

Prometno-tehnička analiza autobusne linije 121 Črnomerec - Karažnik - Gajnice u Zagrebu

Prskalo, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:752599>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-08**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Tomislav Prskalo

**Prometno-tehnička analiza autobusne linije 121 Črnomerec-
Karažnik-Gajnice u Zagrebu**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 3. travnja 2018.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4742

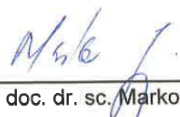
Pristupnik: **Tomislav Prskalo (0135236843)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Gradski promet**

Zadatak: **Prometno-tehnička analiza autobusne linije 121 Črnomerec - Karažnik -
Gajnice u Zagrebu**

Opis zadatka:

U završnom radu potrebno je prikazati trasu autobusne linije 121 Črnomerec-Karažnik-Gajnice u Zagrebu, te odrediti statičke i dinamičke elemente linije. Isto tako, potrebno je analizirati protok putnika u različitim vremenskim periodima na navedenoj liniji javnoga gradskog prijevoza.

Mentor:



doc. dr. sc. Marko Slavulj

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

Prometno-tehnička analiza autobusne linije 121 Črnomerec-Karažnik-Gajnice u
Zagrebu

Traffic Analysis of the Bus Line 121 Črnomerec-Karažnik-Gajnice in the City of
Zagreb

Mentor: doc.dr.sc. Marko Slavulj

Student: Tomislav Prskalo, 0135236843

Zagreb, 2018.

Prometno-tehnička analiza autobusne linije 121 Črnomerec-Karažnik-Gajnice u Zagrebu

SAŽETAK

Ovaj rad se temelji na prometno-tehničkoj analizi autobusne linije 121, njenim statičkim i dinamičkim elementima, prostornom obuhvatu, te glavnim karakteristikama linije. Cilj rada je na temelju brojanja putnika na liniji u vršnim satima utvrditi da li je iskorištenost linije zadovoljavajuća te za podatke dobivene brojanjem izraditi detaljnu analizu koristeći se formulama, tablicama, grafikonima i dati uvid u stanje linije.

KLJUČNE RIJEČI: autobusna linija, brojanje putnika, analiza protoka putnika

SUMMARY

This undergraduate thesis is based on traffic and technical analysis of the Bus Line 121, its static and dynamic elements, spatial coverage and the main characteristics of the line. The aim of this thesis based on passenger count in the peak hours is to determine if the line utilization is satisfactory and for data collected by counting to make detail analysis using formulas, tables, charts and to give insight state of the line.

KEY WORDS: bus line, passenger count, passenger flow analysis

SADRŽAJ

1 Uvod	1
2 Prostorni obuhvat autobusne linije 121	3
3 Statički elementi linije	5
3.1 Trasa linije	6
3.2 Terminali.....	7
3.3 Stajališta.....	8
4 Dinamički elementi linije	10
5 Brojanje putnika na liniji	15
6 Karakteristike putničkih tokova	21
7 Zaključak	23
Literatura	24
Popis slika	25
Popis tablica	26
Popis grafikona.....	27

1 UVOD

Autobusni prijevoz ZET-a organiziran je na području Grada Zagreba, gradova Velika Gorica i Zaprešić, te općina Bistra, Luka, Stupnik i Klinča Sela. Cjelokupni autobusni promet odvija se na 133 dnevne i četiri noćne linije te na pet linija posebnog linijskog prijevoza. Na mreži ZET-a postoji 2103 autobusnih stajališta, od toga 1614 na području Grada Zagreba. Radnim danom u vremenima vršnih opterećenja u prometu se nalazi 279 autobusa, subotom 186, a nedjeljom i blagdanima 120 autobusa. Na godinu autobusima ZET-a preveze se oko 94.000.000 putnika. Vozni park se sastoji od vozila marke MAN, Mercedes Benz, Marbus, Iveco-Irisbus koji su smješteni u garažama u Podsusedu, Dubravi i Velikoj Gorici. Nova su vozila uglavnom niskopodna pa je zbog toga javni gradski prijevoz pristupačan svim kategorijama korisnika. Od 2010. godine niskopodni autobusi čine 83 posto od ukupnog broja autobusa u voznom parku ZET-a.

Tema ovog rada je prometno-tehnička analiza gradske autobusne linije 121 Črnomerec-Karažnik-Gajnice. U radu je potrebno obraditi statičke i dinamičke elemente linije, prikazati i opisati prostorni obuhvat, izvesti brojanje putnika na liniji u oba smjera u vršnim satima, analizirati protok putnika te dati uvid u sadašnje stanje linije.

Rad je koncipiran u 7 poglavlja:

1. Uvod
2. Prostorni obuhvat autobusne linije 121
3. Statički elementi linije
4. Dinamički elementi linije
5. Brojanje putnika na liniji
6. Karakteristike putničkih tokova
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisan je prostorni obuhvat autobusne linije 121, karakteristike prostora koji linija spaja, koje dijelove grada povezuje te su prikazane slike rute i gravitacijskog područja.

Treće poglavlje opisuje statičke elemente linije koji podrazumijevaju duljinu linije,

međustajališne udaljenosti i udaljenosti terminala koji su samostalno izračunati te njihove karakteristike.

Četvrto poglavlje opisuje dinamičke elemente koji se mijenjaju prema prijevoznim zahtjevima na liniji. Pored prikaza osnovnih formula napravljen je i izračun za dinamičke elemente na liniji 121 te su prikazani grafikoni izrađeni od prikupljenih podataka radi zornijeg predočavanja.

Peto poglavlje obuhvaća tablično prikazane podatke dobivene mjerenjem putnika tijekom dva radna dana te izrađene grafikone od tih podataka kojima se prikazuje izmjena putnika te popunjenost.

U šestom poglavlju napravljena je analiza protoka putnika te su izračunate vrijednosti koeficijenta izmjene putnika i koeficijenta neravnomjernosti protoka.

Zadnje poglavlje podrazumijeva zaključna razmatranja.

Pri izradi završnog rada, kao literatura, korištene su knjige, priručnici, dobiveni podaci i ostali internetski izvori navedeni u literaturi na kraju rada.

