove metode zadaje se prvotno matrica udaljenosti između gradova, odnosno udaljenosti između različitih lokacija.

Potrebno je izračunati minimalan put između lokacija pomoću metode najbližeg susjeda. Postupak izračuna započinje na način da se odabere čvor, lokacije koja predstavlja početnu točku rute. Ruta započinje iz čvora iz kojeg je najmanja udaljenost do sljedećeg čvora te se odabire najmanja udaljenost prema jednom od čvorova (lokacija). Na kraju postupka ostaju dva posljednja čvora za kompletnost rute. Potrebno je odabrati minimalnu udaljenost iz čvora prema prethodnom čvoru.

Na kraju postupka polazni čvor ujedno mora predstavljati i završni čvor, dok su između svi preostali čvorovi u ruti, budući da je cilj dobiti Hamiltonov ciklus, odnosno da početna točka bude ujedno i završna točka.

## 5.2. Clark-Wright-ov algoritam „ušteta“

Jedna od najpoznatijih heurističkih metoda, koja rješava problem usmjeravanja vozila, je Clarke Wright-ova metoda.

Rješavanje uloge usmjeravanja Clarke-Wright-ovom metodom provodi se postupnim koracima. Prvo, pronalazi se najmanje poželjno rješenje koje se zatim poboljšava svakim postepenim korakom. Zahvaljujući ovom rješenju, definirani uvjeti se mogu nadgledati i kontrolirati u sljedećim koracima. Svako mjesto isporuke ima određeni zahtjev za prijevoz određenih količina po transportnim elementima. Prijevoz se izvodi vozilima, a njihova ruta započinje i završava u čvoru  $V_0$  i njihov kapacitet je ograničen. Cilj je sastaviti skupove ruta za vozila da ispune zahtjev da svaka isporučna točka bude zadovoljna samo jednom vožnjom vozila, a ukupni troškovi prijevoza moraju biti minimalni.

Izrada rute obavlja se prema rangiranim uštedama, uz zadovoljavanje navedenih ograničenja:

- prema rangiranju, čvorovi najveće uštede predstavljaju i početak rute;
- ukoliko čvor u sljedećoj ruti već postoji, a nije unutarnja točka, čvor povezan sa tim čvorom može se uvrstiti u rutu;
- ukoliko su čvorovi već uključeni u rutu te se uštede ne upotrebljavaju pri projektiranju rute, da bi povezivanje čvorova bilo moguće, jedan od čvorova u uštedi mora biti vanjski čvor u ruti;
- ukoliko je jedan čvor već uključen u djelomičnu rutu, ali je unutarnja točka, direktna poveznica nije moguća;
- na kraju se svi uključeni čvorovi mogu zanemariti jer su već povezani u rutu, stoga su ograničenja zadovoljena i direktna veza među čvorovima je moguća.

### 5.3. Clark-Wright-ov algoritam „ušteta“-metoda s indikatorom T

Algoritam Clark-Wright u početku konstruira rute naprijed-natrag te ih postupno spaja primjenjujući kriterij štednje. Točnije, spajanje dviju ruta u jednu rutu stvara uštedu.

Budući da su uštede ostale iste u algoritmu, one se mogu unaprijed izračunati. U takozvanoj paralelnoj verziji algoritma koja se čini najboljom, izvedivo spajanje ruta koje donosi najveće uštede provodi se pri svakoj iteraciji, sve dok više nije moguće izvesti spajanje. Ovaj jednostavan algoritam posjeduje prednosti intuitivnog, primjenjivog i brzog postupanja. Ovakva metoda može se koristiti za početno rješenje za sofisticiranije algoritme.<sup>20</sup>

### 5.4. Metoda grananja i ograničavanja

Problem trgovačkog putnika nastaje u situacijama kada je potrebno odabrati najprikladniju rutu (rutu s najmanjim troškovima putovanja) koju bi trebala slijediti osoba (trgovački putnik) koja prolazi kroz nekoliko gradova, krećući se iz jednog grada do drugog i svaki grad posjeti samo jednom.

Putni troškovi obično se uzimaju kao udaljenosti između gradova izraženih u kilometrima, iako to mogu biti i cijene javnog gradskog prijevoza ili nešto drugo.<sup>21</sup>

### 5.5. Metoda linearnog programiranja

Problemi optimiranja, na koje se mogu svesti mnogi logistički problemi, učinkovito se rješavaju linearnim programiranjem, to jest korištenjem modela linearnog programiranja.

Ovaj pristup rješavanju problema uključuje sljedeće pretpostavke:<sup>22</sup>

- traži se maksimum ili minimum funkcije cilja,
- varijable odlučivanja (argumenti funkcije cilja) moraju biti neovisne jedna o drugoj, a njihov utjecaj na vrijednost funkcije cilja mora biti zbrojiv,
- odnosi između vrijednosti funkcije cilja i varijabli odlučivanja, kao i odnosi ograničenja, mogu se izraziti linearnim jednadžbama ili ne jednadžbama,
- ulazni podaci su konstante unutar promatranog područja, to jest razdoblja definirana s određenom točnošću (unutar prihvatljivih granica tolerancije).

---

<sup>20</sup> Toth P. i Vigo D. *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*, Second Edition, SIAM, Philadelphia, 2014, pp. 86-90

<sup>21</sup> Šanjug, M. *Određivanje najkraćeg puta u prometnoj mreži*, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2019.

<sup>22</sup> Ratko Stanković, Jasmina Pašagić Škrinjar, *Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti, Logistika i transportni modeli*, Zagreb 2015.

Matematički modeli linearnoga programiranja ili linearni modeli imaju gore navedene karakteristike, a sastoje se od sljedećih triju sastavnica:<sup>23</sup>

- varijabla odlučivanja,
- funkcije cilja,
- ograničenja.

Matematičke metode koristimo u određivanju ruta kada je potrebno pronaći optimalno rješenje za neki problem koji uključuje transport, logistiku, planiranje ili optimizaciju. Matematičke metode mogu pomoći u smanjenju troškova, vremena, udaljenosti, potrošnje energije ili drugih resursa koji su povezani s rutama. Matematičke metode se također mogu koristiti za analizu i simulaciju različitih scenarija i utjecaja na prometnu mrežu.

---

<sup>23</sup> Ratko Stanković, Jasmina Pašagić Škrinjar, Sveučilište u Zagrebu fakultet prometnih znanosti, Logistika i transportni modeli, Zagreb 2015.

## 6 PRIJEDLOZI OPTIMIZACIJE DOSTAVE NA OTOCIMA NA PRIMJERU HRVATSKE POŠTE

Hrvatska pošta je nacionalni poštanski operator Republike Hrvatske te ima vodeću poziciju na tržištu poštanskih usluga u zemlji, a za svoje poslovanje osvojila je i niz nagrada. Na 38 otoka i poluotoku Pelješac posluje 128 poštanskih ureda (što čini 10% ukupnog broja poštanskih ureda) koji obavljaju usluge prijama i uručenja/dostave poštanskih pošiljaka i novčanih usluga – uplata/isplata.

