

Analiza autobusne linije 136 Črnomerec - Špansko u Zagrebu

Banjanin-Leko, Luka

Undergraduate thesis / Završni 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:119:417979>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-07**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Luka Banjanin Leko

Analiza autobusne linije 136 Črnomerec – Špansko u Zagrebu

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, svibanj 2024.

Zagreb, 22. travnja 2024.

Zavod: **Zavod za gradski promet**
Predmet: **Tehnologija gradskog prometa I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7588

Pristupnik: **Luka Banjanin-Leko (0135258059)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Gradski promet**

Zadatak: **Analiza autobusne linije 136 Črnomerec - Špansko u Zagrebu**

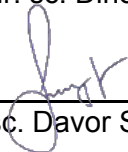
Opis zadatka:

U završnom radu potrebno je analizirati navedenu liniju javnog gradskog prijevoza putnika prometno-tehnološki, tako da se obuhvati sljedeće: položaj linije u urbanom prostoru, statički i dinamički elementi linije, putnički tokovi, iskorištenost ponuđenog kapaciteta, brzine putovanja i vremena putovanja u usporedbi s voznim redom za karakteristične periode tijekom dana. Također je potrebno utvrditi stanje sigurnosti ranjivih korisnika prometnog sustava zbog velikog puta kočenja od strane vozila na liniji. Na temelju provedene analize potrebno je donijeti zaključke o učinkovitosti prijevoznog procesa na liniji.

Mentor:



dr. sc. Dino Šojat



izv. prof. dr. sc. Davor Sumpor (komentor)

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

Analiza autobusne linije 136 Črnomerec – Špansko u Zagrebu

Study of the Bus Line 136 Črnomerec – Špansko in the City of Zagreb

Mentor: dr. sc. Dino Šojat

Komentor: izv. prof. dr. sc. Davor Sumpor

Student: Luka Banjanin Leko, 0135258059

Zagreb, svibanj 2024.

SAŽETAK

Glavna značajka javnog prijevoza je dostupnost svima u istim uvjetima. Mora biti efikasan, unatoč gužvi, smanjenoj mobilnosti i vanjskim faktorima. Gradski javni prijevoz bitan je faktor u velikim gradovima te je mjerilo kvalitete života u gradu. Ovaj rad bavi se analizom autobusne linije 136 Črnomerec – Špansko i njenim statičnim i dinamičnim elementima. Cilj ovoga rada jest pomoću slika, tablica i grafova, na temelju prikupljenih podataka o vremenu i putnicima u jutarnjim i poslijepodnevnim vršnim periodima, utvrditi je li iskorištenost linije zadovoljavajuća te dobiti uvid u stanje brzine i vremena u prijevoznom procesu te predložiti poboljšanja za analiziranu liniju i ukazati na potencijalna problematična mjesta na liniji u kojima je sigurnost ranjivih korisnika narušena od strane vozila javnog prijevoza.

KLJUČNE RIJEČI

autobusna linija, dinamički elementi, javni gradski prijevoz, prijevozni proces, statički elementi

ABSTRACT

The main characteristic of public transport is the availability to everyone equally. It must be efficient, with issues being congestion, mobility, and external factors. Urban public transport is an important factor in major cities, and the benchmark of quality of life in cities. This undergraduate thesis is a study of the bus line 136 Črnomerec - Špansko and its static and dynamic elements. The purpose of this undergraduate thesis is to determine if the utilisation of the line is satisfactory, to get insight on the state of speeds and times in the transport process, and, based on gathered data on travel time and passengers on the line in morning and afternoon peak periods, with the help of figures, tables and graphs, to propose improvements for the analysed line with indicating possible critical points on the line where the safety of vulnerable road users is compromised by public transport vehicles.

KEYWORDS

bus line, dynamic elements, public transport, static elements, transport process

SADRŽAJ

1	UVOD.....	1
2	JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ GRADA ZAGREBA	2
3	PROSTRONI OBUHVAT LINIJE	5
4	ANALIZA TRASE LINIJE.....	7
5	STATIČKI ELEMENTI LINIJE.....	11
	5.1 Terminali	11
	5.2 Stajališta.....	13
	5.3 Razmaci na liniji	14
6	UTJECAJ VELIKE MASE VOZILA JAVNOG PRIJEVOZA NA SIGURNOST NAJBRANJIVIJIH SUDIONIKA U PROMETU.....	16
7	DINAMIKA PRIJEVOZNOG PROCESA	19
	7.1 Broj vozila na liniji.....	20
	7.2 Vrijeme obrta	21
	7.3 Interval	22
	7.4 Frekvencija.....	22
	7.5 Vremena u prijevoznom procesu	23
	7.6 Brzine na liniji	26
8	KARAKTERISTIKE PUTNIČKIH TOKOVA.....	27
	8.1 Zauzetost vozila	27
	8.2 Koeficijent izmjene putnika i neravnomjernost protoka putnika	30
9	ZAKLJUČAK	32
	LITERATURA.....	34
	POPIS SLIKA	35
	POPIS TABLICA	36

1 UVOD

Urbanizacija i globalizacija kao društveni trendovi u velikoj mjeri utječu na mobilnost putnika pa tako i u stvaranju pritiska na postojeću infrastrukturu i kapacitete prometnica. Takvi problemi odražavaju se na pružanje usluga javnog gradskog prijevoza, koji pruža veliku mobilnost građana. Javni gradski prijevoz je dostupan svima pod istim uvjetima, ali nije atraktivan jer ga karakteriziraju zagušenost i male brzine putovanja.

Cilj rada je analizirati prijevozni proces linije 136 Črnomerec – Špansko pomoću prikupljenih i obrađenih podataka o zauzetosti vozila i izmjeni putnika. Metodologijom prikupljenih i obrađenih podataka utvrdit će se iskorištenost postojećeg kapaciteta linije i stanje vremena i brzina u prijevoznom procesu linije, te utvrditi sigurnost ranjivih korisnika na liniji od strane autobusa. Svrha rada je unaprjeđenje učinkovitosti prometnog sustava poboljšanjima u javnom prijevozu na području linije.

Rad je podijeljen u sedam cjelina. Nakon uvoda, u poglavlju 2 opisuje se struktura i zadaće javnog gradskog prijevoza u Gradu Zagrebu. U trećem poglavlju opisuje se prostorni obuhvat linije 136 Črnomerec – Špansko. U četvrtom poglavlju se analizira trasa linije 136 što obuhvaća analizu stajališta, karakteristične točke putovanja, probleme s infrastrukturom te gdje se stvaraju gužve duž trase. Poglavlje 5 opisuje statičke elemente linije koji podrazumijevaju terminale, stajališta i razmake na liniji. Slijedi šesto poglavlje koje postavlja problematiku sigurnosti ranjivih korisnika na liniji zbog utjecaja vozila javnog prijevoza. U sedmom poglavlju se analizira dinamiku prijevoznog procesa. Osmo poglavlje govori o karakteristikama putničkih tokova kao što su zauzetost vozila, koeficijent izmjene putnika te neravnomjernost protoka putnika.

Prometna mreža ZET-a podijeljena je u dvije tarifne zone. Autobusni promet odvija se u područjima obje zone, dok se tramvajski odvija samo na području prve zone. U prvu zonu pripada Grad Zagreb, a u drugu zonu pripadaju gradovi Zaprešić i Velika Gorica te općine Bistra, Luka i Stupnik. Slika 1 prikazuje sustav tarifnih zona i prometno – tarifnih područja Zagrebačkog električnog tramvaja. Obilježene su sljedeća tarifna područja [1]:

- prometno područje Grada Zagreba
- prometno područje Grada Velike Gorice
- prometno područje grada Zaprešića te općina Bistra i Luka
- prometno područje općine Stupnik.

Vrste karata za tarifno područje Grada Zagreba su [3]:

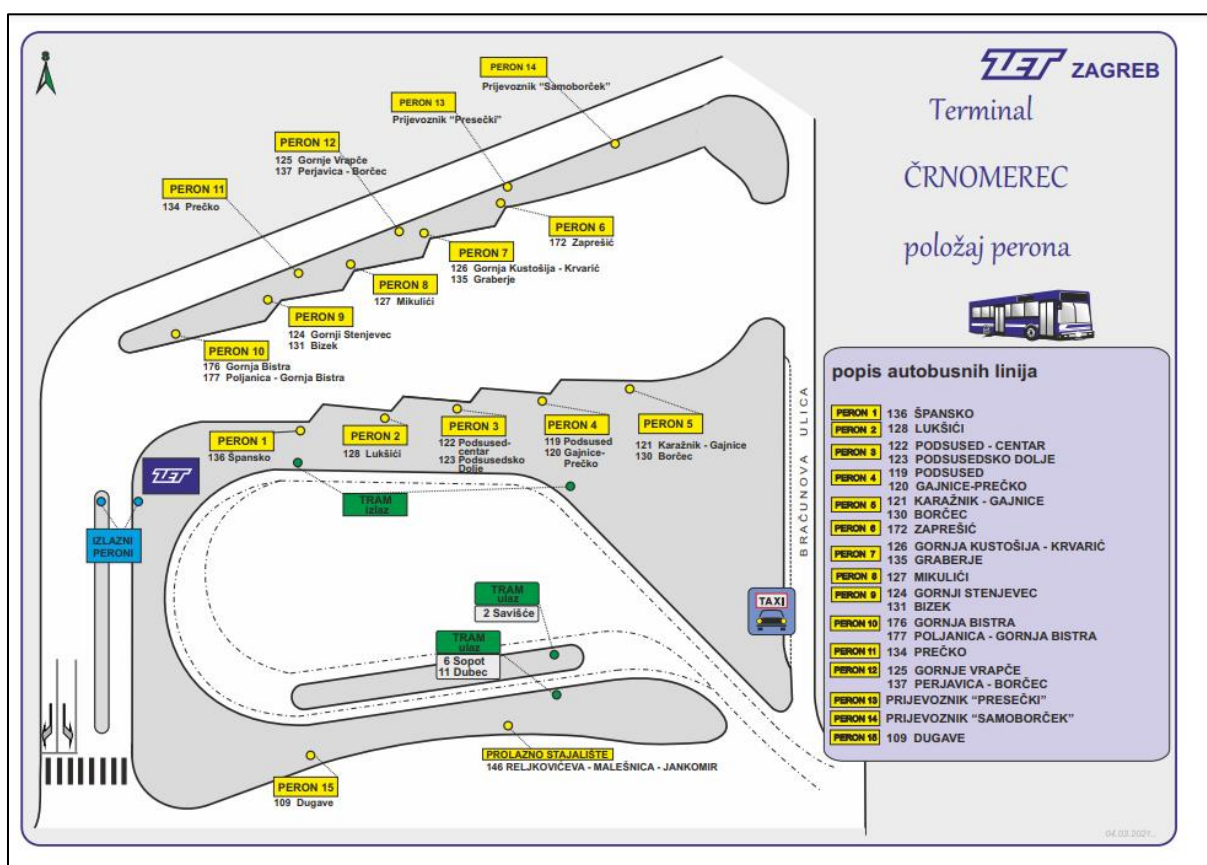
- opća mjesečna pretplatna karta iznosi 48 €, odnosno 53 € (ZET + HŽ)
- opća godišnja pretplatna karta iznosi 460 €, odnosno 640 € (ZET + HŽ)
- dnevna karta od 4,0 €
- višednevna karta (3 – 30 dana) od 9,3 € do 53 €
- pojedinačna papirnata karta valjanosti 30 minuta od 0,53 €
- pojedinačna papirnata karta valjanosti 60 minuta od 0,93 €
- pojedinačna papirnata karta valjanosti 90 minuta od 1,3 €
- pojedinačna papirnata karta za noćni promet od 2,0 €.