2 PROSTORNI OBUHVAT AUTOBUSNE LINIJE 121

Autobusna linija 121 Črnomerec-Karažnik-Gajnice svojom rutom prolazi kroz četiri naselja (Kustošija, Vrapče, Stenjevec, Gajnice) od kojih tri spadaju pod gradsku četvrt Podsused-Vrapče. Ona obuhvaća najzapadniji dio područja grada Zagreba. Na istoku i jugu graniči s gradskim četvrtima Črnomerec, Stenjevec i Novi Zagreb-zapad, na jugozapadu s gradom Sveta Nedelja, a na zapadu, na rijeci Krapini, s gradom Zaprešićem. [1]

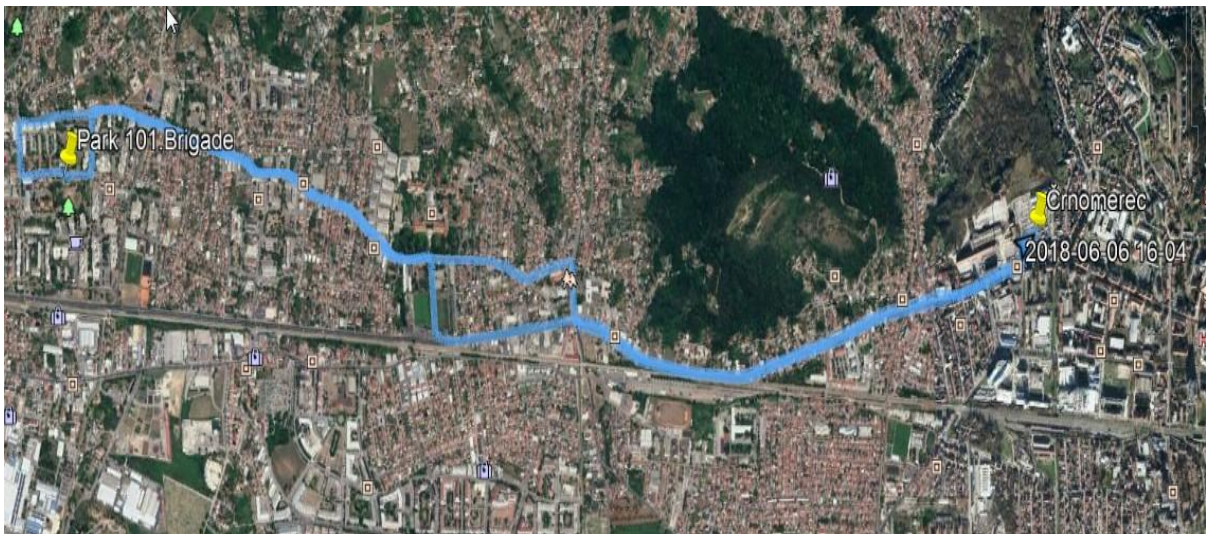
Podsused-Vrapče zapadna su vrata grada Zagreba, a najbitnije prometnice koje povezuju istok-zapad i vode prema središtu grada su : Aleja Bologne, Samoborska cesta, Ilica, Karažnik i Bolnička ulica [1]. Autobusna linija 121 na svojoj ruti od Črnomerca do Gajnica najvećim dijelom prolazi Ilicom te se zatim priključuje na Bolničku ulicu i nastavlja svoju rutu do Karažnika i zadnje stanice u Gajnicama.

Trasa linije ima sveukupno 12 stajališta na svojoj trasi:

1. Črnomerec
2. Kustošijanska
3. MUP
4. Roginina
5. Vrapčanska
6. Vrapčanska aleja
7. Bolnica Vrapče
8. Dudovec
9. Bolnička-Gospodska
10. Medpotoki
11. Karažnik-Čileanska
12. Park 101. Brigade

Na stajalištu Vrapčanska aleja može se ostvariti transfer odnosno prelazak na željeznicu u smjeru grada ili u smjeru zapada, dok se na stajalištima Kustošijanska i Vrapčanska može presjesti na autobusne linije koje na raskrižjima skreću drugim smjerovima (Kustošijanska-autobusne linije 126 i 135, Vrapčanska-autobusne linije 119, 125 i 136). Također, najvažnija stajališta s većim ulascima i izlascima putnika u autobus i iz autobusa su Vrapčanska zbog objekata u blizini stanice (Mc Donalds, Špar, tržnica Vrapče, OŠ grofa Janka Draškovića), Dudovec (OŠ Dragutina

Tadijanovića, razni ugostiteljski objekti) i Medpotoki (OŠ Stenjevec, Župa sv.Nikole biskupa, razne trgovine).



Slika 1. Ruta autobusne linije 121 zabilježena GPS lokatorom [2]