Usluge se obavljaju u PU na 207 radnih mjesta, šaltera za poslovanje s korisnicima. Dostava poštanskih pošiljaka obavlja se na 243 organizirana dostavna rajona čime je pokriveno područje odnosno sva naselja i sve stambene jedinice.

S obzirom na razvedenost hrvatske obale dostava paketa na otoke je dosta zahtjevan dio logističkog poslovanja Hrvatske pošte te zahtjeva nova rješenja u svrhu optimizacije procesa.

Nekoliko pitanja se postavlja vezano za dostave na otoke:

1. Skladište na otoku ili najbližem većem gradu iz kojega ima veze - lokacijski problem ovisno o količini pošiljaka
2. Frekvencija dostave - vremenski problem ovisan o količini pošiljaka, intenzitetu dolazaka i broju primatelja
3. Optimalno rješenje dostave paketa/paleta za otoke - prijedlog rješenja ovisno o ulaznim parametrima koji bi doveo do poboljšanja unutar same mreže (skraćenje puta, vremena dostava, smanjenje troškova i sl.)
4. Radno vrijeme, odabir vozila <sup>24</sup>

Važne uloge razvoja svakog modernog društva i prostora su dostupnost elektroničkih komunikacijskih mreža vrlo velikog kapaciteta te dobro razvijena prometna povezanost.

Dostupnost i posljedično korištenje elektroničkih komunikacijskih mreža ostvaruju pozitivne učinke na konkurentnost poduzeća i socijalnu uključenost te omogućavaju digitalizaciju javnih usluga i upravljanja javnim resursima, dok bolja prometna povezanost na otocima podrazumijeva kvalitetan, brz, ekonomski i ekološki prihvatljiv prijevoz kojim se povezuju otoci s kopnom i otoci međusobno.

Zbog specifičnosti otoka i dugotrajnih negativnih demografskih i gospodarskih trendova, nužna je daljnja digitalizacija javne uprave na otocima u svrhu poboljšanja javnog upravljanja i pristupa otočnog stanovništva javnim uslugama te osiguranje digitalne povezanosti putem

---

<sup>24</sup> Zbornik 4. Logističkog praktikuma, Fakultet prometnih znanosti, svibanj 2018 (Pristupljeno: 12.09.2023.)

širokopojsnih priključaka u nepokretnoj mreži, kao i širokopojsnih veza u pokretnim elektroničkim komunikacijskim mrežama.

S obzirom na to da se otoci dosad nisu dovoljno razvijali u smislu digitalne povezanosti, Nacionalnim planom podržat će se aktivnosti koje će pridonijeti prevladavanju digitalnog jaza u dostupnosti širokopojsnog pristupa na otocima u odnosu na urbana područja.

Uvođenje širokopojsnih tehnologija od značajne je važnosti za otočne korisnike, posebice u današnje vrijeme kada je prijenos podataka jedna od osnovnih stvari kojima se moderan korisnik služi, jer osim svakodnevnih aktivnosti uvelike olakšava i poslovanje, budući da omogućuje prijenos velikih količina podataka u jedinici vremena.

Kvalitetan pristup internetu, uz male suvremeno opremljene coworking prostore, u suvremeno doba jedan je od ključnih preduvjeta za privlačenje tzv. “digitalnih nomada” - poslovnih ljudi koji koriste tehnologiju u poslu i nisu vezani fizičkim mjestom rada.

Otoci svojom prirodnom osnovom predstavljaju privlačno mjesto za život pa bi širokopojsni pristup i digitalizacija javnih usluga na otocima mogla doprinijeti gospodarskoj i društvenoj regeneraciji otočnog prostora. Kako bi se osigurala redovna povezanost otoka s kopnom te otoka međusobno, a posljedično zatim i veća mobilnost stanovništva, bolja dostupnost zdravstvene zaštite i ostalih javnih usluga te protočnija razmjena roba i usluga, od izuzetne je važnosti osiguravanje boljeg prometnog povezivanja, jer bi navedeno u konačnici imalo utjecaja i na snažniji razvoj otočnog gospodarstva.

Veća mobilnost i povezanost stanovništva osigurava se i putem raznih povlastica u sustavu javnog prijevoza koje se ostvaruju temeljem zakonskih prava. U tu svrhu razvijat će se usluge za racionalnije korištenje postojećih i uvođenje novih prometnih rješenja.<sup>25</sup>

## **6.1. Dostava dronom kao suvremen način optimizacije dostave**

Prijevozni procesi sa kopna na otoke zahtijevaju složenije metode dostave zbog manje međusobne povezanosti za razliku od povezanosti gradova na kopnu, što zbog ograničenih mogućnosti što zbog neisplativosti. Dostava dronom još uvijek nema široku primjenu zbog neisplativosti ili/i ograničenja i zakonskih regulativa.

Vrijednost tržišta dronova procjenjuje se na iznos od 5,5 milijardi dolara. U posljednjih nekoliko godina zabilježen je značajan napredak u razvoju mogućnosti korištenja dronova u logističkom sektoru, tj. u dostavi.

Korištenje dronova u dostavi već je dokazana tehnologija te postoje razne mogućnosti korištenja teretnih dronova za npr. isporuku dobara kupljenih preko interneta direktno u dvorište kupca, dostavu vitalnih lijekova na razna nepristupačna mjesta, te upotreba dronova u

---

<sup>25</sup> <https://vlada.gov.hr/UserDocsImages/2016/Sjednice/2021/Prosinac/92%20sjednica%20VRH/92%20-%208%20Nacionalni%20plan.pdf> (Pristupljeno: 12.09.2023.)

skladištima na način da oni unutar tvornice dostavljaju razne dijelove nužne za proizvodnju na točno definiranu lokaciju u točno definirano vrijeme.

Za očekivati je da će se u daljnjoj budućnosti znatno razvijati mogućnosti dostave dronovima, te da će dronovi postati uobičajena dostavna vozila. Logistička industrija prednjači u upotrebi dronova u komercijalne svrhe i to prvenstveno za njihovu upotrebu u dostavi tereta. Države poput Australije, Singapura, Islanda i Švicarske pioniri su u komercijalnoj upotrebi dronova u svrhu dostave.

Dronovi mogu dostavljati pakete vrlo brzo, a zbog te karakteristike se mogu koristiti i u hitnim situacijama. Budući da se u današnje vrijeme naručuje mnogo paketa, mogao bi se javiti problem u pojavi previše dronova u zračnom prostoru koji bi ih dostavljali. Praktičan problem kod korištenja dronova za transport i dostavu može se javiti kada se korisnika treba obavijestiti o isporuci pošiljke budući da dron ne može pozvoniti na vrata. Taj problem može se riješiti određenim notifikacijama naručitelju na mobitel, a kako bi se potvrdila dostava paketa, budući da korisnik ne može dronu potpisati preuzimanje paketa, dron može npr. poslikati korisnika kada preuzima paket kako bi se imao dokaz o isporuci.