Pandemija SARS-CoV-2 uvelike je utjecala na funkcioniranje javnog gradskog prijevoza u Gradu Zagrebu. Nije bilo moguće održavati i servisirati vozila zbog nedostatka osoblja i manjka dijelova. Dnevno ne može izaći desetak vozila iz tramvajskih i autobusnih pogona zbog kvarova na vozilima te radi nedostatka rezervnih dijelova i osoba koje bi popravile vozilo. Koeficijent tehničke ispravnosti vozila ZET-a iznosi manje od 70%, što nije dovoljno za prihvatljivo opskrbljivanje linija vozilima. Granični koeficijent za prihvatljivo odvijanje javnog gradskog prijevoza u Gradu Zagrebu je 80%. Problemi nastaju za vrijeme radova na dijelu tramvajske mreže te kada tramvaji tim dijelom trase ne mogu prolaziti pa se uvodi supstitucija autobusima.

Uz nizak koeficijent tehničke ispravnosti vozila nije moguće pronaći tehnički ispravno vozilo za supstituciju, pa se autobusi s perifernih linija preusmjeravaju za supstituciju, dok se na perifernim linijama povećava vremenski razmak između dva vozila na liniji. Također, jedan od najvećih problema javnog gradskog prijevoza u Gradu Zagrebu je zagušenost prometnica. Vozila javnog gradskog prijevoza u Zagrebu zbog zagušenosti često kasne u jutarnjim i popodnevnim vršnim periodima.

3 PROSTRONI OBUHVAT LINIJE

Terminal Črnomerec je početna i krajnja točka većeg broja tramvajskih i autobusnih linija. Sadrži trinaest autobusnih perona s kojih polazi dvadeset linija ZET-a te dva perona koja su rezervirana za autobuse prijevoznika Presečki i Samoborček. Uz autobusne perone, terminal sadrži dva tramvajska perona za linije 2, 6 i 11. Autobusne linije povezuju zapadni dio grada naselja Vrapče, Gajnice, Prečko i industrijsku zonu Jankomir, sjeverni dio Grada s naseljima Lukšići i Mikulići te Novi Zagreb. Slika 2 prikazuje autobusne i tramvajske linije terminala Črnomerec.



Slika 2. Autobusne i tramvajske linije terminala Črnomerec

Izvor: [4]

Linija 136 Črnomerec – Špansko povezuje početak središnjeg dijela Grada (Črnomerec) s naseljem Špansko koje se nalazi na zapadnom dijelu Grada Zagreba. Linija 136 polazi s perona 1. Polaskom linije 136 s terminala Črnomerec, linija prometuje jednom od najvažnijih ulica u gradu, Ilicom, skretanjem s Ilice u naselju Vrapče prolazi kroz podvožnjak i ulazi u naselje Malešnica te vozi ulicom Ivane Brlić Mažuranić kojom prometuje linija 146 Reljkovićeve – Jankomir. Dolaskom do ulice u

naselje Špansko te prolazi pored tržnice i daljnjom vožnjom dolazi do okretišta u čijoj se blizini nalaze tri trgovačka centra.

Slika 3 prikazuje stajališta linije 136 između početnog i krajnjeg terminala. Stajališta na trasi prikazana su žutom i plavom bojom. Žutom bojom označena su stajališta u smjeru terminala Špansko, a plavom bojom su označena stajališta u smjeru terminala Črnomerec. Važnost linije 136 očituje se u:

- povezivanju centra grada s perifernim naseljima
- pružanju jednostavnog prijevoza iz centra grada do trgovačkih centara
- pružanju brzog i povoljnog prijevoza do industrijske zone Jankomir.



*Slika 3. Stajališta na liniji 136 Črnomerec – Špansko
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [5]*

Trasa ispunjava funkciju za koju je namijenjena. Ostala naselja kroz koje linija 136 prolazi optimalno su povezana javnim gradskim prijevozom. Zapadni dio Grada Zagreba bilježi porast stanovništva i stambenih objekata, a posebno nakon razornog potresa 2020. godine, pa je za očekivati da se s porastom stanovništva dodatno prilagođavaju trasa linije i vozni red.

4 ANALIZA TRASE LINIJE

Terminal Črnomerec je najveći i najprometniji terminal u Gradu Zagrebu. Završetak preuređenja terminala Črnomerec bilo je u proljeće 2021. godine gdje je linija 136 izmještena na peron jedan zbog lakšeg manevriranja zglobnim vozilom. Peron jedan opremljen je nadstrešnicom sa sjedištem te voznim redom. Terminal je opremljen potrebnom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom, a to su žute oznake stajališta te informativni stup s oznakom stajališta. Pri izlasku s terminala nalazi se semaforizirano raskrižje na čiju fazu sva vozila koji izlaze iz terminala mogu proći. Na terminalu se nalazi trgovački centar čiji posjetitelji također prolaze kroz spomenuto raskrižje.



*Slika 4. Polazni peron linije 136 na Črnomercu
Izvor: autor*

Duž trase linije 136 nalazi se četrnaest semaforiziranih raskrižja. Skretanjem lijevo s terminala vozilo ulazi u Ulicu Ilica koja je jedna od najprometnijih ulica u Gradu Zagrebu. Na dionici od Črnomerca do stajališta Kustošijanska u poslijepodnevnom

satima dolazi do manjeg repa čekanja koji se stvara zbog nesemfarožiranog pješačkog prijelaza u neposrednoj blizini stajališta i stajališta koji se nalazi na sredini prometnice. Stajalište je opremljeno potrebnom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom te nadstrešnicom sa sjedalima.



*Slika 5. Parkirališta na kolniku između stajališta Kustošijanska i MUP
Izvor: [6]*



*Slika 6. Raskrižje Ilice, Oranica i Vrapčanske ulice
Izvor: autor*

Između stajališta Kustošijanska i MUP problem stvaraju parkirališna mjesta koja se nalaze na nogostupu te prilikom ulaska i izlaska vozila s parkirališnog mjesta dolazi do usporavanja prometa (Slika 5). Stajalište MUP ima ugibalište, ali na Rogininoj vozila se zaustavljaju na prometnom traku. Na oba stajališta nalazi se samo oznaka na kolniku i stup s prometnom oznakom stajališta. Na stajalištu Roginina moguće je

postaviti nadstrešnicu s obzirom na veličinu nogostupa. Na dionici od Roginine do Vrapčanske problem je prekomjerna brzina vozača osobnih automobila koji time ugrožavaju sigurnost pješačkog i cestovnog prometa.

Najveći problem na trasi jest raskrižje Vrapčanske, Ilice i Ulice Oranica (Slika 6). To je semaforizirano raskrižje na kojem se stvaraju veliki repovi čekanja za vrijeme jutarnjeg i popodnevnog vršnog perioda u Ulicu Oranice (lijevi skretači) te u smjeru Črnomerca iz Ulice Oranice. Na tom raskrižju potrebno je izvršiti brojanje prometa u svrhu ponovnog programiranja ciklusa semafora. U smjeru Španskog na trasi ne postoje veći infrastrukturni problemi.



*Slika 7. Stajalište Ivane Brlić Mažuranić u smjeru Španskog
Izvor: autor*

Na stajalištima Švarčanska, Ivane Brlić Mažuranić (Slika 7), Nikole Gučetića, Matije Divkovića i Matije Vlačića ne postoje nadstrešnice koje bi zaštitile putnike od loših vremenskih uvjeta ili obavijestile putnike o redu vožnje. Na okretištu Špansko problem stvaraju prometna svjetla koja se nalaze prije i poslije izlaznog stajališta na maloj udaljenosti i okretište do kojeg vozilo mora prijeći preko drugog prometnog traka bez odgovarajuće signalizacije te u takvim situacijama vozači gube vrijeme za odmor.

U smjeru terminala Črnomerec ne postoji stajalište Matije Divkovića. Na stajalištima Nikole Gučetića (Slika 8) i Ivane Brlić Mažuranić postoje nadstrešnice s informativnim stupom i displejom. Stajališta Švarčanska, Kožinčev put, MUP i

Kustošijanska nisu opremljeni nadstrešnicama i redom vožnje već samo vertikalnom i horizontalnom signalizacijom.



*Slika 8. Stajalište Nikole Gučetića u smjeru Črnomerca
Izvor: autor*

Na ulazu u terminal Črnomerec problem stvaraju semafori. Kroz fazu za lijevo skretanje u pravilu mogu proći samo dva vozila, a problem nastaje u vršnim periodima kada je frekvencija vozila veća te se autobusi i taksi vozila nagomilavaju. Vozilima je omogućeno skretanje tijekom faze za ravno, no to je uglavnom teško za izvesti radi velikog broja vozila koji dolaze iz smjera centra grada prema zapadu. Na trasi postoje odvojeni žuti trakovi za prometovanje vozila javnog gradskog prijevoza na dionici od stajališta Vrapčanska do MUP-a te na raskrižju na ulazu u terminal Črnomerec. Žuti trakovi na prvoj prethodnoj spomenutoj dionici za vrijeme jutarnjeg vršnog perioda se ne poštuju zbog povećanog broja putnika u osobnim automobilima. U jutarnjem vršnom satu repovi čekanja pružaju se od naselja Vrapče do Črnomerca te je vrijeme putovanja duže za desetak minuta od uobičajenog.

5 STATIČKI ELEMENTI LINIJE

Statički elementi linije nužni su za funkcioniranje javnog gradskog prijevoza u cjelini te se ne mijenjaju u dugom vremenskom razdoblju jer je njihova zamjena zahtjevna i zahtijeva velike troškove. Statički elementi linije su [7]:

- trasa
- terminali
- stajališta linije
- razmaci na liniji.

5.1 Terminali

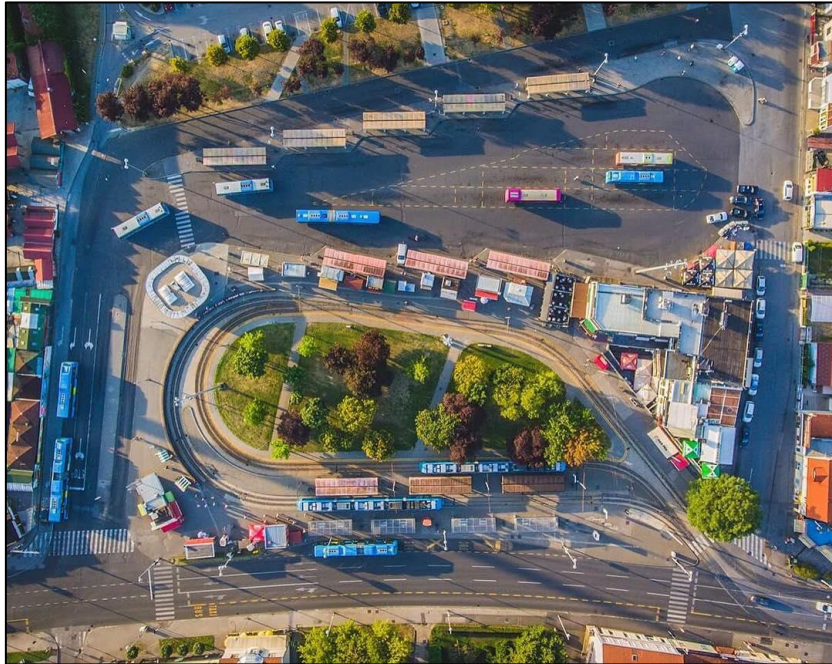
Terminali su krajnja stajališta na liniji gdje vozila za javni prijevoz mijenjaju smjer kretanja. Na terminalima se vozačima omogućuje obavljanje osnovnih ljudskih potreba te mogu poravnati vremenske neravnomjernosti koja su se dogodila tijekom vožnje zbog unutarnjih utjecaja u prometnom toku. Terminali dobivaju imena ovisno o širem području kojem gravitiraju. Terminali se označavaju slovima A i B, a terminalom A se označava onaj terminal koji je bliže centru grada, dok terminal B označava onaj terminal koji je udaljeniji od centra grada [8]. Prema navedenom pravilu terminal A je Črnomerec, dok je terminal B Špansko.