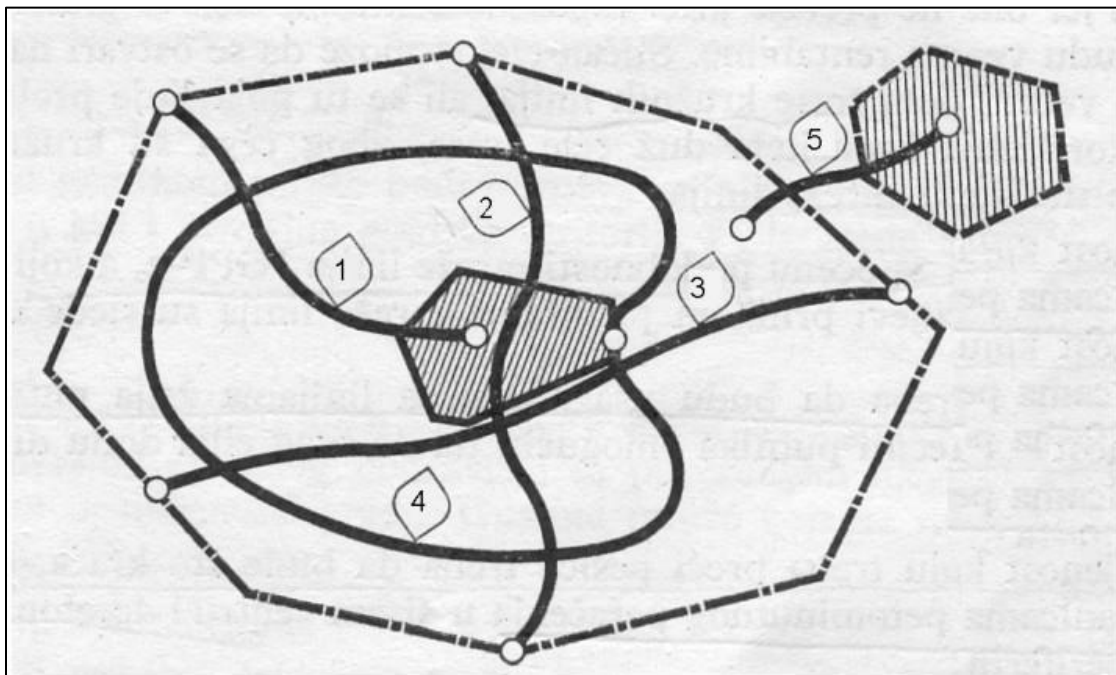


Slika 2. Gravitacijsko područje autobusne linije 121 [3]

Slika 1. prikazuje rutu linije 121 s označenim početnim i završnim stajalištima Črnomerec i Park 101.Brigade, a koja je zabilježena pomoću GPS lokatora prilikom brojenja putnika u autobusu. Druga slika predstavlja gravitacijsko područje odnosno područje koje zahvaća prostor putnika koji se koriste autobusnom linijom 121.

3 STATIČKI ELEMENTI LINIJE

Mreža linija kao glavna komponenta infrastrukture sustava JGP-a obuhvaća sve linije JGP-a koje se međusobno preklapaju ili presijecaju. U javni prijevoz uključena su sva prijevozna sredstva koja prometuju linijama po unaprijed utvrđenom voznom redu i trasi. Linija čini podsustav u sustavu mreže linija javnog gradskog prijevoza. Autobus spada u mrežu linija koja se zasniva na površinskom prijevozu. Prema načinu pružanja u odnosu na granice grada, linije mogu biti: radijalne, dijametralne, tangencijalne, kružne, polukružne, periferne. [4]



Slika 3. Vrste linije prema načinu pružanja u odnosu na granice grada [5]

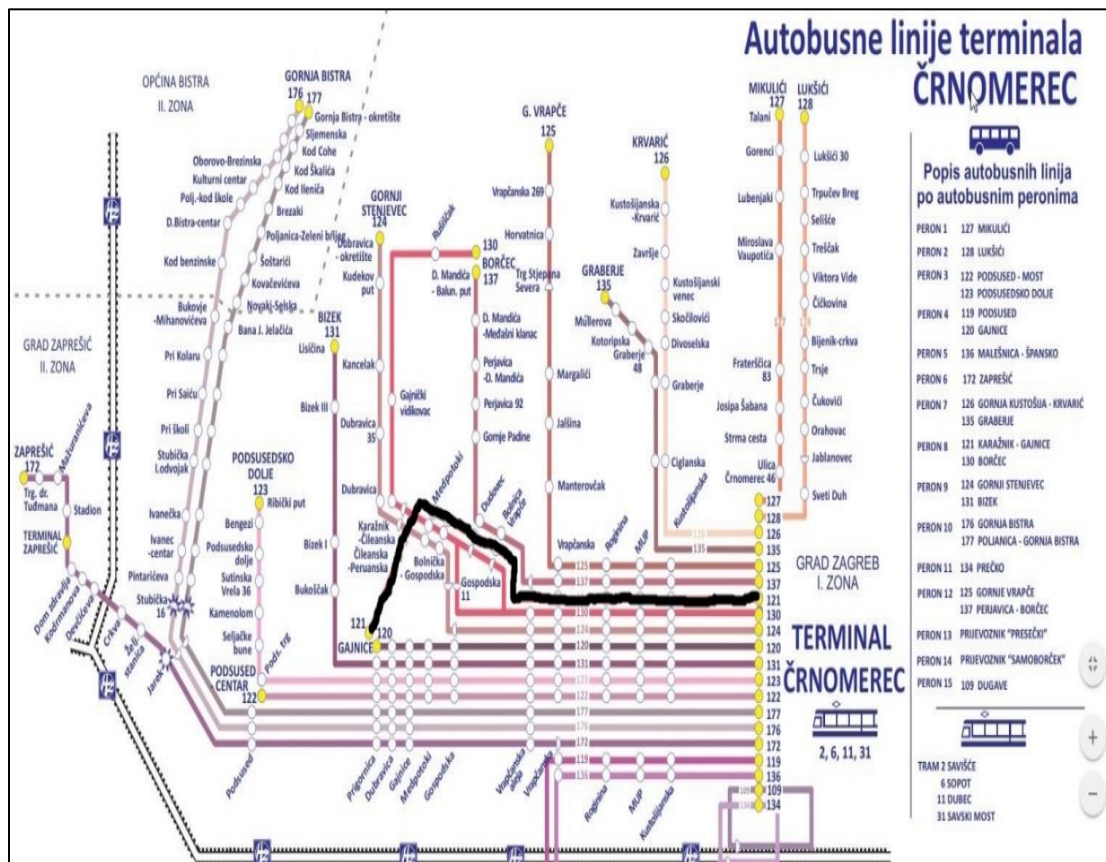
Vrste linija prema načinu pružanja u odnosu na granice grada vidljive iz slike 3. dijele se na:

1. Radijalne- povezuju središte s periferijom grada
2. Dijametralne- povezuju dva periferna dijela grada i prolaze kroz središte
3. Tangencijalne- tangiraju središte grada i povezuju dva periferna dijela
4. Kružne- zatvaraju kružni pravac prometovanja
5. Periferne- povezuju dvije točke na periferiji grada
6. Polukružne- predstavljaju dio kružne linije

U sustavu JGP-a pod statičke elemente linije spadaju trasa, terminali i stajališta linije.