Na slici 6 prikazan je dron koji je testirala Hrvatska pošta za dostavu pošiljaka.



*Slika 6: Prikaz testnog drona u Hrvatskoj pošti*

<https://blog.adafruit.com/2020/02/03/croatian-post-successfully-completes-first-drone-delivery-drone-droneday/> (Pristupljeno: 11.09.2023.)

### **6.1.1. Prednosti uporabe dronova u dostavi**

Najznačajnije prednosti uporabe dronova u dostavi navedene su u nastavku:

- **Brza isporuka na gotovo svako mjesto-** pomoću dronova moguća je brza isporuka na udaljena mjesta. Dostava je sigurna i brza i omogućuje dostavu dobara na gotovo svako mjesto i to kada je to kupcu potrebno.
- **Efikasnije upravljanje vremenom-** proces dostave je učinkovitiji od tradicionalnih procesa dostave. Dostava je brža, te se efikasnije upravlja vremenom, kako kupca, tako i prodavatelja. Precizno lociranje smanjuje potencijalne pogreške kod dostave, kupci brže dobivaju naručeno, a prodavatelji mogu dostaviti više proizvoda u određenoj jedinici vremena što dovodi do veće produktivnosti.
- **Štednja energije-** dostava pomoću dronova smanjuje potrošnju energije, te se smanjuje i emitiranje štetnih plinova u okoliš budući da većina dronova za svoj pogon koristi električnu energiju. Smanjenjem potrošnje energije, povećava se učinkovitost dostave, te se smanjuju i sami troškovi dostave.
- **Sigurnija dostava-** dostava dronovima sigurnija je od dostave tradicionalnim oblicima dostave. Dostavom dronovima uklanja se rizik nesreće do koje može doći na cesti, kašnjenja dostave zbog manjka goriva u dostavnom vozilu ili radovima na cesti i sl. Kod dostave dronom postoji mogućnost da dron padne tokom leta ili da slučajno pusti paket, ali takve mogućnosti su minimalne te se nikako ne mogu uzeti kao potencijalni nedostatak korištenja takvih oblika dostave.
- **Viša razina učinkovitosti dostave-** zbog oslanjanja na GPS tehnologiju preciznost dostave je učinkovitija nego kod tradicionalnih oblika dostave, te se postiže veća uspješnost nego kad ljudi obavljaju dostavu.
- **Uspješnije poslovanje tvrtke-** tvrtka koja za dostavu koristi dronove može ostvariti znatne uštede u svom poslovanju te može učinkovitije obavljati poslovne procese. Smanjenjem troškova poslovanja povećava se dobit tvrtke što nosi pozitivne učinke za vlasnike tvrtke.

### 6.1.2. Nedostaci uporabe dronova u dostavi

Nedostaci uporabe dronova u dostavi su:

- **Cijena dronova i cijelog sustava-** dronovi koji se koriste za dostavu su skupi. Kupnja dronova i implementiranje sustava za dostavu dronovima iziskuje velika ulaganja. Veliki početni troškovi razvoja i uspostavljanja takve usluge razlog je zašto na tom tržištu ne može sudjelovati mnogo tvrtki i što mali dio tvrtki razmatra i razvija takvu tehnologiju. Prosječna cijena drona koji bi mogao obavljati dostavu iznosi oko 500 dolara. Za formiranje takvog sustava potrebno je mnogo dronova, a potrebna je i druga infrastruktura koju ti dronovi trebaju koristiti. Uz to, potrebni su i ljudski kadrovi koji nadziru takve letačke operacije što je također svojevrsni trošak.
- **Ograničeno trajanje baterije-** let drona ograničen je trajanjem baterije koja služi kao spremnik energije za dron. Budući da dron nosi i teret, trajanje baterije je zaista ograničeno pa je potrebno često puniti bateriju drona, a i sama maksimalna udaljenost



koju dron može preći ovisi o kapacitetu baterije. Potrebno je ulagati u razvoj baterija i osmisliti način na koji se može povećati kapacitet baterija.

- **Potrebno poznavanje tehnologije-** dronovi koji se koriste za dostavu lete autonomno, ali zahtijevaju i svojevrsni nadzor od osposobljenih osoba koje osiguravaju da se sve operacije obavljaju na ispravan način i sprečavaju eventualne neželjene situacije. Za samu uspostavu takvog sustava dostave dronovima potrebno je izrazito znanje i poznavanje te tehnologije od strane osoba koje taj sustav razvijaju.
- **Rizik od kvarova tokom leta-** svako sredstvo koje se koristi za dostavu ima potencijalni rizik od kvara pa se tako kvar može dogoditi na avionu, kamionu, ali i na dronu. Budući da je tehnologija dostave dronovima još u razvoju, rizik od kvara u takvom sustavu veći je nego kod tradicionalnih oblika dostave. Ukoliko dođe do kvara na dronu tokom isporuke, to može poremetiti logistiku tvrtke i može stvoriti dodatne troškove i probleme za tvrtku.
- **Rizik od krađe drona-** dronovi su skupi i lete autonomno, bez ljudskog nadzora. Zbog njihove cijene, ali i veličine, mogu biti privlačni za otuđenje budući da ih se lako može onesposobiti jer se u njihovoj blizini ne nalazi i njihov vlasnik.
- **Rizik ulaženja u tuđu privatnost-** dronovi prilikom svog leta koriste kamere. Pomoću kamera oni mogu izvoditi svoje letačke operacije, ali se kamere mogu koristiti i kako bi se spriječile eventualne krađe drona ili paketa koji dron dostavlja. Kada god kamera snima, uvijek postoji rizik od ulaženja u privatnost, kako osobe koja je naručila proizvod, ali tako i osoba koje se nađu na ruti leta drona. Potrebno je uskladiti pravila privatnosti sa ovom tehnologijom. Kako bi se to postiglo, većina dronova koristi kamere koje više služe kao svojevrsni senzori i na snimkama se ne mogu raspoznati lica, a i same snimke se nakon obavljene dostave brišu.
- **Rast cijena dostave-** cijena dostave uvijek je viša ukoliko je potrebno da se proizvod dostavi u što kraćem roku. Budući da dostava dronovima predstavlja vrlo brzi oblik dostave, cijena takve dostave bila bi viša nego cijena dostave tradicionalnim oblicima dostave koji su obično i sporiji.
- **Manje mogućnosti za posao za nekvalificirane radnike-** upotreba dronova za dostavu smanjila bi potrebu za radnicima koji sada obavljaju takove poslove. Ti radnici su često nekvalificirani, a budući da za njima više ne bi bilo potrebe, oni bi ostali bez posla. Radnici koji bi radili na takvim sustavima dostave dronovima trebaju biti kvalificirani i obučeni, te dobro upoznati sa tehnologijom.
- **Kršenje privatnosti podataka-** sustav dostave dronovima sa sobom nosi i prikupljanje određenih podataka korisnika tog sustava. Podaci o kupcima koji se prikupljaju vrlo su osjetljivi te uvijek postoji mogućnost da dođe do njihove zloupotrebe od strane treće strane. Sa prikupljenim podacima treba se pažljivo i na siguran način postupati.
- **Prijetnja od oštećenja imovine-** dronovi nisu nepogrešiva tehnologija. Iako su oni autonomni, uvijek postoji mogućnost da prilikom leta nastane šteta na tuđim stvarima koja je uzrokovana dronom. Šteta može nastati prilikom isporuke paketa, ali također i