Terminal Črnomerec je jedan od najvećih i najvažnijih terminala u Zagrebu. Na njemu se nalazi trgovački centar i kućica ZET-a koja služi kao prodavaonica karata, vozačima za odmor i obavljanje ljudskih potreba te u njoj rade otpremnici tramvaja i autobusa.

Slika 9 prikazuje terminal Črnomerec koji se nalazi u središnjem dijelu grada. Terminal sadrži petnaest ulaznih i dva izlazna autobusna perona, te jedan izlazni i dva ulazna tramvajska perona. Linija 136 polazi s perona 1. Ostale značajnije linije koje prometuju s terminala Črnomerec su:

- 121 Črnomerec – Gajnice – Karažnik
- 128 Črnomerec – Bolnica Sveti Duh – Lukšići

- 172 Črnomerec – Zaprešič
- 176 Črnomerec – Gornja Bistra.



*Slika 9. Tlocrtni prikaz terminala Črnomerec
Izvor: [9]*



*Slika 10. Okretište Špansko
Izvor: autor*

Na rubnom djelu naselja nalazi se terminal Špansko (Slika 10). Na terminalu Špansko nalaze se dva perona, gdje peron 1 služi kao prolazno stajalište linije 115 Ljubljana – Špansko – Jankomir.

5.2 Stajališta

Stajališta na liniji su mjesta na kojima se vozila javnog gradskog prijevoza zaustavljaju radi izmjene putnika. Stajališta mogu imati nadstrešnicu, klupu i informativni stup. Lokacija stajališta određuje se na osnovi analize, zato stajališta moraju opsluživati veće centre i biti na točkama transfera drugim linijama. Također, lokacijom stajališta pokušava se privući veći broj putnika, a postići minimalni trošak sustava [8]. Stajališta se uspostavljaju na mjestima gdje je veća izmjena putnika ili na mjestima koji su generatori putovanja kao što su kolodvori, trgovački i poslovni centri, bolnice i škole. Stajališta mogu biti stalna i povremena. Stalna su ona na kojima vozilo staje neovisno ima li putnika koji trebaju ući ili izaći, a povremena su ona koja na kojima se vozilo zaustavlja samo ako ima potrebe za izmjenom putnika [7]. Stajališta su označena žutom bojom i mogu se nalaziti na prometnom traku ili na posebnom ugibalištu.

U jutarnjem vršnom periodu ističu se stajališta Vrapčanska i Tržnica Špansko u smjeru Španskog te Ivane Brlić Mažuranić u smjeru Črnomerca jer na njima se vrši najveća izmjena putnika. Na stajalištu Vrapčanska u vozilo je ušlo najviše putnika prema terminalu Špansko, njih pet, a izašao je jedan putnik, dok je na stajalištu Tržnica Špansko izašlo sedam putnika. Stajalište Ivane Brlić Mažuranić u naselju Malešnica jedno je od opterećenijih stajališta na liniji pa je tako u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Črnomerca u vozilo ušlo dvanaest putnika.

U poslijepodnevnom vršnom periodu ističu se stajališta Vrapčanska, Ivane Brlić Mažuranić i Nikole Gučetića u smjeru Španskog te Nikole Gučetića u smjeru Črnomerca. Na stajalištu Vrapčanska u vozilo je ušlo najviše putnika od Črnomerca, njih sedam, dok su izašla tri putnika. Na stajalištu Ivane Brlić Mažuranić ušao je jedan, a izašlo je devet putnika, dok je na susjednom stajalištu Nikole Gučetića izašlo osam putnika. U smjeru Črnomerca na stajalištu Nikole Gučetića u vozilo je ušlo devet putnika, a nitko nije izašao. Stajališta od Kustošijanske do Vrapčanske najpovoljnije su za izmjenu putnika jer se na tim stajalištima zaustavlja veliki broj autobusnih linija te se zaustavljaju u blizini gradsko – prigradske željeznice što putnicima omogućuje multimodalni prijevoz.

Stajališta na trasi opremljena su najosnovnijom opremom koja označava stajališta, a to su horizontalna signalizacija te stup koji označava stajalište. Pet

stajališta u smjeru Španskog opremljena su nadstrešnicom, a niti jedan nema informativni stup s displejem, a samo tri stajališta imaju postavljen vozni red autobusa. Osmam stajališta u smjeru Črnomerca opremljeno je nadstrešnicom – tri su opremljena su s informativnim displejom, dok su na šest postavljeni vozni redovi.

5.3 Razmaci na liniji

Razmaci na liniji određuju se analizama. Potrebno je analizirati cijelu trasu linije, broj putnika koji ulaze i izlaze iz vozila te raspodjelu toka putnika na cijeloj liniji. Za određivanje razmaka na liniji mogu se koristiti empirijske vrijednosti u ovisnosti [8]:

- o gustoći naseljenosti
- o brzini prijevoznog sredstva
- o prosječnoj duljini putovanja.

Tablica 1. Optimalni razmaci u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva

prijevozno sredstvo	brzina (km/h)	razmak (m)
tramvaj i gradski autobus	16 – 23	250 – 550
podzemni tramvaj	21 – 23	600 – 1500
metro	25 – 35	1000 – 1500
električna gradsko – prigradska željeznica	40 – 50	2500 – 3000

Izvor: [8]

Tablica 1 prikazuje optimalne razmake na liniji u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva. Što su veće brzine koje prijevozno sredstvo može postići, to su veći razmaci između stajališta veći. U središtu grada vozila će razvijati manje brzine, pa će razmak između stajališta biti veći, dok će na periferiji vozilo razviti veće brzine, ali će međustajališna udaljenost biti veća. Put koji je putnik spreman prijeći u središtu grada između dva stajališta jest 500 metara, dok je na periferiji to 1000 metara.

Tablica 2. Razmaci na liniji u smjeru Španskog

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	duljina u metrima	kumulativno u kilometrima
136 spansk 01	Črnomerec – ter.	Kustošijasnka	714	0.7
136 spansk 02	Kustošijanska	MUP	660	1.4
136 spansk 03	MUP	Roginina	232	1.6
136 spansk 04	Roginina	Vrapčanska	923	2.5
136 spansk 05	Vrapčanska	Kožinčev put	582	3.1

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	duljina u metrima	kumulativno u kilometrima
136 spansk 06	Kožinčev put	Švarčanska	247	3.4
136 spansk 07	Švarčanska	I. B. Mažuranić	413	3.8
136 spansk 08	I. B. Mažuranić	Nikole Gučetića	278	4.0
136 spansk 09	Nikole Gučetića	Matije Divkovića	287	4.3
136 spansk 10	Matije Divkovića	Tržnica Špansko	324	4.7
136 spansk 11	Tržnica Špansko	Matije Vlačića	294	5.0
136 spansk 12	Matije Vlačića	Špansko o. – izlaz	265	5.2
136 spansk 13	Špansko o. – izlaz	Špansko o. – ter.	211	5.4

Izvor: autor

Najveći razmak na liniji su između stajališta Vrapčanska i Roginina u oba smjera (Tablica 2). U smjeru Španskog ta udaljenost iznosi 923 metra, dok u smjeru Črnomerca iznosi 835 metara. Najmanji razmaci izvan terminala na liniji nalaze se između stajališta Ministarstvo unutarnjih poslova i Roginina u smjeru Španskog, a razmak iznosi 232 metra, dok je u smjeru Črnomerca najmanji razmak između stajališta Nikole Gučetića i Ivane Brlić Mažuranić te iznosi 261 metar (Tablica 3). Najmanji razmaci između stajališta na liniji nalaze se unutar terminala.

Tablica 3. Razmaci na liniji u smjeru Črnomerca

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	duljina u metrima	kumulativno u kilometrima
136 crnome 01	Špansko o. – ter.	Matije Vlačića	460	0.5
136 crnome 02	Matije Vlačića	Tržnica Špansko	292	0.8
136 crnome 03	Tržnica Špansko	Nikole Gučetića	493	1.2
136 crnome 04	Nikole Gučetića	I. B. Mažuranić	261	1.5
136 crnome 05	I. B. Mažuranić	Švarčanska	382	1.9
136 crnome 06	Švarčanska	Kožinčev put	316	2.2
136 crnome 07	Kožinčev put	Vrapčanska	622	2.8
136 crnome 08	Vrapčanska	Roginina	835	3.7
136 crnome 09	Roginina	MUP	351	4.0
136 crnome 10	MUP	Kustošijanska	573	4.6
136 crnome 11	Kustošijanska	Črnomerec – izlaz	381	5.0
136 crnome 12	Črnomerec – izlaz	Črnomerec – ter.	55	5.0

Izvor: autor

6 UTJECAJ VELIKE MASE VOZILA JAVNOG PRIJEVOZA NA SIGURNOST NAJBRANJIVIJIH SUDIONIKA U PROMETU

Sigurnost najranjivijih sudionika u prometu (pješaka i biciklista) koji se kreću vrlo malim prosječnim brzinama između 5 km/h i 15 km/h u okolnostima kolizije s vozilima za javni prijevoz putnika u urbanim sredinama što su u Hrvatskoj najčešće autobusi i tramvaji predstavlja značajan problem u području prometne sigurnosti.

Pri usporedbi vozila javnog prijevoza, tramvaji su za pješake i bicikliste puno opasniji od autobusa kod prometovanja brzinom od 50 km/h, što je hipotetski najgori mogući slučaj, jer je to maksimalna dozvoljena brzina prometovanja u urbanim područjima. Zbog puno veće količine gibanja, kod iste brzine pojedini modeli tramvaja ili motornih tramvajskih kola sa spojenom vučenom tramvajskom prikolicom imaju, zajedno s putnicima, sveukupnu masu najmanje dvostruko veću od prosječne mase gradskog autobusa za javni prijevoz putnika, pa time mogu ostvariti kod iste brzine gotovo dvostruku količinu gibanja.