3.1 Trasa linije

Trasa predstavlja putanju između dva terminala koja prolazi određenim ulicama i poklapa se s osnovnim tokovima kretanja putnika između terminala. Pažljivo planiranje trase linija u sustavu JGP-a jako je bitno jer određuje efekte toga sustava nakon što se izgradi i stavi u funkciju. Autobusni pravci moraju slijediti tok glavnih ulica kako bi bili maksimalno iskorišteni te kako bi se postizale veće brzine vožnje. U idealnim uvjetima, autobusni pravac je ravan, izravan i ravnomjeran. [6]



Slika 4. Autobusne linije terminala Črnomerec kojemu pripada linija 121 [7]

Trasa autobusne linije 121 se sastoji od 12 stajališta u smjeru Gajnica te 11 stajališta u smjeru Črnomerca. Ukupna duljina trase autobusne linije 121 u smjeru zapada je 5672 metra, a u smjeru istoka iznosi 5149 metara. Prosječno vrijeme putovanja je oko 17 min od polaznog stajališta do zadnjeg stajališta na trasi.

3.2 Terminali

Terminali su krajnje stanice na liniji gdje vozila mijenjaju smjer kretanja. Najčešće se postavljaju na nekim značajnijim odredištima gdje je velika prijevozna potražnja. Osim toga mogu služiti za izravnanje vremenskih neravnomjernosti u kretanju vozila te kao točke za kontrolu točnosti kretanja vozila u odnosu na vozni red [6]. Slike 5. i 6. prikazuju polazno i zadnje stajalište na trasi autobusne linije 121.



Slika 5. Polazno stajalište autobusne linije 121 – terminal Črnomerec

Izvor:[Autorska fotografija], 21.07.2018.



Slika 6. Zadnje stajalište – okretište Park 101. brigade

Izvor: [Autorska fotografija], 21.07.2018.

3.3 Stajališta

Stajalište na liniji javnog gradskog prijevoza označava mjesto gdje se prijevozna sredstva zaustavljaju radi ulaska i izlaska putnika. Postavlja se na mjestima gdje su jaki izvori ili odredišta putnika kao što su kolodvori, robne kuće, bolnice itd. Moraju biti postavljena na odgovarajućim udaljenostima duž cijele linije. Međustajališna udaljenost određuje se tako da se promatra cijela linija, broj putnika koji ulaze i izlaze te raspodjela protoka putnika duž linije. Cilj određivanja razmaka među stajalištima je smanjiti vrijeme putovanja putnika. Kada su stajališta postavljena bliže, duljina pješaćenja je manja, ali se prosječna brzina putovanja povećava jer se smanjuje brzina vožnje prijevoznog sredstva. Optimalno vrijeme putovanja svedeno je na najmanju mjeru kada su stajališta postavljena na udaljenosti od 550 metara [5]. Karakteristično stajalište za autobusnu liniju 121 je stajalište Vrapčanska zbog velike izmjene putnika u popodnevnim vršnim satima te zbog položaja na trasi. Nalazi se 50-ak metara od četverokrakog semaforiziranog raskrižja Ilica-Oranice-Vrapčanska koje je najopterećenije raskrižje u tom području u jutarnjim i popodnevnim vršnim satima. Također, u blizini stajališta se nalaze i škola, vrtić, dom zdravlja te razni ugostiteljski i trgovački objekti što dodatno opterećuje taj dio trase. Osim stajališta Vrapčanska, karakteristično stajalište za ovu liniju je i stajalište Bolnica Vrapče također zbog velike izmjene putnika ali i neposredne blizine psihijatrijske bolnice Vrapče te nogometnog kluba Vrapče.

Tablica 1. Međustajališna udaljenost u odnosu na gustoću naseljenosti [5]

Područje	Međustajališna udaljenost u metrima
1. u središtu grada	250-550
2. u perifernoj zoni	500-750
3. u prigradskoj zoni	600-1500

U nastavku rada prikazani su podaci o međustajališnim udaljenostima za autobusnu liniju 121 koji su očitani iz Google Earth-a. Najveća udaljenost između

stajališta je u smjeru istoka od stajališta Vrapčanska do stajališta Roginina i iznosi 1077 metara, dok je najkraća udaljenost također u smjeru istoka od stajališta Park 101.Brigade do stajališta Čileanska-Peruanska i iznosi 209 metara.

Tablica 2. Izmjerene međustajališne udaljenosti u smjeru terminala Gajnice

Naziv stajališta	Šifra	Redni broj	Duljina (m)	Kumulativno (m)
Kustošijanska	KUSTOŠZS	1.	521	521
MUP	MUPZS	2.	648	1169
Roginina	ROGINIZS	3.	241	1410
Vrapčanska	VRAPČAZS	4.	965	2375
Vrapčanska aleja	VRAALEZS	5.	572	2947
Bolnica Vrapče	BOLVRAZS	6.	455	3402
Dudovec	DUDOVEZS	7.	420	3822
Bolnička-Gospodska	BOLGOSZS	8.	424	4246
Medpotoki	MEDPOTZS	9.	351	4597
Karažnik-Čileanska	KARAŽNZS	10.	458	5055
Park 101.Brigade	PARKBRZX	11.	617	5672

Tablica 3. Izmjerene međustajališne udaljenosti u smjeru terminala Črnomerec

Naziv stajališta	Šifra	Redni broj	Duljina (m)	Kumulativno (m)
Čileanska-Peruanska	ČILPERIS	1.	209	209
Medpotoki	MEDPOTIS	2.	336	545
Bolnička-Gospodska	BOLGOSIS	3.	503	1048
Dudovec	DUDOVEIS	4.	404	1452
Bolnica Vrapče	BOLVRAIS	5.	414	1866
Vrapčanska	VRAPČAIS	6.	913	2779
Roginina	ROGINIIS	7.	1077	3856
MUP	MUPIS	8.	338	4194
Kustošijanska	KUSTOŠIS	9.	575	4769
Črnomerec	ČRNOMEIX	10.	380	5149

Pomoću dobivenih međustajališnih udaljenosti iz tablica dobiju se brzine vožnje i brzine putovanja te prosječna gustoća stajaćih putnika. Duljine trasa linije nisu jednake za svaki smjer, a i međustajališne udaljenosti se razlikuju. Ukupna duljina cijele linije iznosi 10821 metar, a najduža međustajališna udaljenost iznosi 1077 metara (Vrapčanska-Roginina).