prilikom leta drona ukoliko npr. dođe do iznenadnog kvara što bi uzrokovalo pad drona.<sup>26</sup>

### **6.1.3. Trenutna iskoristivost dronova u dostavi**

Trenutno se dronovi mogu koristiti u četiri glavna područja dostave. Spomenuta područja dostave u kojima se trenutno koriste dronovi su automatizacija intralogistike kod koje se dronovi upotrebljavaju za dostavu unutar tvornica ili skladišta, dostava paketa u prvoj ili posljednjoj milji dostave u gustim urbanim područjima, opskrba medicinskim proizvodima mjesta koja su teško dostupna i prijevoz zračnog tereta u ruralnim područjima.

Svako od prethodno spomenutih područja nalazi se u različitim fazama razvoja i implementacije tehnologije korištenja dronova, a zajedničko im je to da imaju za cilj automatizirati prijevoz dobara na način da se nudi fleksibilnija, jeftinija i ekološki prihvatljivija usluga od tradicionalnih oblika dostave. Budući da su sva četiri područja još u razvoju, postoji velika konkurencija između tvrtki koje posluju na navedenim tržištima budući da svaka od njih želi dominirati zračnim prostorom i odrediti tempo i regulatorni okvir za ostale sudionike tržišta upotrebe dronova u svrhu dostave.

Na tržištu dostave dronovima postoji mnogo tvrtki koje intenzivno rade na razvoju tehnologija i modela za pružanje takove usluge. Da bi isporuke pomoću dronova postale uobičajene potrebno je razviti cijeli funkcionalni urbani sustav dostave paketa koji će moći funkcionirati u regulatornom okruženju.<sup>27</sup>

## **6.2. Izgradnja distributivnih centara na otocima**

Na primjeru zadatka koji je razrađen na projektu Transportikum, a u suradnji sa Hrvatskom poštom 2023.godine na temu 'Dostava na otoke sa kopna ili otvaranje distributivnih područja na otocima' prikazat će se na temelju dobivenog rješenja da li je isplativije dostavljati pošiljke sa distributivnih centara koji su već izgrađeni na kopnu ili se isplati graditi nove distribucijske centre na otocima.

Prema dobivenom ukupnom prosječnom broju pošiljaka koje Hrvatska pošta dostavi na otoke Brač, Hvar, Ugljan, Pašman, Vis, Krk, Cres, Lošinj, Rab i Korčulu na mjesečnoj i godišnjoj bazi dolazi se do zaključka kako je gradnja distribucijski centara na otocima za sada i dalje neisplativa.

Na slici 7 prikazan je prosječan broj pošiljaka po otocima na mjesečnoj i ukupno na godišnjoj razini.

---

<sup>26</sup> Sinčić M. Primjena dronova u posljednjoj milji dostave. Diplomski rad. Sveučilište Sjever, Odjel za logistiku i održivu mobilnost, 2021.(Pristupljeno: 05.09.2023.)

<sup>27</sup> Sinčić M. Primjena dronova u posljednjoj milji dostave. Diplomski rad. Sveučilište Sjever, Odjel za logistiku i održivu mobilnost, 2021. (Pristupljeno: 05.09.2023.)

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studenj	prosinac	suma za svaki otok
Brač	3.373	4.814	5.853	5.360	5.673	5.639	4.830	5.091	6.759	7.077	7.822	7.090	69.382
Hvar	2.986	863	1.050	961	1.018	1.011	866	913	1.212	1.269	1.403	1.272	14.825
Ugljan i Pašman	981	591	718	658	696	692	593	625	829	868	960	870	9.081
Vis	509	372	452	414	438	436	373	393	522	547	604	548	5.609
Krk	3.063	1.704	2.071	1.974	2.346	2.651	2.967	3.127	3.177	2.505	2.768	2.612	30.964
Cres i Lošinj	3.237	8.414	10.229	9.751	11.584	13.090	14.651	15.443	15.689	12.368	13.670	12.898	141.022
Rab	2.501	1.119	1.360	1.296	1.540	1.740	1.948	2.053	2.086	1.644	1.817	1.715	20.819
Korčula	4.436	275	334	306	324	322	276	291	386	404	447	405	8.205

Slika 7: Prikaz prosječnog broja pošiljaka po otocima koje dostavi Hrvatska pošta d.d. za godinu 2021.

Izvor: Podaci dobiveni od poduzeća Hrvatska pošta u sklopu projekta Transportikum

Na slici 8. prikazan je prosječan broj pošiljaka u sortirnim centrima Split, Zadar i Rijeka.

SORTIRNICA	broj pošiljaka godišnje	broj pošiljaka dnevno	dnevni broj pošiljaka u t	udajenost u km	cijena prijevoza dnevno u eurima
Split	98.021	392	0,98	201	197
Zadar	9.081	36	0,09	6,2	0,56
Rijeka	192.806	771	1,93	72,7	140,17

Slika 8: Prosječan broj pošiljaka u sortirnim centrima Hrvatske pošte d.d. za godinu 2021.

Izvor: Podaci dobiveni od poduzeća Hrvatska pošta u sklopu projekta Transportikum

Za izračun ukupnog broja pošiljaka korišten je ukupan broj pošiljaka godišnje za svaki otok te svrstan u njemu najbližu sortirnicu. Zatim je taj broj podijeljen sa ukupnim brojem radnih dana u godini (cca. 250).

Za izračun ukupne cijene uzeta je pošiljka mase od 2,5 kg po kojoj je rađen izračun, te je dobivena ukupna težina svih pošiljaka koje su izražene u tonama. Udaljenosti je uzeta sa karte te je pomnožena sa dnevnim brojem pošiljaka.

Naime, kada se uzme u obzir broj potrebnih radnika i njihove plaće te sve dnevne troškove koje uzrokuje prijevoz iz sortirnica na obalama vidljivo je već sa prvotnim podacima za gradnju objekata te zemljišta da i dalje nema isplativosti za gradnju objekata na frekventnijim otocima.