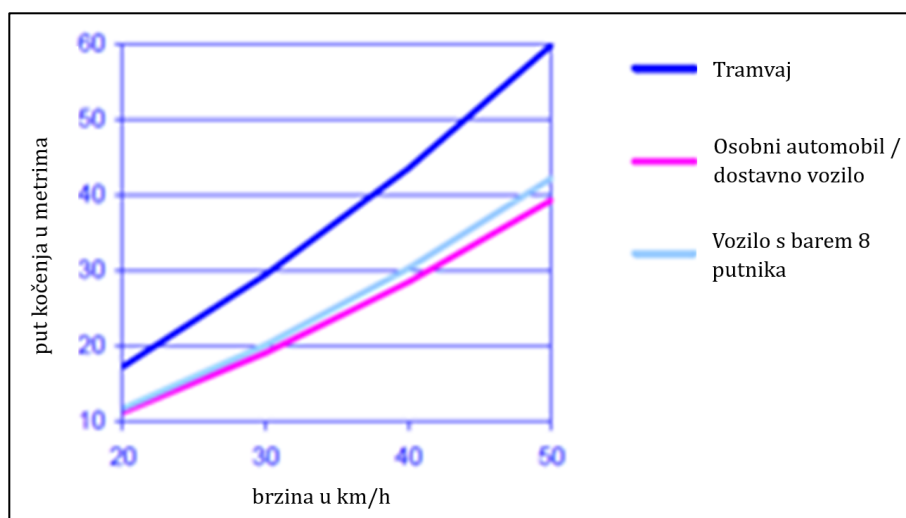
Tablica 4. Prosječna starost i osnovni parametri tramvaja u ZET-u

Model tramvaja	Broj vozila	Put kočenja za brzinu od 40 km/h	Masa praznog / punog tramvaja	Prosječna starost	Sjedeća mjesta	Stajaća mjesta	Ukupno mjesta
2100	16	27m	35t / 52t	18g	45	197	242
2200	140	27m	42t / 63t	9g	41	241	282
2300	2	27m	29t / 42t	7g	27	142	169
201+701	12	30m	18t / 27t	44g	23	104	127
301	51	27m	20t / 31t	31g	25	147	172
401+801	51	30m	17t / 26t	39g	20	103	123

Izvor: [10] [11]

Tablica 4 [10] [11] prikazuje neke od osnovnih parametara tramvaja ZET-a za srpanj 2014. Prikazane mase tramvaja u tablici su mase za prazne tramvaje i za pune tramvaje opterećene s putnicima, izračunato za kapacitet putnika deklariran od strane proizvođača, a za prosječnu masu osobe od 75 kg prema normi EN 12663. Treba napomenuti da se često u tramvaje u satima vršnog opterećenja ukrca i nešto više putnika od stajaćih mjesta koja je deklarirao proizvođač, jer je zauzetost vozila

definirana kao gustoća stajaćih putnika, pa ne postoji teoretska granica za maksimalnu zauzetost vozila. Iz tablice je vidljivo da svi tramvaji opterećeni putnicima u gradu Zagrebu kod hipotetske brzine od 40 km/h imaju put kočenja od 27 m do 30 m, što je propisano kao maksimalni dozvoljeni put kočenja kako prikazuje Slika 11 za brzine prometovanja tramvaja od 30 km/h. Međutim, prema slici, propisani put kočenja tramvaja je 50 % dulji nego put kočenja kod osobnog automobila ili autobusa, kojima je pri brzini od 30 km/h potrebno samo 20 m do zaustavljanja [12]. Da bi tramvaj postigao put kočenja poput automobila, trebao bi prometovati znatno sporije na zajedničkim površinama koje dijele osobna vozila i vozila javnog prijevoza.



Slika 11. Propisani put kočenja tramvaja, osobnih automobila/kombija i motornih vozila za osam ili više putnika u odnosu na brzinu vožnje
Izvor: [12]

Zaključno, tramvaji su u urbanim sredinama su znatno opasniji od autobusa, te su najopasnija vozila za javni prijevoz putnika, ali ne za same putnike, već za najranjivije sudionike u gradskom prometu poput sporih pješaka i biciklista, a zbog tri razloga kako slijedi:

- tramvaj opterećen putnicima u vršnim periodima, razmatrano u odnosu na sva ostala vozila za prijevoz putnika kod istih brzina prometovanja, ima od svih vozila u gradskim sredinama najveću količinu gibanja zbog najveće mase, te u koliziji sa sporo pokretnim pješacima i biciklistima male mase može uzrokovati teške ozljede ili smrt istih već kod jako malih brzina prometovanja
- tramvaji se najčešće kreću većom brzinom od pješaka i biciklista u gradu, te isti zbog toga ne stignu izbjeći koliziju s tramvajima ako im uđu u putanju kretanja

- tramvaji zbog velikog puta kočenja (27 m do 30 m u Zagrebu kod brzine 40 km/h) ne mogu fizički stati kad im putnici i pješaci uđu u putanju kretanja na malim udaljenostima.

Analiza statičkih elemenata linije pokazala je da nema mjesta od posebnog značaja za narušenu sigurnost pješaka i biciklista od strane autobusa na liniji 136, jer su stajališta na liniji postavljena tako da u velikoj mjeri ne dolazi do javljanja konfliktnih točaka u kojima se pješaci mogu naći ispred autobusa. Na trasi linije postoje 3 stajališta ispred kojih se nalazi nesemaforizirani pješački prijelaz, a to su stajališta: Švarčanska u smjeru Španskog, Švarčanska i Tržnica Špansko u smjeru Črnomerca. Stajališta Švarčanska u oba smjera nalaze se desetak metara od pješačkog prijelaza koji se nalazi na usporniku, a autobus kao tromije prijevozno sredstvo koji prilikom kretanja sa stajališta ne doseže velike brzine u tom slučaju ima mali put reagiranja i kočenja. Stajalište Tržnica Špansko nalazi se između semaforiziranog i nesemaforiziranog raskrižja. Nesemaforizirani pješački prijelaz nalazi se neposredno ispred stajališta. Uz navedene nesemaforizirane pješačke prijelaze na trasi se nalaze još četiri nesemaforizirana pješačka prijelaza. Jedan od njih nalazi se u naselju Vrapče na Kožinčevom putu, no na tom dijelu vozači autobusa ne voze velikim brzinama jer je cesta u zavoju. Druga dva prijelaza nalaze se u naselju Malešnica u Ulici Ivane Brlić Mažuranić te posljednji u naselju Špansko u Ulici Nikole Vitova Gučetića. Kao mjera prevencije eventualnih nezgoda na pješačkim prijelazima u neposrednoj blizini ili na njima postavljeni su uspornici.

50 polazaka s Črnomerca i 50 polazaka iz Španskog te nedjeljom 49 polazaka s Črnomerca i 49 polazaka iz Španskog.

Dinamički elementi linije određuju se voznim redom koji se prilagođava prema prijevoznj potražnji tijekom dana. Dije se na osnovne dinamičke elemente te izvedene dinamičke elemente [7].

Osnovni dinamički elementi su [7]:

- broj vozila na liniji (N)
- vrijeme obrta (T_0)

Izvedeni dinamički elementi su [7]:

- interval (i)
- frekvencija (f)

7.1 Broj vozila na liniji

Određena vozila obavljaju prijevoz putnika duž linije. Pod pretpostavkom da je tok vozila na liniji stalan vrši se računanje s prosječnim vrijednostima osnovnih parametara, a to su: brzina, protok i gustoća [7].

Polasci na liniji prema voznom redu (Slika 13) pokazuju da radnim danom prometuju tri vozila. Uobičajeno na liniji prometuju zglobni autobusi. Radnim danom prvi autobus iz autobusnog pogona Podsused (AP Podsused) izlazi u 04:20 te prometuje prema Španskom i započinje svoju redovitu vožnju u 04:55 i završava ju na istom terminalu u 23:34. Slijedeće vozilo koje izlazi iz AP Podsused u 04:40 je tri te započinje svoju redovnu liniju u 05:15 s terminala u Španskom te završava svoj radni dan u 00:04 na istom terminalu. Posljednje vozilo koje iz AP Podsused izlazi u 05:53 jest dva. Zapčinje svoju vožnju s polaskom u 06:32 iz Španskog i završava radni dan na terminalu Špansko odlaskom u spremište u 23:49.

Subotom i nedjeljom prometuju dva vozila na liniji. Vozilo na voznom redu jedan subotom kreće iz Španskog u 04:35, a slijedeći vozni red u 05:21 s istog terminala. Nedjeljom također prometuju dva vozila na liniji, prvo vozilo kreće iz Španskog u 05:20, a drugo vozilo kreće s terminala u Španskom u 05:35.

BROJ LINIJE: 136		Autobusni pogon: Pogon Podsused			
NAZIV LINIJE: CRNOMEREC-ŠPANSKO		U prometu od: 30.11.2015.			
VRIJEDI ZA: RADNI DAN		Razdoblje: Jesen 2021			
136	1	136	2	136	3
IZLAZ	04:20	IZLAZ	05:53	IZLAZ	04:40
CRN	SPANSKO	CRN	SPANSKO	CRN	SPANSKO
04:55	04:35	06:32	06:08	05:15	04:55
05:35	05:15	07:22	07:44	05:55	05:35
06:15	06:37	08:12	08:34	06:49	06:23
07:05	07:27	09:02	09:24	07:39	07:11
07:55	08:17	09:52	10:17	08:29	08:01
08:45	09:07	10:42	11:07	09:19	08:51
09:35	10:00	11:32	11:57	10:09	09:41
10:25	10:50	12:22	12:47	10:59	10:34
11:15	11:40	13:09	13:37	11:49	11:24
12:05	12:30	13:59	14:27	12:39	12:14
12:52	13:20	14:49	15:17	13:26	13:04
13:42	14:10	15:39	16:07	14:16	13:54
14:32	15:00	16:29	16:57	15:06	14:44
15:22	15:50	17:19	17:47	15:56	15:34
16:12	16:40	18:12	18:37	16:46	16:24
17:02	17:30	19:02	19:27	17:36	17:14
17:55	18:20	19:50	20:10	18:29	18:04
18:45	19:10	20:35	20:55	19:20	18:54
19:35	19:55	21:20	21:40	20:05	19:45
20:20	20:40	22:05	22:25	20:50	20:25
21:05	21:25	22:50	23:10	21:35	21:10
21:50	22:10	23:35	23:49	22:20	21:55
22:35	22:55			23:05	22:40
23:20	23:34			23:50	23:25
					00:04
GAR.:	23:44	GAR.:	23:59	GAR.:	00:14

Slika 13. Vozni red prema voznim redovima za radni dan
Izvor: [4]

7.2 Vrijeme obrta

Vrijeme obrta (T_o) je vrijeme koje je vozilu potrebno da napravi jedan obrt i mjeri se u minutama (min), a uključuje [8]:

- vrijeme vožnje (t_v)
- vrijeme čekanja na stajalištima za ulazak i izlazak putnika ($t_{\check{c}ui}$)
- vrijeme provedeno na terminusima (t_t)

Osnovna formula za vrijeme obrta je [8]:

$$T_o = \sum t_v + \sum t_{\check{c}ui} + \sum t_t \quad (1)$$

Vrijeme obrta moguće je izraziti iz brzine obrta. To je odnos duljine linije (L) i brzine obrta (V_o) [8]:

$$T_o = \frac{2L}{V_o} \quad (2)$$

Radnim danom za vrijeme jutarnjeg i popodnevnog vršnog perioda vrijeme obrta na liniji 136 iznosi pedeset minuta.

7.3 Interval

Interval (i) je vremenski razmak između dva uzastopna vozila na liniji, a može se izračunati kao odnos vremena obrta (T_o) i broja vozila na liniji (N). Mjerna jedinica intervala je minutama po vozilu (min/voz). Najmanji interval na liniji može iznositi jednu minutu po vozilu, a najveći interval može biti jednak vremenu obrta što znači da na liniji prometuje jedno vozilo. Interval je odnos vremena obrta i broja vozila na radu [13]:

$$i = \frac{T_o}{N} \quad (3)$$

Interval između vozila radnim danima na liniji 136 nije konstantan, a ovisi o prijevoznim zahtjevima tijekom dana i nalazi se u rasponu od 15 do 20 minuta. Subotom i nedjeljom interval također nije konstantan, nego se nalazi u rasponu od 15 do 30 minuta.