4 DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE

Dinamičke elemente na liniji dijelimo na osnovne i izvedene dinamičke elemente. Pod osnovne elemente spadaju broj vozila i vrijeme obrta, a pod izvedene možemo ubrojiti intervale vozila i frekvenciju.

Broj vozila na radu određuje se rasporedom vožnje na osnovi prijevoznih zahtjeva i mijenja se u skladu s promjenama prijevoznih zahtjeva. Kod linijskog prijevoza tok vozila je diskontinuiran te ga je teško matematički definirati. [6]

BROJ LINIJE: 121		U PROMETU OD: 18.06.2018.				
NAZIV LINIJE: Črnomerac - Karažnik - Gajnice						
ČRNOMEREC		RADNI DAN		GAJNICE		
sati	minute	sati	minute	sati	minute	
5	00	20	40	4	40	
6	00	15	30	45	5	00
7	00	15	30	45	5	05
8	00	15	30	45	5	10
9	00	15	30	45	5	15
10	00	15	30	45	5	20
11	00	15	30	45	5	25
12	00	15	30	45	5	30
13	00	15	30	45	5	35
14	00	15	30	45	5	40
15	00	15	30	45	5	45
16	00	15	30	45	5	50
17	00	15	30	45	5	55
18	00	15	30	50	6	00
19	10	30	50	6	05	
20	10	30	50	6	10	
21	10	30	50	6	15	
22	10	30	50	6	20	
23	10	30	50	6	25	
0	10			6	30	
ČRNOMEREC		SUBOTA		GAJNICE		
sati	minute	sati	minute	sati	minute	
4	51	4	30	50	5	12
5	12	33	54	5	15	
6	15	36	57	5	18	
7	18	39		5	21	
8	00	21	42	5	24	
9	03	24	45	5	27	
10	06	27	48	5	30	
11	09	30	51	5	33	
12	12	33	54	5	36	
13	15	36	57	5	39	
14	18	39		5	42	
15	00	21	42	5	45	
16	03	24	45	5	48	
17	06	27	48	5	51	
18	09	30	51	5	54	
19	12	33	54	6	00	
20	15	36	57	6	05	
21	18	39		6	10	
22	00	21	42	6	15	
23	03	24	45	6	20	
0	10			6	25	
ČRNOMEREC		NEDJELJA		GAJNICE		
sati	minute	sati	minute	sati	minute	
5	51	5	30	5	12	
6	33	6	12	5	15	
7	15	57	36	5	18	
8	18	39	39	5	21	
9	00	21	42	5	24	
10	03	24	45	5	27	
11	06	27	48	5	30	
12	09	30	51	5	33	
13	12	33	54	5	36	
14	15	36	57	5	39	
15	18	39		5	42	
16	00	21	42	5	45	
17	03	24	45	5	48	
18	06	27	48	5	51	
19	09	30	51	5	54	
20	12	33	54	6	00	
21	15	36	57	6	05	
22	18	39		6	10	
23	20			6	15	
0	20			6	20	

Napomena: u satima označenim sivom bojom nema polazaka
 Na predviđeno vrijeme polaska/dolaska, mogu utjecati poremećaji u prometu, vremenski uvjeti ili druge izvanredne okolnosti.

Slika 7. Vozni red autobusne linije 121 [8]

Radnim danom ima ukupno 71 polazak s Črnomerca i 71 polazak iz Gajnica, subotom 55 polazaka s Črnomerca i 55 polazaka iz Gajnica te nedjeljom 45 polazaka s Črnomerca i 45 polazaka iz Gajnica. Slijed vozila radnim danom je 15 minuta u oba

smjera, a subotom i nedjeljom svakih 21 minutu. Broj vozila na liniji prema voznom redu preko radnog dana je 3 u oba smjera za vrijeme jednog obrta.

Vrijeme obrta se može definirati kao vrijeme koje je potrebno da vozilo napravi jedan obrt. U vrijeme obrta spadaju vrijeme vožnje, vrijeme zadržavanja na stajalištima i vrijeme zadržavanja na terminalima. U nastavku su prikazani grafikoni koji su izračunati i napravljeni na temelju prikupljenih podataka u svrhu završnog rada.

Grafikon 1. Vrijeme vožnje i zadržavanja na stajalištima i terminalima u oba smjera