Dostava s otoka bila bi brža te bi troškovi prijevoza bili manji, ali nedostaci tog oblika dostave su preveliki troškovi izgradnje tih objekata te kupovina zemljišta, a drugi nedostatak bio bi i manji kapaciteti skladišta. Iako je dostava s kopna skupa i zahtjeva duži rok isporuke, ona opet ima svoje prednosti, a neke od njih bi bile skladišta koja imaju veće kapacitete za pošiljke, te već postojeći objekti pa nema troškova za ulaganje u izgradnju novih objekata, također to su

objekti koji se već mogu koristiti te nemamo trošak vremena na sam projekt pripreme zemljišta, lokacijskih dozvola ni same izgradnje. U takvim projektima sam nacrt i ideja o projektu traje duži vremenski period, a izgradnja može trajati i više od dvije godine.

Na otocima poput Brača bez obzira na veliku površinu nema smisla gradnje distribucijskih centara jer su preblizu sortirnim centrima na obali, a zemljišta od oko 2000 kvadrata imaju cijenu od 140000 eura na više dok manje zemljište od 880 kvadrata ima cijenu od 110 000 eura na više.

Sama zemljišta imaju previsoke cijene, a također uz cijene zemljišta u obzir treba uzeti i cijenu građevinskih materijala koji se kao i zemljišta kreću po jako visokim cijenama. Sam otok Krk povezan je s mostom te na njemu nema potrebe za sortirnim centrom, a preko njega se može pristupiti otocima poput Cresa i Lošinja.

Daljnijim proučavanjem otoka i njihovih lokacija, ali i samog broja paketa zaključuje se da bi sortirni centar bilo dobro izgraditi eventualno na otocima poput Raba ili Hvara. Međutim sama izgradnja bila bi neisplativa zbog visokih cijena zemljišta, čije cijene na Hvaru za zemljište od 730 kvadrata doseže cijenu od 180 000 eura, a veće zemljište poput zemljišta od 1 800 kvadrata ima cijenu od 300 000 eura.

Unatoč tome što je Hvar prihvatljiviji za gradnju nego Brač zbog samog položaja i udaljenosti od sortirnice na kopnu njegove cijene su veće u odnosu na cijene koje imaju zemljišta na Braču. Uz velike cijene zemljišta kao problem gradnje javlja se i cijena materijala, ali i problem s dovozom tog materijala na otoke koji je skup.

Unatoč materijalima poput panela koji bi ubrzali proces izgradnje, ali i smanjili cijenu cjelokupnog projekta jer su jeftiniji u odnosu na druge građevinske materijale, izgradnja bi i dalje bila preskupa jer SIP paneli imaju cijenu od 30 eura po m<sup>2</sup>.

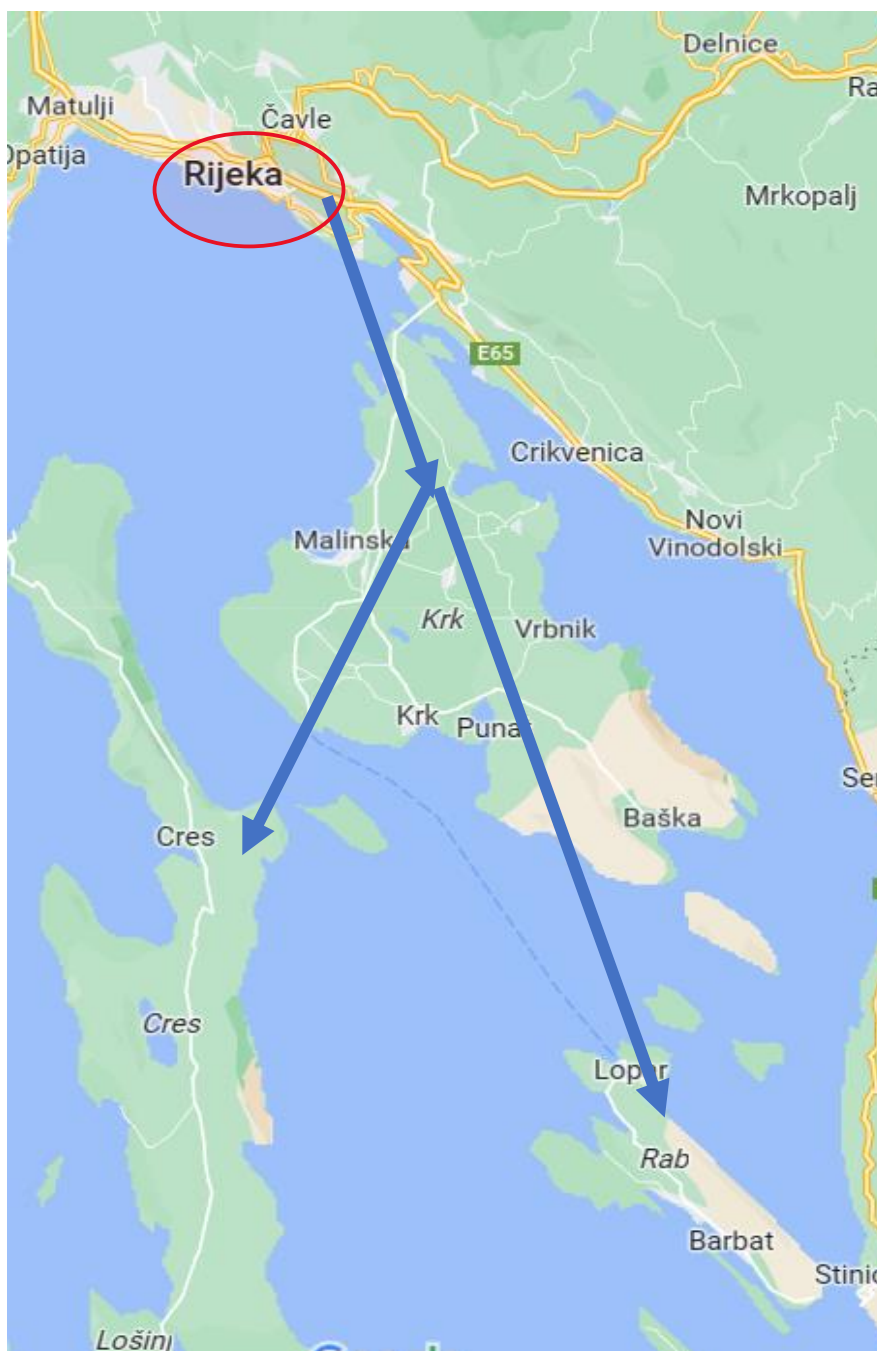
Međutim riječ je o panelima koji rade na očuvanju prirode jer su ekološko prihvatljivi materijali. Uz to prednost tih materijala je što ne propuštaju vjetar i vlagu te su iz tog razloga vrlo dobra opcijom za gradnju na otocima, a zbog svojih dimenzija i materijala od kojeg su napravljeni pružaju sigurniju i lakšu gradnju na nepristupačnim terenima. To su razlozi zbog kojih se SIP paneli mogu smatrati najboljim rješenjem za gradnju objekata na otocima ukoliko bi se realizirao taj idejni plan.