7.4 Frekvencija

Frekvencija (f) ili učestalost usluge je broj vozila koji u jedinici vremena (najčešće jedan sat) prođu kroz neku točku na liniji. Odnos je broja vozila (N) i vremena obrta (T_o), a izražava se u vozilima po satu (voz/h) [13]:

$$f = \frac{N}{T_o} \quad (4)$$

Također, frekvencija se može izraziti kao recipročna vrijednost intervala [13]:

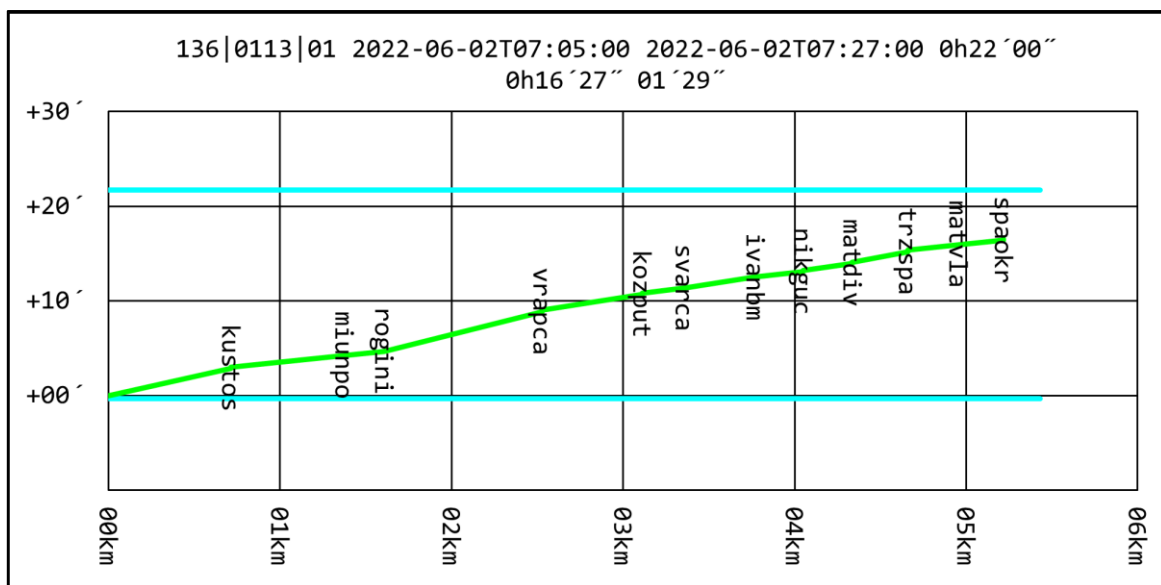
$$f = \frac{1}{i} \quad (5)$$

Na liniji 136 frekvencija polazaka iznosi tri vozila po satu radnim danom, dva vozila po satu subotom i nedjeljom.

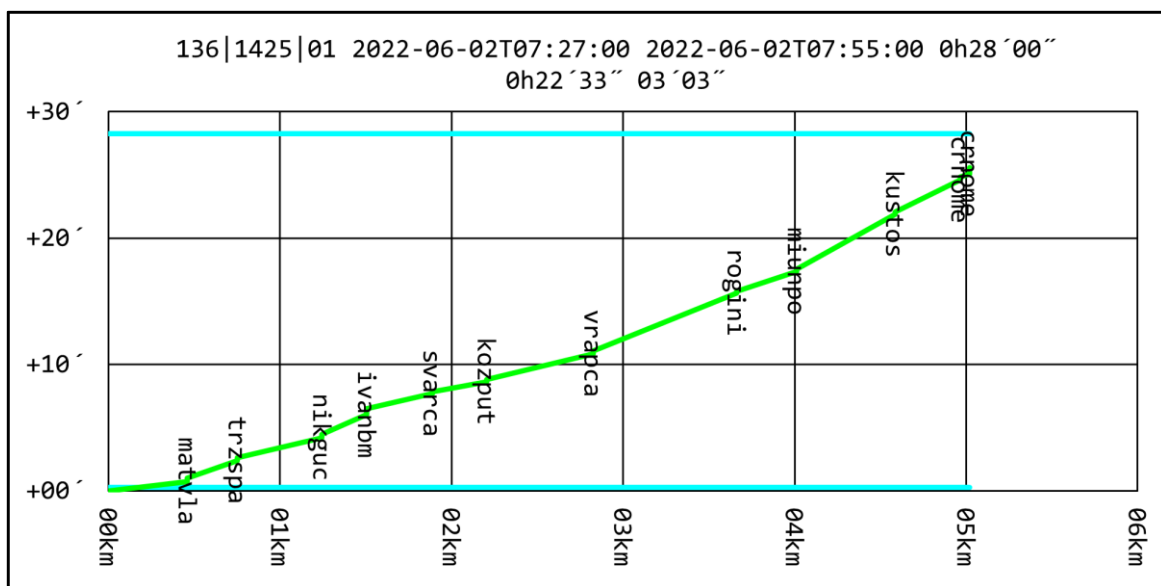
7.5 Vremena u prijevoznom procesu

Na slikama su vidljive plave i zelene linije. Plava linije prikazuje vrijeme poluobrti, a zelena prikazuje vrijeme putovanja.

Slika 14 prikazuje vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Španskoga. Na slici je vidljivo da je došlo do manjeg zagušenja između stajališta Roginina i Vrapčanska zbog semaforiziranog raskrižja u naselju Vrapče. Autobus je na tom raskrižju morao pričekati jedan cijeli ciklus kako bi mogao proći kroz raskrižje. Dolaskom na terminal Špansko vozaču ostaje vremena za odmor.



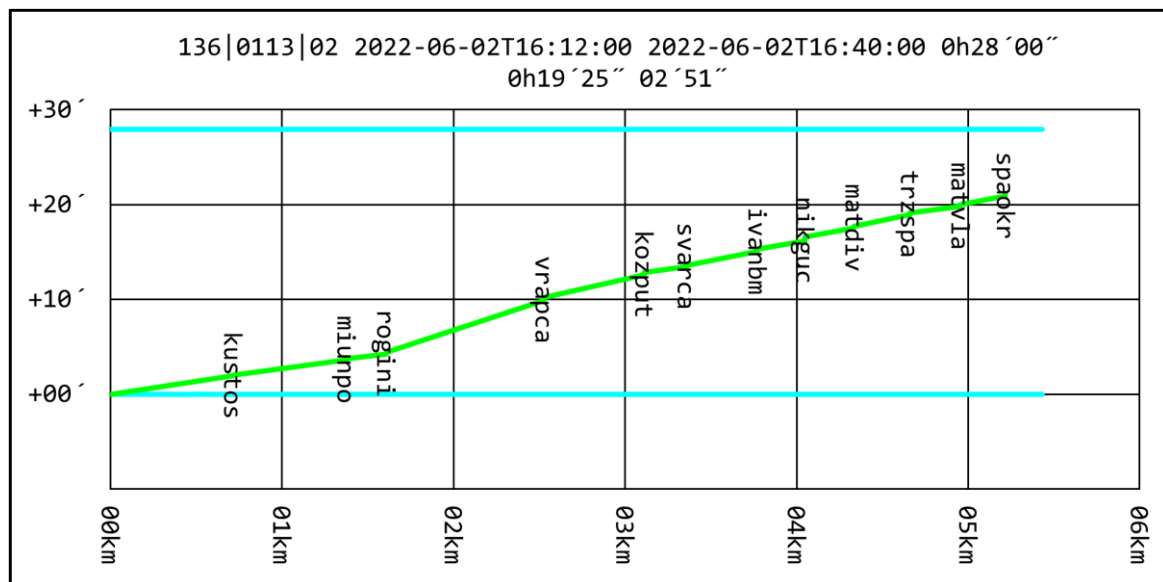
Slika 14. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Španskog
Izvor: autor



Slika 15. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Črnomerca
Izvor: autor

Slika 15 prikazuje vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Črnomerca. Vidljivo je da je došlo do zagušenja na dionici od stajališta Kožinčev put do stajališta Kustošijanska. Veća zagušenja dogodila su se između stajališta Vrapčanska i Roginina gdje je autobusu za put od 835 metra bilo potrebno pet minuta te između stajališta Ministarstvo unutarnjih poslova (MUP) i Kustošijanske bilo potrebno pet minuta za 573 metra.

Vrijeme putovanja u popodnevnom vršnom periodu u smjeru Španskog prikazuje Slika 16. Vidi se da je do zagušenja došlo na dionici između stajališta Roginina i Vrapčanska gdje je autobusu za put od 923 metra bilo potrebno pet i pol minuta, no dolaskom u Špansko vozač je imao vremena za odmor.

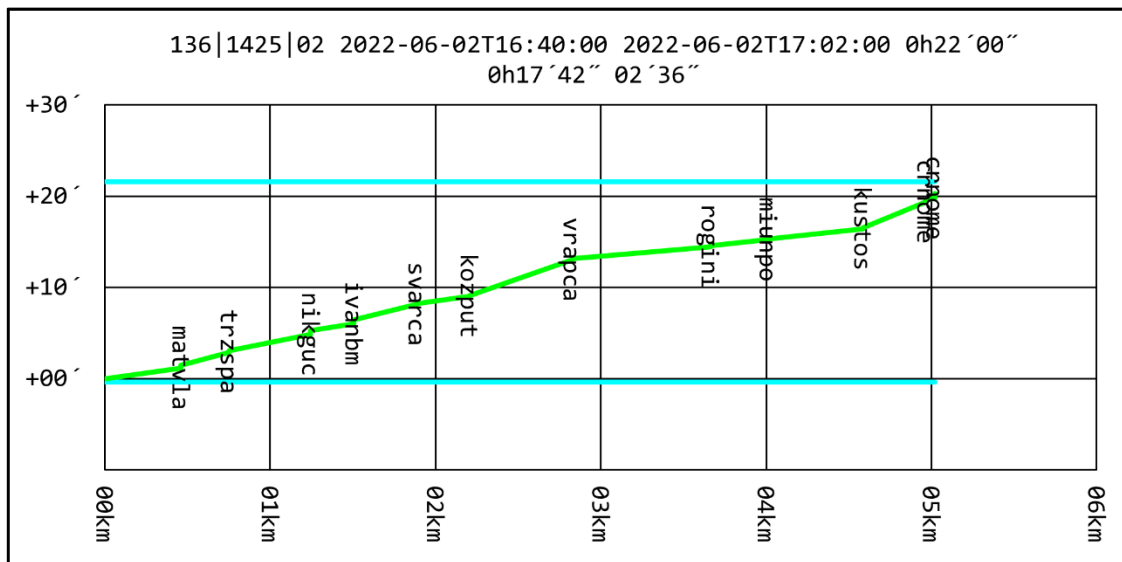


Slika 16. Vrijeme putovanja u popodnevnom vršnom periodu u smjeru Španskog
Izvor: autor

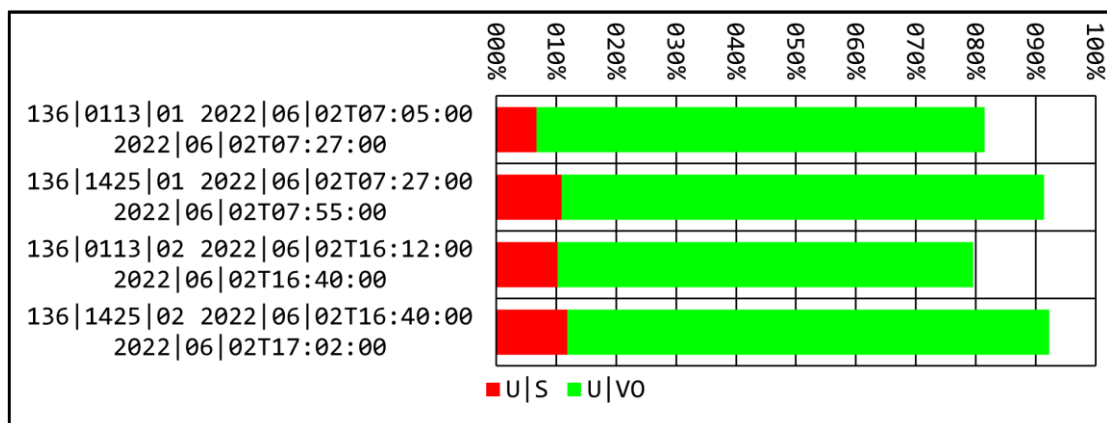
Slika 17 prikazuje vrijeme putovanja u popodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Črnomerec. Vidljiva su veća vremenska odstupanja između stajališta Kožinčev put i Vrapčanska te Kustošijanska i Črnomerec. Zagušenje na dionici između Kožinčevog puta i Vrapčanske je u popodnevni satima uobičajeno jer dva raskrižja koje dijeli podvožnjak nisu koordinirana pa je tako vozilu za put od 622 metra bilo potrebno četiri minute. Nadalje, drugo veće zagušenje dogodilo se također zbog semafora na ulazu u terminal Črnomerec pa je vozilu trebalo tri minute za put od 381 metar. Dolaskom na terminal Črnomerec vozaču je preostalo dvije minute za odmor.