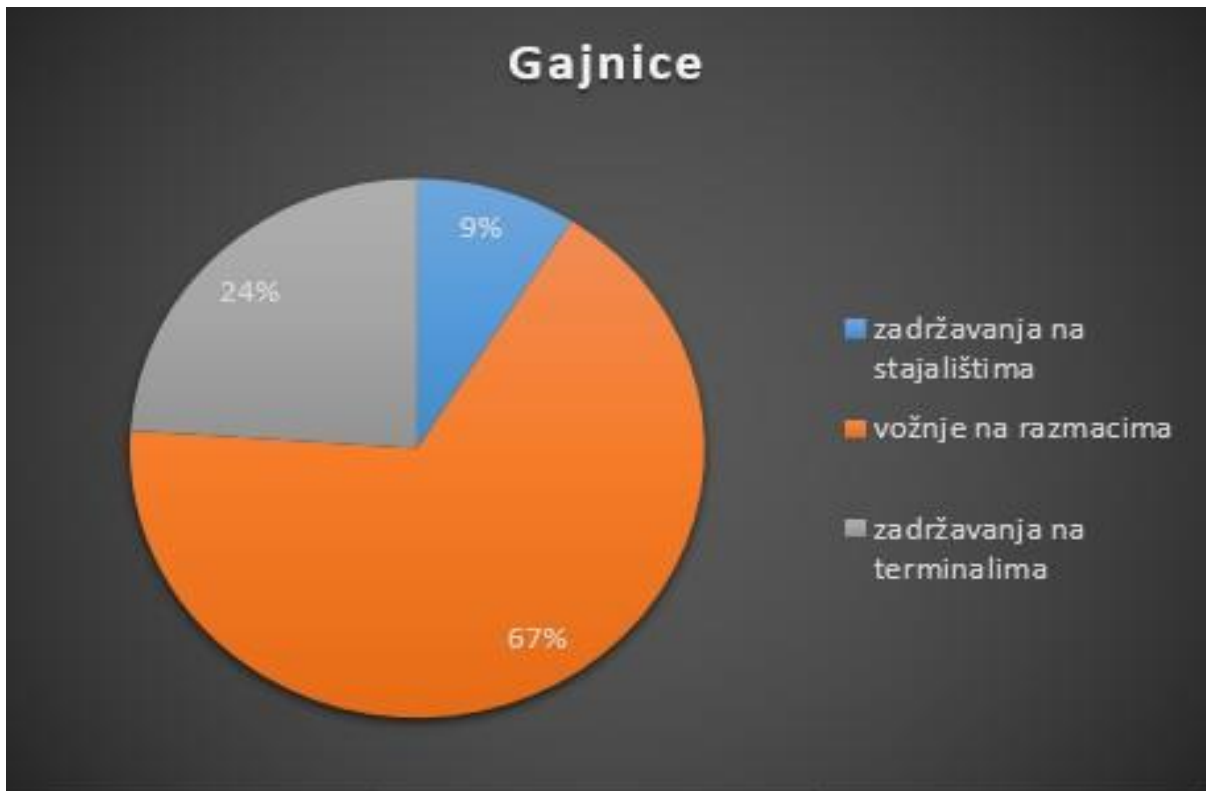
Iz grafikona je vidljivo da je vrijeme vožnje u smjeru Gajnica koje traje 16 minuta i 5 sekundi duže u odnosu na vrijeme vožnje prema Črnomercu koje traje 12 minuta i 55 sekundi. Razlog tome je veće prometno opterećenje u popodnevnim vršnim satima u smjeru zapada odnosno veći priljev vozila s istoka prema zapadu te duljina trase linije koja je 523 metra duža u odnosu na suprotni smjer. Zadržavanje na stajalištima je duže u smjeru Črnomerca iako je broj putnika puno manji u odnosu na smjer A-B. Zadano vrijeme poluobrtu prema voznom redu u smjeru Gajnica je 24 minute, a u smjeru Črnomerca 25 minuta. Vrijeme obrta prema zadanom voznom redu je 49 minuta. Pomoću formule za vrijeme obrta dobije se ukupno vrijeme zadržavanja na terminalima:

$\Sigma t_t = T_o - \Sigma t_v - \Sigma t_{\check{c}ui} = 49 - 29 - 6 = 14 \text{ min} \rightarrow$ ukupno vrijeme zadržavanja na terminalima

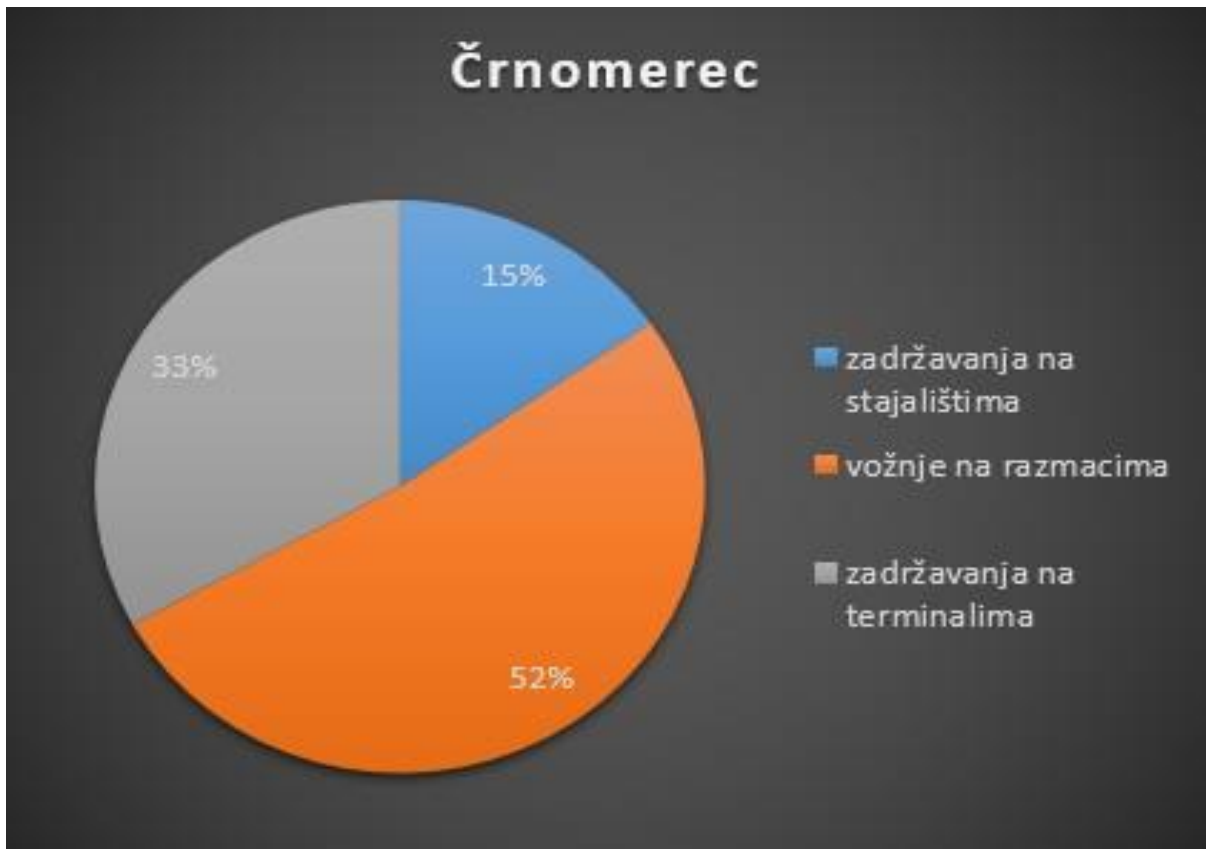
$\Sigma t_v = t_{v1} + t_{v2} = 16:05 + 12:55 = 29 \text{ min} \rightarrow$ ukupno vrijeme vožnje

$\Sigma t_{\check{c}ui} = t_{\check{c}ui1} + t_{\check{c}ui2} = 02:10 + 03:50 = 6 \text{ min} \rightarrow$ ukupno vrijeme zadržavanja na stajalištima