Zaključak ovog plana jest da trenutno nema potrebe za gradnjom te da se trajektima te drugim oblicima dostave s kopna može izbjeći potreba za izgradnjom objekata na otocima kroz narednih nekoliko godina. Iako s obzirom na rast broja paketa vjerojatno će za nekoliko godina doći do potrebe za sortirnim centrima i na otocima. Smatramo da bi čak i tada bila isplativija kupnja ili najam već postojećeg objekta. Sam najam bio bi fleksibilniji i isplativiji te bi jednostavnije bilo mijenjati lokacije na otocima ukoliko za time bude potrebe.

Također najam djeluje i kao isplativija opcija s obzirom na cijene zemljišta i građevinskog materijala, kao i same cijene izgradnje koje će u budućnosti vjerojatno biti sve veće.

U nastavku rada bit će prikazana povezanost spomenutih otoka sa sortirnim centrima na kopnu.

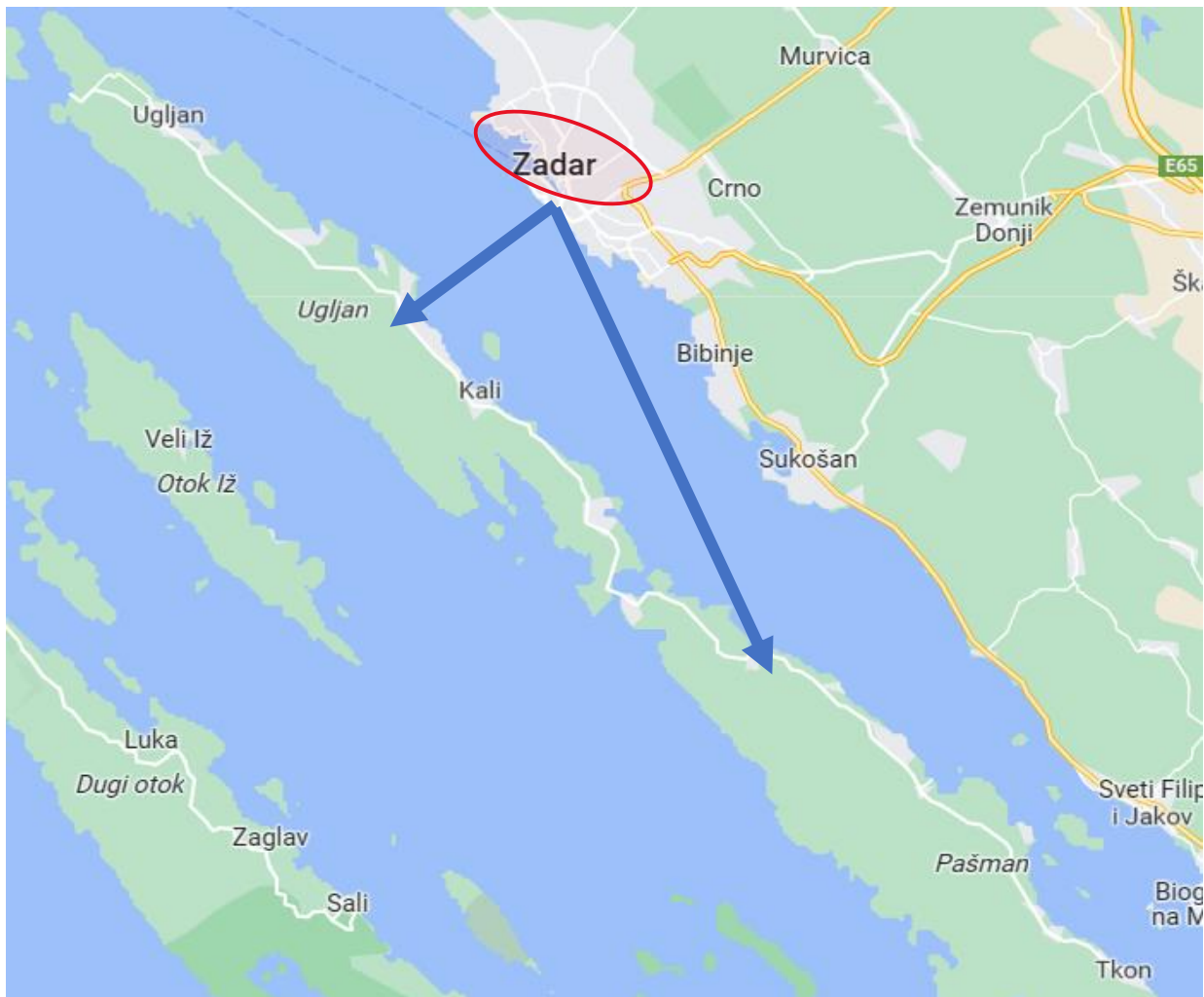
Na slici 9 prikazana je povezanost sortirnog centra Kukuljanovo sa otocima Krk, Cres i Rab.



Slika 9: Povezanost sortirnog centra Kukuljanovo sa otocima Krk, Cres i Rab

Izvor: <https://www.google.com/maps>

Slika 10 prikazuje direktnu povezanost sortirnog centra u Zadru sa otokom Ugljan i Pašman.