Udio vremena poluobrti s postocima prikazuje Slika 18. U svim smjerovima udio nije prešao 100%, a iz toga je vidljivo da nije bilo kašnjenja te da su se vozači

pridržavali voznog reda. Na kraju svakog poluobrtva vozači su imali vremena za odmor. U jutarnjem vršnom periodu vidljivo je veći postotak stajanja u smjeru Črnomerca zbog repova čekanja koji se stvaraju prema centru. U popodnevnom vršnom periodu također je značajniji je udio stajanja u cijeloj vožnji prema terminalu Črnomerec zbog repova čekanja koji su se stvarali na semaforiziranim raskrižjima na dionici od stajališta Kožinčev put i Črnomerec.



Slika 17. Vrijeme putovanja u popodnevnom vršnom periodu u smjeru Črnomerca
Izvor: autor



Slika 18. Udjeli vremena u poluobrtima
Izvor: autor

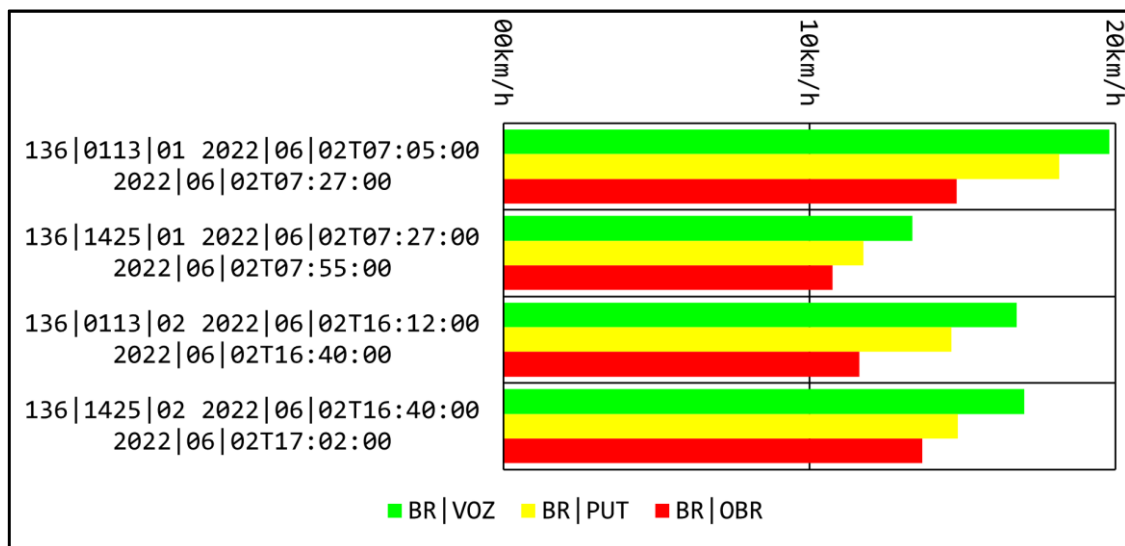
Također, udio stajanja razlikuje se za 3% između jutarnjeg i popodnevnog vršnog perioda u smjeru Španskog. Veći udio stajanja vozila dogodio se popodne zbog repova čekanja na raskrižju nakon stajališta Kustošijanska te nakon stajališta Roginina.

Vozni red je zadovoljavajući s obzirom na udjele zadržavanja i vožnje na poluobrtu. U usporedbi sa jutarnjim i popodnevnom zagušenjima, vozači su imali

minimalne odmore do slijedeće vožnje tijekom jutarnjeg i popodnevnog dolaska na Črnomercu, dok su pri dolasku u Špansko imali od 5 do 8 minuta odmora.

7.6 Brzine na liniji

Analizom su obrađene brzina vožnje, brzina putovanja i brzina poluobrta. Brzina vožnje je brzina koju je vozilo imalo u pokretu, a brzina putovanja je brzina koju je vozilo imalo u pokretu uključujući zaustavljanje na stajalištima. Brzina poluobrta uključuje brzinu putovanja i zadržavanje na terminalima.



Slika 19. Brzine u prijevoznom procesu
Izvor: autor

Slika 19 prikazuje kako su u jutarnjem periodu prema terminalu Špansko brzina vožnje i putovanja gotovo jednake. Brzina vožnje iznosi 20 km/h, dok je brzina putovanja 18 km/h te su u tom periodu prema istom terminalu zabilježene najveće ostvarene brzine. Brzine vožnje gotovo su identične u jutarnjem i popodnevnom periodu, variraju od 17 km/h do 20 km/h. Najmanja zabilježena brzina vožnje iznosi 13 km/h u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Črnomerca, brzina putovanja iznosi 12 km/h te brzina poluobrta je 11 km/h. Vidljivo je da je vozilo ostvarilo veće brzine prema Španskom, nego prema Črnomercu. Tijekom jutarnjeg vršnog perioda brzine su se najviše razlikovale dok su u popodnevnom vršnom periodu bile jednake u oba smjera.

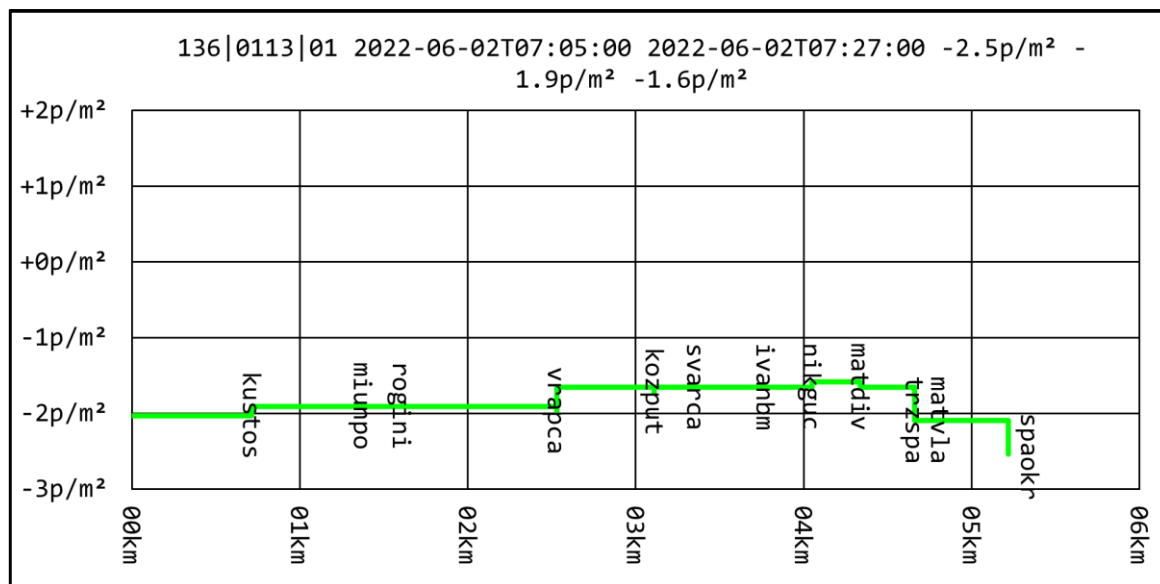
Prosječna brzina vožnje autobusa u gradskom prometu iznosi 20 km/h. Na liniji 136 vozilo postiže zadovoljavajuće brzine vožnje, osim u jutarnjem periodu prema Črnomercu zbog većih repova čekanja.

8 KARAKTERISTIKE PUTNIČKIH TOKOVA

Na liniji 136 Črnomerec – Špansko tijekom cijeloga tjedna, neovisno o danu u tjednu, prometuje autobus marke Iveco modela Irisbus Citelis CNG. Iveco Irisbus Citelis CNG je plinski zglobni autobus gradskog tipa te je niskopodan. U Zagrebu prometuje od 2009. godine. Ima tri osovine i četiri dvokrilnih vrata za bržu izmjenu putnika. Kapacitet autobusa je 103 putnika, od čega je 40 sjedećih putničkih mjesta te jedno mjesto za vozača.

8.1 Zauzetost vozila

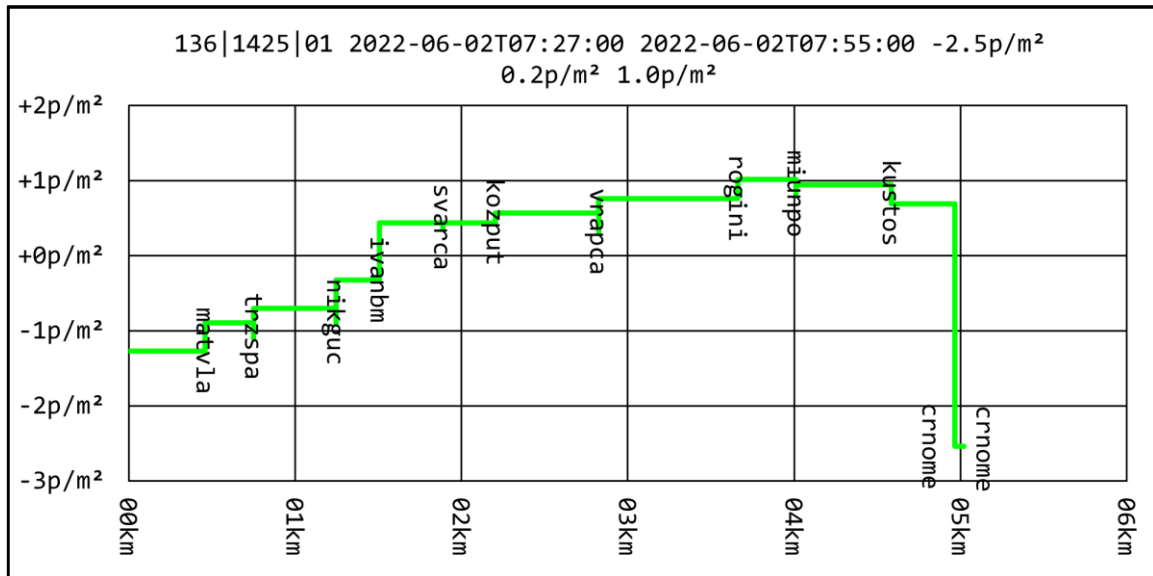
Zauzetost vozila od terminala Črnomerec do Španskog za vrijeme jutarnjeg perioda prikazuje Slika 20. Vidljivo je kako se vozilo počinje popunjavati na stajalištu Vrapčanska te do stajališta Matije Divkovića stagnira gdje zauzetost počinje padati. Tijekom cijelog poluobrtla nisu bila zauzeta sva sjedeća mjesta što je vidljivo na slici jer zauzetost u putnicima po metru kvadratnom nije bila veća od nule.