Grafikon 2. Zadržavanja i vožnje izraženi u postocima za smjer Gajnice



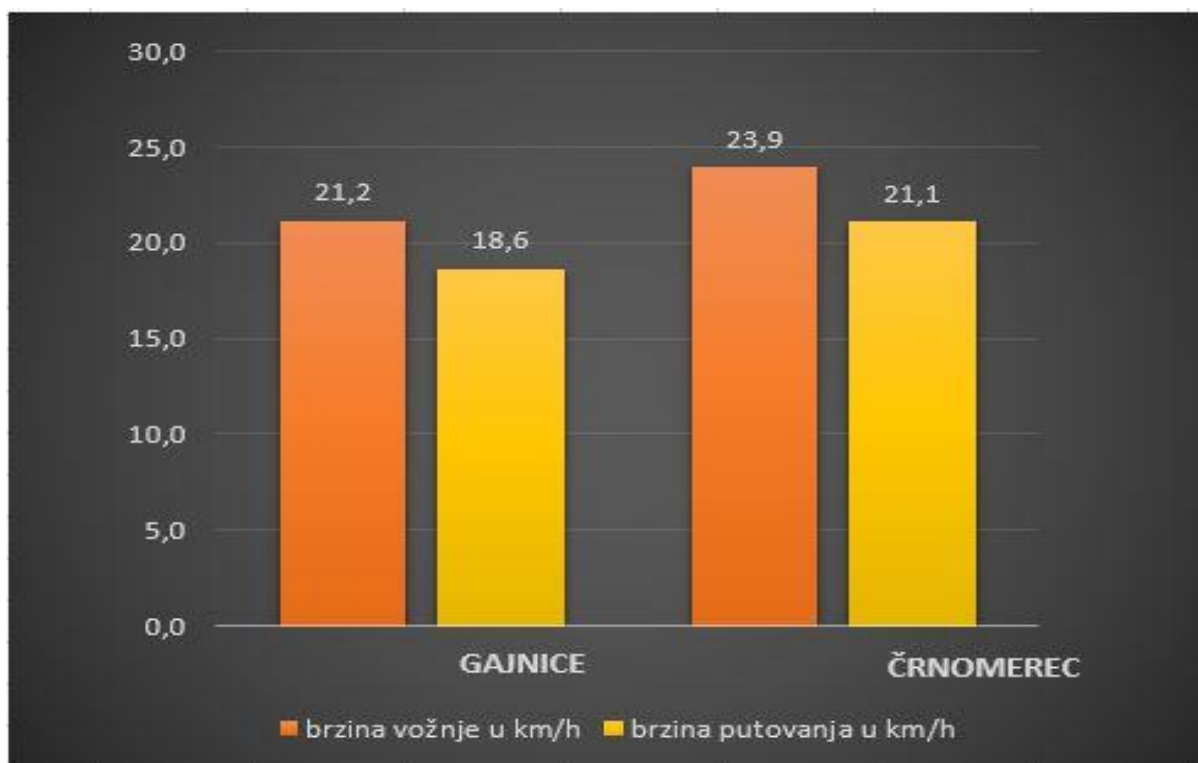
Grafikon 3. Zadržavanja i vožnje izraženi u postocima za smjer Črnomerec



Udio zadržavanja na stajalištima je veći u smjeru Črnomerec te iznosi 15%, a u smjeru Gajnica on iznosi 9%. Kod zadržavanja na terminalima također je veći udio zadržavanja na terminalu Črnomerec te iznosi 33% dok je udio zadržavanja na terminalu odnosno početnom stajalištu u Gajnicama 24%. Vidljivo je da je jako velik udio vremena zadržavanja na terminalima pogotovo na terminalu Črnomerec zato što na tom terminalu vozači imaju veći predah između vožnji dok je na terminalu Gajnice mali vremenski razmak između sljedećeg polaska autobusa.

U nastavku je prikazan graf koji pokazuje brzine vožnje i brzine putovanja za oba smjera te se iz njega vidi da su brzine vožnje odnosno putovanja za smjer Gajnice manje u odnosu na smjer Črnomerec iz razloga što je gustoća prometa i prometno opterećenje puno veće u tom smjeru u vršnim satima nego za smjer Črnomerec.

Grafikon 4. Prikaz brzine vožnje i putovanja



Graf je dobiven na temelju podataka o međustajališnim udaljenostima te vremena polazaka i odlazaka sa stajališta zabilježenih pomoću GPS lokatora. Brzina vožnje predstavlja prosječnu brzinu koju vozilo postigne kod prometovanja između dvaju stajališta na liniji, dok je brzina putovanja prosječna brzina koju vozilo postigne pri prometovanju između početne i krajnje točke na liniji. Za smjer prema terminalu Gajnice brzina putovanja je manja za 2,6 km/h u odnosu na brzinu vožnje dok je za smjer Črnomerec brzina putovanja manja za 2,8 km/h u odnosu na brzinu vožnje. S

obzirom da je brzina putovanja u gradskim uvjetima za tramvaje i autobuse najčešće između 16 i 23 km/h, brzina za ovu liniju u popodnevnim vršnim satima je u granicama te zadovoljava normative.

$$\text{Izvedeni elementi: 1.Interval - } i = \frac{T_0}{N} = \frac{49}{4} = 12,25 \text{ min}$$

$$2.\text{Frekvencija - } f = \frac{N \times 60}{T_0} = \frac{4 \times 60}{49} = 4,89 = 5 \text{ [voz/h]}$$

Interval je vremenski razmak između dvaju vozila na liniji, tj. razmak između kretanja dvaju vozila s terminala. Dobije se dijeljenjem vremena obrta s brojem vozila na liniji.

Frekvencija predstavlja broj vozila koja prođu u jedinici vremena kroz neku točku linije u jednom smjeru. [6]

5 BROJANJE PUTNIKA NA LINIJI

Brojanje putnika na liniji 121 Čnomerec-Karažnik-Gajnice izvedeno je tijekom dva radna dana 06.06.2018 i 14.06.2018 u popodnevnim vršnim satima. Rezultati brojanja prikazani su u niže navedenim tablicama.

Tablica 4. Podaci o broju ulaska i izlaska putnika u smjeru Gajnica (06.06.2018.)