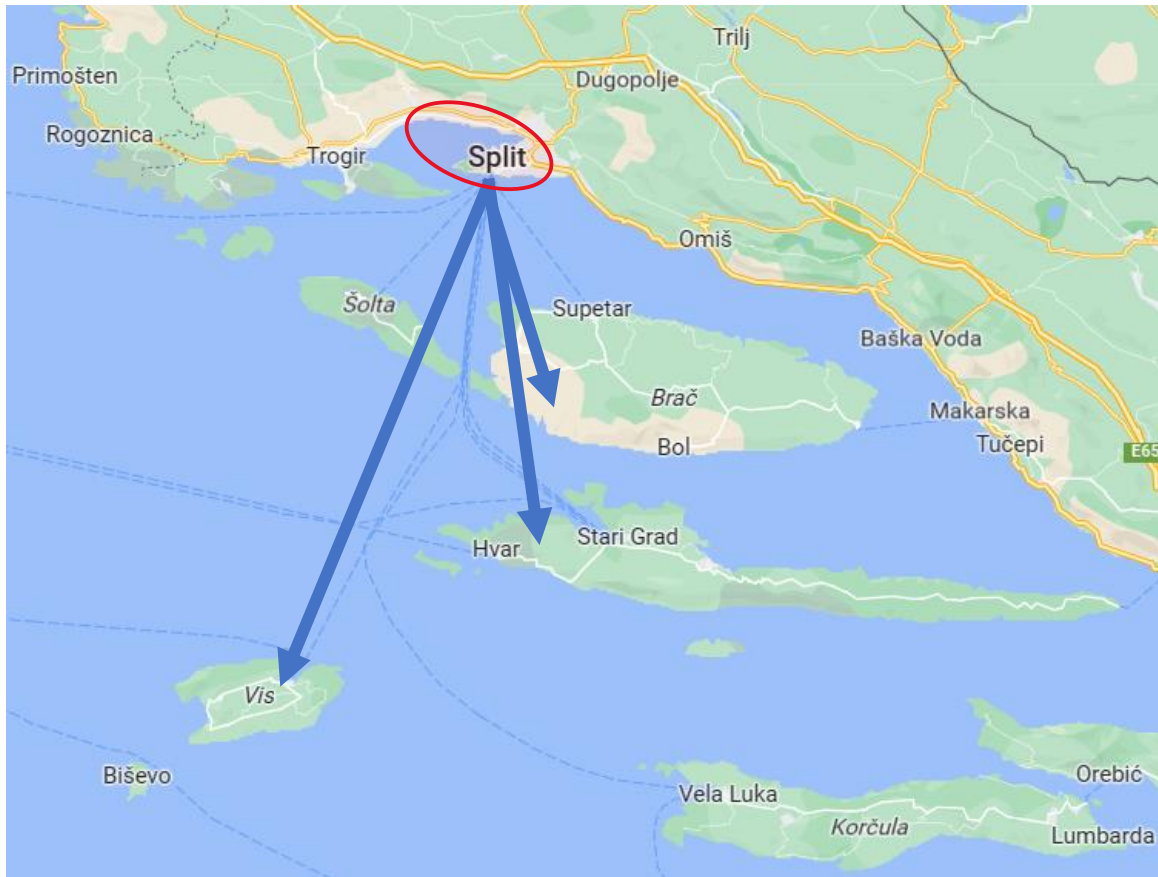


*Slika 10: Povezanost sortirnog centra Zadar sa otocima Ugljanom i Pašman*

Izvor: <https://www.google.com/maps>

Slika 11 prikazuje povezanost sortirnog centra u Splitu sa otocima Brač, Hvar i Vis.

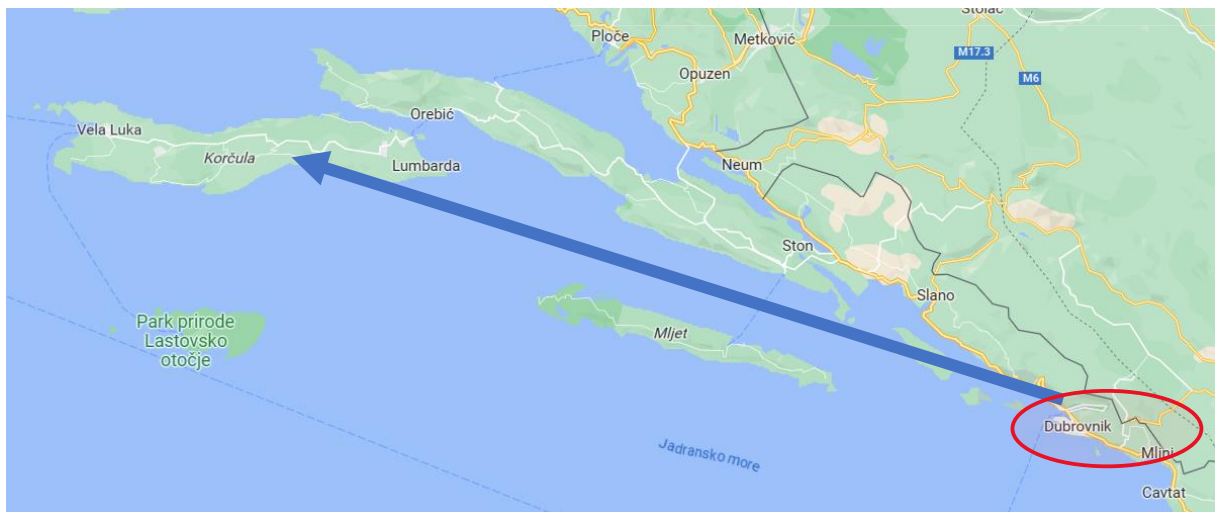




*Slika 11: Povezanost sortirnog centra Split sa otocima Brač, Hvar i Vis*

Izvor: <https://www.google.com/maps>

Slika 12 prikazuje povezanost sortirnog centra Dubrovnik sa otokom Korčula



*Slika 12: Povezanost sortirnog centra Dubrovnik sa otokom Korčula*

Izvor: <https://www.google.com/maps>

S obzirom da su otoci u Hrvatskoj relativno dobro povezani sa sortirnim centrima Hrvatske pošte na kopnu koje imamo duž cijele obale, trenutno nema potrebe za ogromnim ulaganjima za izgradnju distributivnih centara na otocima. Ulaganje bi se trebalo usmjeriti na učestalije trajektne linije i povećanje njihovih kapaciteta i korištenje novijih tehnologija kao što bi bilo korištenje dronova.

Također, budući da su poštanski brodovi glavni način dostave na otoke koji nemaju mostove ili trajektne linije, a često su premali, pretrpani i neredoviti povećanje kapaciteta i frekvencije poštanskih brodova omogućilo bi bržu i sigurniju dostavu na otoke, a time i kvalitetu usluge i veće zadovoljstvo korisnika.



## 7. ZAKLJUČAK

Na kraju ovog rada može se zaključiti da uz korištenje matematičkih metoda u određivanju ruta znatno optimizira proces dostave te se dobivaju mnoge pozitivne učinke kao što su brzina dostave, ušteda, smanjen broj ponavljajućih ruta itd. te se njima uvijek valja voditi kod određivanja ruta u procesu prijevoza, no kako bi se maksimalno zadovoljila potražnja krajnjeg korisnika te bilo u koraku sa trendovima nužno je u to uključiti i suvremene tehnologije koje se svakim danom istražuju te unaprjeđuju.

Kod suvremenih tehnologija ima puno prednosti ali i nedostataka no kada se jednom uvedu najčešće imaju pozitivne učinke te raste konkurentnost na tržištu.

Često je problem financijske prirode jer kod uvođenja novih tehnologija predstoji mnogo istraživanja, implementacije, provjere, zadovoljavanje zakonskih i sigurnosnih regulativa, testiranja i na kraju i samo održavanje i unaprjeđenje postojeće tehnologije, tako da je vrlo važno napraviti dobru procjenu oko implementacije nove tehnologije kako bi ona zadovoljila potrebe i u konačnici pridonijela dodatnom prihodu umjesto da se time dobiju novi troškovi i neisplativost.