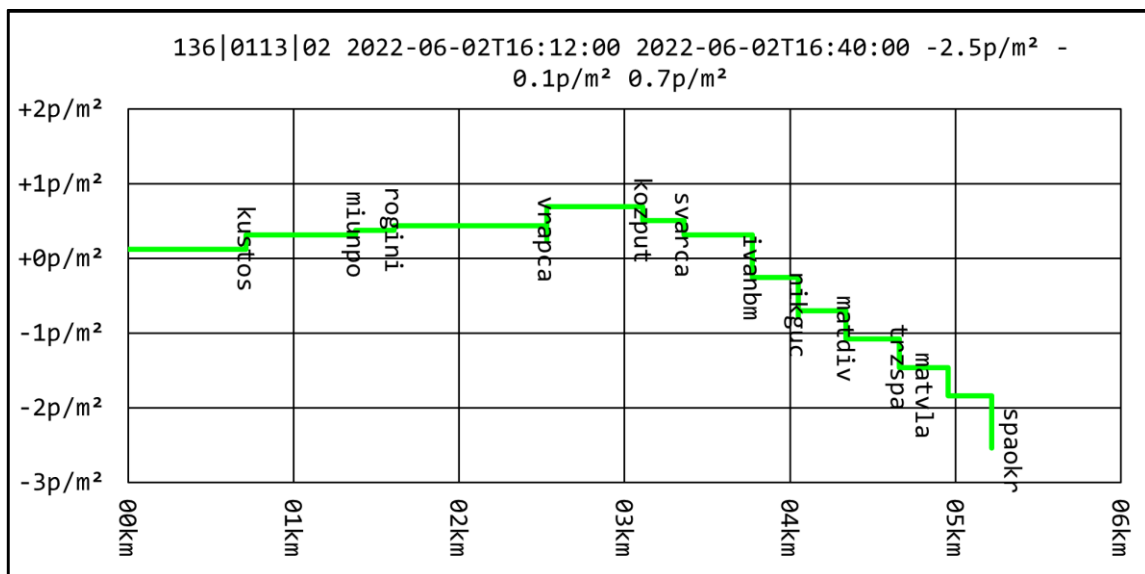
Slika 20. Zauzetost vozila u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Španskog
Izvor: autor

Zauzetost vozila iz Španskog do Črnomerca u jutarnjem vršnom periodu (Slika 21). Zauzetost vozila raste od početne stanice te niti u jednom trenutku ne stagnira ili se smanjuje do stajališta Ministarstvo unutarnjih poslova gdje se vozilo blago počinje prazniti. Gotovo svi putnici koji su ušli u autobus vozili su se do krajnjeg stajališta.

Razlog tome je odlazak na posao prema središtu grada, a linija 136 je sabirna linija te vozi ljude do tramvaja koji ih ostavljaju bliže odredištu. Na stajalištu Ivane Brlić Mažuranić zauzeta su sva sjedeća mjesta te su ostala zauzeta do Črnomerca, a na to ukazuje podatak da se zauzetost u putnicima po metru kvadratnom nalazi iznad nule.



Slika 21. Zauzetost vozila u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Črnomerca
 Izvor: autor

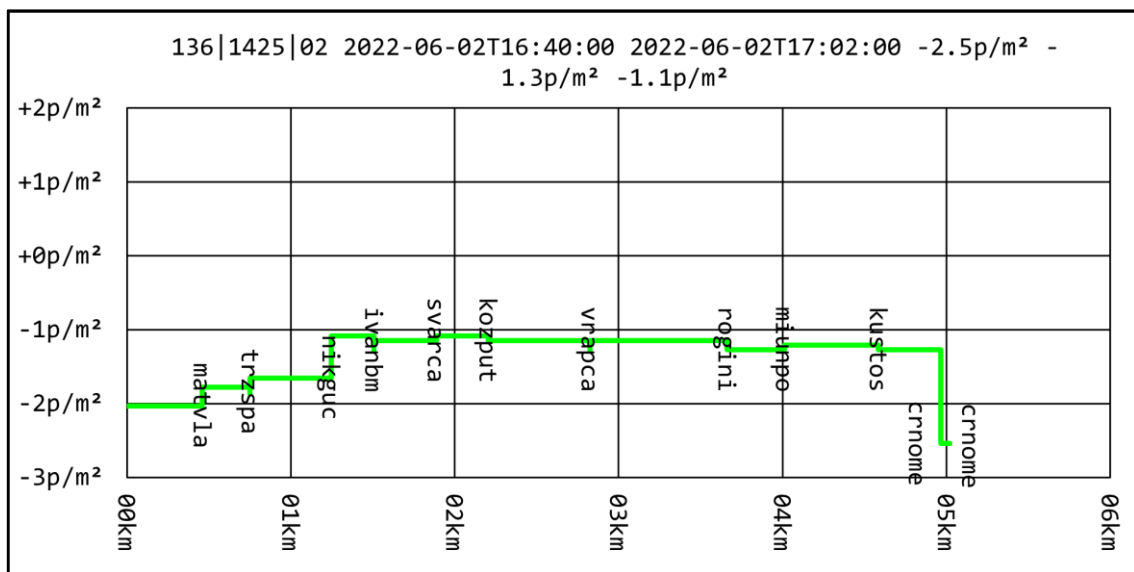


Slika 22. Zauzetost vozila u popodnevnom vršnom periodu u smjeru Španskog
 Izvor: autor

Zauzetost vozila za vrijeme popodnevnog vršnog perioda u smjeru Španskog prikazuje Slika 22. Na terminalu Črnomerec popunila su se sva sjedeća mjesta, a vozilo se postupno popunjavalo do stajališta Kožinčev put gdje se vozilo počelo prazniti. Sva sjedeća mjesta ostala su zauzeta do stajališta Ivane Brlić Mažuranić gdje

je najveći broj putnika napustilo vozilo. Razlog takvom popunjavanju, odnosno pražnjenju vozila putnicima je povratak ljudi doma nakon posla.

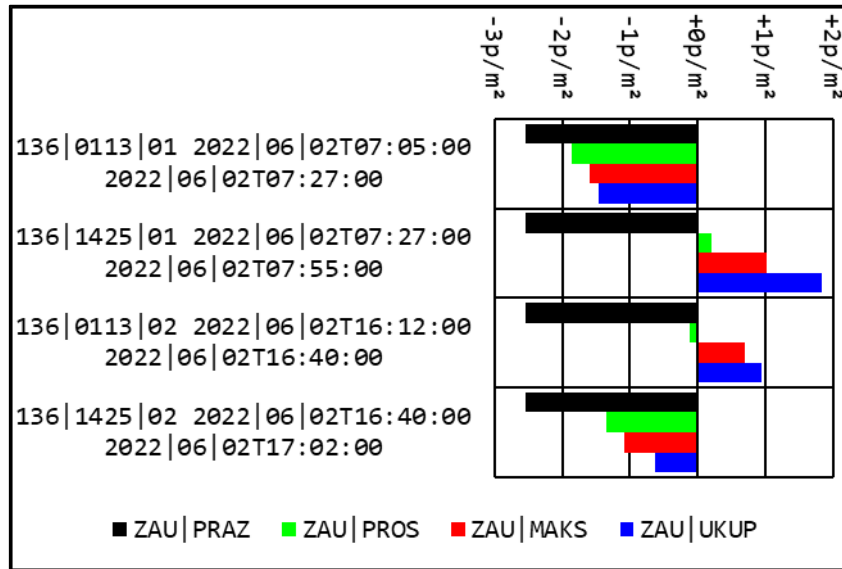
Slika 23 prikazuje zauzetost vozila popodne u smjeru Črnomerca gdje je vidljivo popunjavanje vozila. Najviše putnika je ušlo na stajalištu Nikole Gučetića, njih devet dok niti jedan nije izašao. Do stajališta Roginina zauzetost vozila je konstantna, te se zauzetost poslije smanjuje, no na stajalištu MUP ponovo raste. U nijednom trenutku zauzetost putnika po metru kvadratnom nije bila veća od nule te je bilo slobodnih sjedećih mjesta.



Slika 23. Zauzetost vozila u popodnevnom vršnom periodu u smjeru Črnomerca
Izvor: autor

Prosječnu i maksimalnu zauzetost vozila na poluobrtima prikazuje Slika 24. U praksi se tolerira zauzetost vozila od 4 putnika po metru kvadratnom. Tijekom jutarnjeg vršnog perioda u smjeru Španskog prosječna zauzetost vozila iznosila je -1.9 p/m^2 što dokazuje nedovoljnu iskorištenost vozila jer je vozilo cijeli poluobrt vozilo bez zauzetih svih sjedećih mjesta. Maksimalna zauzetost vozila iznosila je -1.6 p/m^2 . Za vrijeme jutarnjeg perioda u smjeru Črnomerca u vozilu su bila zauzeta sva sjedeća mjesta što je vidljivo iz prosječne zauzetosti koja je iznosila 0.2 p/m^2 , a maksimalna zauzetost iznosila je 1 p/m^2 što ukazuje na udobno putovanje i zadovoljavajuću zauzetost autobusa. Za vrijeme popodnevnog vršenog perioda u smjeru Španskog prosječna zauzetost vozila iznosila je -0.1 p/m^2 , a maksimalna 0.7 p/m^2 što ukazuje na udobnost putovanja i slobodno kretanje putnika kroz vozilo, ali vozilo nije zadovoljavajuće iskorišteno. U smjeru Črnomerca prosječna zauzetost vozila iznosila je -1.3 p/m^2 , dok

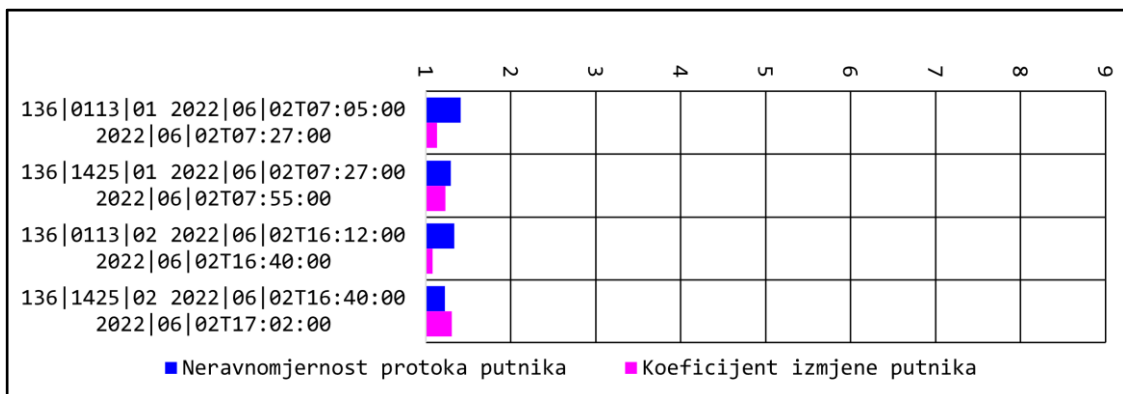
je maksimalna -1.1 p/m^2 . U tom poluovertu vozilo nije dovoljno iskorišteno jer su sjedeća mjesta bila prazna.