Na području Republike Hrvatske na primjeru dostave na otoke prema podacima dobivenim iz Hrvatske pošte i proračunima može se zaključiti da je projekt izgradnje distributivnih centara na otocima ekonomski neisplativ te da je bolje realizirati druga rješenja poput novih tehnologija koja bi mogla pridonijeti optimizaciji kao što je spomenuta dostava dronom, koju je već i testirala Hrvatska pošta no još uvijek nije uvedena kao način dostave, ukoliko se zadovolje svi normativi ovaj način dostave bi mogao uvelike pridonijeti suvremenom načinu dostave u Hrvatskoj. Također, povećanje kapaciteta i frekvencije poštanskih brodova bi značajno doprinijelo učestalijoj i bržoj dostavi te time većem zadovoljstvu korisnika (ponajviše otočana).

## LITERATURA:

- [1] Council of Logistics: Definition of Logistics, Sjedinjene Američke Države, 1991.
- [2] Carić, T. Optimizacija prometnih procesa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
- [3] Dixon P. M. Nearest Neighbor Methods, Statistics Preprints 51, Iowa State University Digital Repository, 2001.
- [4] Jakara M., Pašagić Škrinjar J., Brnjac N.: Vehicle Routing Problem – Case Study on Logistics Company in Croatia, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2019.
- [5] Jelić, I.: Logistika, nastavni materijal, Škola za cestovni promet, Zagreb, 2020.
- [6] Pašagić Škrinjar, J.: Prijevozna logistika II, nastavni materijal, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2021.
- [7] Podaci dobiveni od poduzeća Hrvatska pošta u sklopu projekta Transportikum
- [8] Sinčić M. Primjena dronova u posljednjoj milji dostave. Diplomski rad. Sveučilište Sjever, Odjel za logistiku i održivu mobilnost, 2021.
- [9] Stanković, R.; Pašagić Škrinjar, J.: Logistika i transportni modeli, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [10] Šanjug, M. Određivanje najkraćeg puta u prometnoj mreži, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2019.
- [11] Toth P. i Vigo D. Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications, Second Edition, SIAM, Philadelphia, pp. 86-90, 2014
- [12] Woxenius, J. Development of small-scale intermodal of reight transportation in a system s context . PhD thesis, Department of Logistics Chalmers, Göteborg, 1998.

## WEB IZVORI

1. Hrvatska tehnička enciklopedija: Transportna logistika, preuzeto s: <https://tehnika.lzmk.hr/transportna-logistika/> (Pristupljeno: 20.07.2023.)
2. Nacionalni repozitorij diplomskih i završnih radova: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/efzg%3A6074/datastream/PDF/view> (Pristupljeno: 05.09.2023.)
3. Hrvatska pošta: <https://www.posta.hr/paket24-dostavlja-pakete-do-10-kilograma-na-sve-otoke-8763/8763> (Pristupljeno: 06.09.2023.)
4. GLS: [https://glsgroup.com/HR/media/downloads/Raspored\\_dostave\\_na\\_otoke\\_HR\\_ENG.pdf](https://glsgroup.com/HR/media/downloads/Raspored_dostave_na_otoke_HR_ENG.pdf) (Pristupljeno: 06.09.2023.)
5. Overseas: <https://overseas.hr/hr/overseas-express/o-nama-25> (Pristupljeno: 06.09.2023.)
6. Intereuropa: <https://www.intereuropa.hr/usluge/kopneni-promet/ekspres/raspored-expressne-dostave> (Pristupljeno: 06.09.2023.)
7. Nacionalni-plan-razvoja-otoka-2021-2027: <https://vlada.gov.hr/UserDocsImages/2016/Sjednice/2021/Prosinac/92%20sjednica%20VRH/92%20-%208%20Nacionalni%20plan.pdf> (Pristupljeno: 12.9.2023.)
8. <https://www.mindomo.com/pt/mindmap/prijevozni-procese0436c378b2c46e9aaa8a5081e1b9386> (Pristupljeno: 11.09.2023.)
9. [file:///C:/Users/majav/Downloads/Raspored-dostave-u-mjesta-u-koja-ne-dostavljamo-svaki-dan\\_2023.pdf](file:///C:/Users/majav/Downloads/Raspored-dostave-u-mjesta-u-koja-ne-dostavljamo-svaki-dan_2023.pdf) (Pristupljeno: 06.09.2023)
10. <https://www.royalmail.com/sending/international/country-guides/sweden> (Pristupljeno: 12.09.2023.)
11. Zbornik 4.logističkog praktikuma, svibanj 2018 (Pristupljeno: 12.09.2023.)
12. <https://blog.adafruit.com/2020/02/03/croatian-post-successfully-completes-first-drone-delivery-drone-droneday/> (Pristupljeno: 11.09.2023.)
13. <https://www.morski.hr/otocani-se-zale-na-diskriminaciju-hrvatske-poste-onemogucili-su-nam-dostavu-paketa-na-otoke/> (Pristupljeno: 12.09.2023.)
14. <https://www.dpd.com/hr/hr/slanje-paketa/slanje-unutar-hrvatske>(Pristupljeno: 09.09.2023.)
15. <https://www.google.com/maps>

## Popis slika

Slika 1: Primjer prijevoznog procesa .....	7
Slika 2: GLS raspored dostave na otoke .....	11
Slika 3: GLS popis otoka na kojima se vrši dostava .....	12
Slika 4: Primjer dostave DPD za otočna mjesta uz napomene.....	14
Slika 5: Intereuropa dostava na otoke i rijetko naseljena mjesta .....	15
Slika 6: Prikaz testnog drona u Hrvatskoj pošti .....	25
Slika 7: Prikaz prosječnog broja pošiljaka po otocima za godinu 2021.....	29
Slika 8: Prosječan broj pošiljaka u sortirnim centrima za godinu 2021 .....	29
Slika 9: Povezanost sortirnog centra Kukuljanovo sa otocima Krk, Cres i Rab .....	31
Slika 10: Povezanost sortirnog centra Zadar sa otocima Ugljanom i Pašman .....	32
Slika 11: Povezanost sortirnog centra Split sa otocima Brač, Hvar i Vis.....	33
Slika 12: Povezanost sortirnog centra Dubrovnik sa otokom Korčula .....	33

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

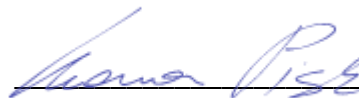
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je DIPLOMSKI RAD  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu zapvršnog/diplomskog rada pod naslovom OPTIMIZACIJA PRIJEVOZNIH PROCESA NA PRIMJERU DOSTAVE NA OTOKE, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 14.09.2023.

  
(ime i prezime, *potpis*)