Slika 24. Prosječna i maksimalna zauzetost vozila na poluovertima
Izvor: autor

8.2 Koeficijent izmjene putnika i neravnomjernost protoka putnika

Izmjena putnika na liniji kazuje koliko se puta tijekom jedne vožnje u jednom smjeru izmjene putnici na liniji. Izmjena putnika izražava se koeficijentom izmjene putnika (η_{iz}), a njegova najmanja moguća vrijednost je jedan, zato što se svi putnici na liniji izmjene barem jednom. Teoretski najveća vrijednost bila bi kada bi se na svakom stajalištu dogodila potpuna izmjena putnika [8].



Slika 25. Koeficijent izmjene putnika i neravnomjernost protoka putnika
Izvor: autor

Slika 25 prikazuje koeficijent izmjene putnika i neravnomjernost protoka putnika. Najveći koeficijent izmjene putnika iznosi 1.4 u vrijeme jutarnjeg vršnog perioda u

smjeru Španskog, dok je najmanji 1.2 u vrijeme popodnevnog vršnog perioda u smjeru Črnomerca. Koeficijent izmjene u svakom smjeru je relativno mali što je uobičajeno za šire gradsko područje. Ukazuje na to da je na liniji u jutarnjim i popodnevnim vršnim periodima brza izmjena putnika.

Protok putnika nije stalan, već se mijenja ovisno o danu u tjednu, dobu dana, mjesecu i prijevoznoj potražnji. Neravnomjernost protoka putnika predstavlja promjenu broja prevezenih putnika u određenom razdoblju. U smjeru Črnomerca najveća je neravnomjernost protoka putnika za vrijeme jutarnjeg vršnog perioda iznosi 1.2, dok u vrijeme popodnevnog vršnog perioda iznosi 1.3. Najmanja neravnomjernost protoka putnika iznosi 1.1 za vrijeme jutarnjeg i popodnevnog vršnog perioda u smjeru Španskog. Što je neravnomjernost veća iskorištenost linije je manja. Važno je utvrditi zakonitosti u promjeni opsega po razdoblju zbog funkcioniranja prometnog sustava, planiranja održavanja, izrade voznih redova i određivanje potrebnog kapaciteta.

9 ZAKLJUČAK

Analizirana linija je jedna od glavnih autobusnih linija s terminala Črnomerec te je u interakciji s jedanaest linija s istog terminala i s linijom 146 Reljkovićeve – Malešnica – Jankomir. Povezuje širi centar grada sa zapadnim djelom grada. Problem javnog prijevoza na autobusnim linijama Grada Zagreba je potpuna integriranost autobusne mreže u uličnu mrežu, zbog čega nastaju veliki repovi čekanja.

Linija 136 većim djelom proteže se glavnom prometnicom, Ilicom, gdje su zabilježena kraća vremena čekanja na semaforiziranim raskrižjima, posebno na najvećem raskrižju na trasi u naselju Vrapče. Na trasi linije postoje žuti trkovi samo u smjeru Črnomerca na dionici od stanice Vrapčanske do stanice MUP te se ona za vrijeme jutarnjeg vršnog perioda zbog velikih repova čekanja ne poštuje te druga dionica na kojoj postoji žuta traka je od raskrižja Ilice i Zagrebačke ceste do ulaska na terminal Črnomerec na kojoj je dopušteno prometovanje samo autobusima i taksi vozilima. Nedostatak žutih trakova povećava vrijeme putovanja što smanjuje kvalitetu i sigurnost vožnje. Analizom je utvrđeno da su veća vremena putovanja za vrijeme jutarnjeg vršnog perioda u smjeru Črnomerca te za vrijeme poslijepodnevnog vršnog perioda u smjeru Španskog.

Tijekom jutarnjeg vršnog perioda najveći protok putnika je u smjeru Črnomerca. Najveći broj putnika ulazi na okretištu Špansko, stajalištima Ivane Brlić Mažuranić i Vrapčanska te da putuju do terminala Črnomerec koji sjedinjuje autobusne i tramvajske linije. Za vrijeme popodnevnog opterećenja najveći protok putnika zabilježen je prema Španskom. Najveći broj putnika ulazi na okretištu i na Vrapčanskoj te se voze do naselja Malešnica i Špansko u kojima izlazi najveći broj putnika, posebno na stajalištima Ivane Brlić Mažuranić, Nikole Gučetića i okretištu Špansko. Generator jutarnjeg putovanja je odlazak na posao u centar grada dok generator poslijepodnevnog putovanja osim povratka s posla su tri trgovačka centra koja se nalaze u blizini zadnjeg stajališta u Španskom. Na većini stajališta potrebno je postaviti nadstrešnice i vozne redove kako bi putnicima tijekom nepovoljnih vremenskih uvjeta bilo lakše čekati vozilo.

Brzine na liniji su zadovoljavajuće i odgovaraju prosječnim brzinama u gradskom autobusnom prometu. Najveća prosječna brzina iznosi 24 km/h ujutro u

smjeru Španskog, dok je najmanja prosječna brzina vožnje 16 km/h ujutro u smjeru Črnomerca. Brzine poslijepodne su jednake i iznose 20 km/h. Pojavom zagušenja brzine postaju niže od uobičajenih.

Dolaskom na terminal Špansko vozači imaju dovoljno vremena za odmor od pet do osam minuta, dok dolaskom na terminal Črnomerec vozači tijekom jutarnjeg i popodnevnog vršnog perioda imaju manje od pet minuta za odmor te je potrebno ponovno provesti računanje vremena obrta obzirom da je postojeći jesenski vozni red u primjeni od 2015. godine. Ponovnim izračunom vremena u prijevoznom procesu može se napraviti efikasniji vozni red koji vozačima pruža veće vrijeme odmora na terminalima.

Sigurnost putnika u javnom prijevozu zbog velikog puta kočenja autobusa, te posebice tramvaja, mora biti imperativ na mjestima na kojima dolazi do većih kolizija pješaka, biciklista i javnog prijevoza. Veća sigurnost ranjivih sudionika na trasi linije 136 postigla bi se pomicanjem parkirnih mjesta u neposrednoj blizini pješačkih prijelaza u Ulici Ivane Brlić Mažuranić, jer parkirana vozila smanjuju preglednost vozačima, pješacima i biciklistima prilikom stupanja na pješački prijelaz.

Efikasnost autobusne linije 136 poboljšalo bi se boljom regulacijom i usklađenjem semaforiziranih raskrižja na trasi. Najveće zagušenje stvara se u jutarnjim vršnim satima na križanju Ilica – Vrapčanska – Oranice i zbog velikog broja osobnih automobila od stajališta Vrapčanska do Črnomerca smanjuje se brzina putovanja, a vrijeme putovanja se povećava.

LITERATURA

- [1] Zagrebački električni tramvaj, »Detaljnije o zonama i tarifnim područjima,« ZET, 08. 07. 2022.. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.zet.hr/zone-i-tarifna-podrucja/detaljnije-o-zonama-i-tarifnim-podrucjima/66>. [Pokušaj pristupa 18. 07. 2022.].
- [2] Zagrebački električni tramvaj, »O nama,« ZET, 08. 07. 2022.. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.zet.hr/o-nama/259>. [Pokušaj pristupa 18. 07. 2022.].
- [3] Zagrebački električni tramvaj, »Cijene, prodaja i plaćanje,« ZET, 08. 07. 2022.. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.zet.hr/tabovi-dolje/cijene-prodaja-i-placanje/50>. [Pokušaj pristupa 18. 07. 2022.].
- [4] Zagrebački električni tramvaj, »ZET,« Dnevne linije, 08. 07. 2022.. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.zet.hr/autobusni-prijevoz/dnevne-linije-251/251>. [Pokušaj pristupa 18. 07. 2022.].
- [5] Google, »Google Earth,« Google, 24. 08. 2016.. [Mrežno]. Dostupno na: <https://earth.google.com/web/>. [Pokušaj pristupa 15. 08. 2022.].
- [6] Google, »Google maps,« Google, 01 11 2011. [Mrežno]. Dostupno na: <https://maps.google.com>. [Pokušaj pristupa 06 08 2022].
- [7] M. Rajsman, Osnove tehnologije prometa - Gradski promet, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2012..
- [8] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa I, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2008..
- [9] VIZKULTURA, »Pogled na Zagreb odozgo,« VIZKULTURA, [Mrežno]. Dostupno na: <https://vizkultura.hr/pogled-na-zagreb-odozgo/okretiste-crnomerec/>. [Pokušaj pristupa 29. 07. 2022.].
- [10] M. Milenković, N. Lisak i D. Sumpor, »Ergonomic Assesment of Accesibility of the Passengers' Space in Trams in Zagreb,« u *Proceedings of 9th International Scientific Conference POWA 2014*, Zagreb, 2014.
- [11] M. Musabašić, D. Sumpor, M. Slavulj i J. Leder Horina, »Possible impact of local automation of tram priority on the driver's workload and performance,« *Acta Technica Napocensis series-applied mathematics mechanics and engineering*, svez. 65, br. 3, pp. 760-769, 2022.
- [12] SWOV, »Fact sheet, Road safety hazards of public transport,« SWOV, Leidschendam, 2011.
- [13] D. Šojat, Osnove tehnologije prometa, vježbe gradski promet, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2018..

POPIS SLIKA

Slika 1. Tarifne zone i prometno - tarifna područja.....	2
Slika 2. Autobusne i tramvajske linije terminala Črnomerec.....	5
Slika 3. Stajališta na liniji 136 Črnomerec – Špansko.....	6
Slika 4. Polazni peron linije 136 na Črnomercu.....	7
Slika 5. Parkirališta na kolniku između stajališta Kustošijasna i MUP.....	8
Slika 6. Raskrižje Ilice, Oranica i Vrapčanske ulice.....	8
Slika 7. Stajalište Ivane Brlić Mažuranić u smjeru Španskog.....	9
Slika 8. Stajalište Nikole Gučetića u smjeru Črnomerca.....	10
Slika 9. Tlocrtni prikaz terminala Črnomerec.....	12
Slika 10. Okretište Špansko.....	12
Slika 11. Propisani put kočenja tramvaja, osobnih automobila/kombija i motornih vozila za osam ili više putnika u odnosu na brzinu vožnje.....	17
Slika 12. Vozni red za putnike linije 136 Črnomerec – Špansko.....	19
Slika 13. Vozni red prema voznim redovima za radni dan.....	21
Slika 14. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Španskog.....	23
Slika 15. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Črnomerca.....	23
Slika 16. Vrijeme putovanja u popodnevnom vršnom periodu u smjeru Španskog.....	24
Slika 17. Vrijeme putovanja u popodnevnom vršnom periodu u smjeru Črnomerca.....	25
Slika 18. Udjeli vremena u poluobrtima.....	25
Slika 19. Brzine u prijevoznom procesu.....	26
Slika 20. Zauzetost vozila u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Španskog.....	27
Slika 21. Zauzetost vozila u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Črnomerca.....	28
Slika 22. Zauzetost vozila u popodnevnom vršnom periodu u smjeru Španskog.....	28
Slika 23. Zauzetost vozila u popodnevnom vršnom periodu u smjeru Črnomerca.....	29
Slika 24. Prosječna i maksimalna zauzetost vozila na poluobrtima.....	30
Slika 25. Koeficijent izmjene putnika i neravnomjernost protoka putnika.....	30

POPIS TABLICA

Tablica 1. Optimalni razmaci u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva.....	14
Tablica 2. Razmaci na liniji u smjeru Španskog	14
Tablica 3. Razmaci na liniji u smjeru Črnomerca	15
Tablica 4. Prosječna starost i osnovni parametri tramvaja u ZET-u.....	16

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI


Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ [završni 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 završnog/diplomskog rada pod naslovom [Analiza autobusne linije 136 Črnomerec - Špansko u Zagrebu](#), u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, [26.04.2024.](#)

Student/ica:



(ime i prezime, potpis)