STAJALIŠTE	ŠIFRA	REDNI BROJ	UŠLI	IZAŠLI
Kustošijanska	KUSTOŠZS	1.	3	1
MUP	MUPZS	2.	0	3
Roginina	ROGINIZS	3.	1	2
Vrapčanska	VRAPČAZS	4.	4	10
Vrapčanska aleja	VRAALEZS	5.	0	5
Bolnica Vrapče	BOLVRAZS	6.	0	8
Dudovec	DUDOVEZS	7.	1	7
Bolnička-Gospodska	BOLGOSZS	8.	0	3
Medpotoki	MEDPOTZS	9.	0	5
Karažnik-Čileanska	KARAŽNZS	10.	0	4
Park 101.Brigade	PARKBRZX	11.	16	22

Tablica 5. Podaci o broju ulaska i izlaska putnika u smjeru Čnomerca (06.06.2018.)

STAJALIŠTE	ŠIFRA	REDNI BROJ	UŠLI	IZAŠLI
Čileanska-Peruanska	ČILPERIS	1.	2	2
Medpotoki	MEDPOTIS	2.	7	0
Bolnička-Gospodska	BOLGOSIS	3.	4	3
Dudovec	DUDOVEIS	4.	6	0
Bolnica Vrapče	BOLVRAIS	5.	7	2
Vrapčanska	VRAPČAIS	6.	3	6
Roginina	ROGINIIS	7.	1	1
MUP	MUPIS	8.	3	0
Kustošijanska	KUSTOŠIS	9.	1	0
Čnomerec	ČRNOMEIX	10.	61	36

Najfrekventnija stajališta s najviše ulazaka i izlazaka putnika u oba smjera su Vrapčanska i Bolnica Vrapče. Veći je broj putnika u smjeru Gajnica iz razloga što putnici koriste ovu liniju u popodnevnim vršnim satima za povratak kući. Na početnom terminalu Čnomerec u smjeru zapada broj putnika koji ulazi u autobus je 61, dok je u drugom smjeru na početnom stajalištu Park 101.Brigade broj putnika koji ulaze 16 što predstavlja veliku razliku.

Tablica 6. Podaci o broju ulaska i izlaska putnika u smjeru Gajnica (14.06.2018)

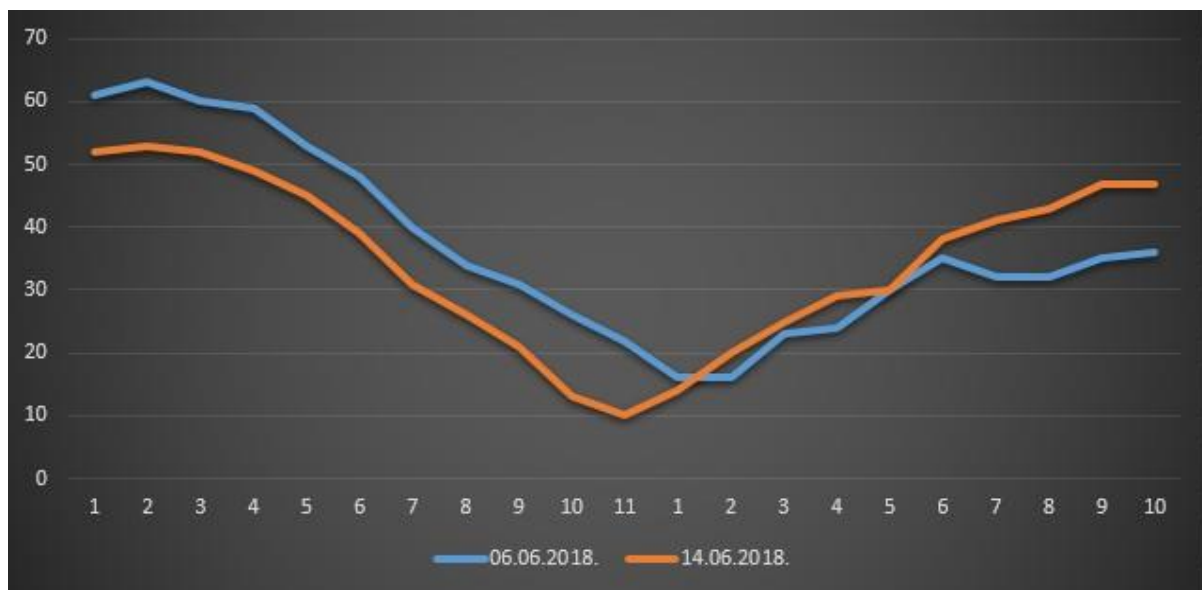
STAJALIŠTE	ŠIFRA	REDNI BROJ	UŠLI	IZAŠLI
Kustošijanska	KUSTOŠZS	1.	1	0
MUP	MUPZS	2.	0	1
Roginina	ROGINIZS	3.	1	4
Vrapčanska	VRAPČAZS	4.	2	6
Vrapčanska aleja	VRAALEZS	5.	0	6
Bolnica Vrapče	BOLVRAZS	6.	1	9
Dudovec	DUDOVEZS	7.	2	7
Bolnička-Gospodska	BOLGOSZS	8.	0	5
Medpotoki	MEDPOTZS	9.	0	8
Karažnik-Čileanska	KARAŽNZS	10.	0	3
Park 101.Brigade	PARKBRZX	11.	14	10

Tablica 7. Podaci o broju ulaska i izlaska putnika u smjeru Črnomerca (14.06.2018.)

STAJALIŠTE	ŠIFRA	REDNI BROJ	UŠLI	IZAŠLI
Čileanska-Peruanska	ČILPERIS	1.	6	0
Medpotoki	MEDPOTIS	2.	5	0
Bolnička-Gospodska	BOLGOSIS	3.	4	0
Dudovec	DUDOVEIS	4.	4	3
Bolnica Vrapče	BOLVRAIS	5.	9	1
Vrapčanska	VRAPČAIS	6.	5	2
Roginina	ROGINIIS	7.	2	0
MUP	MUPIS	8.	4	0
Kustošijanska	KUSTOŠIS	9.	0	0
Črnomerec	ČRNOMEIX	10.	52	47

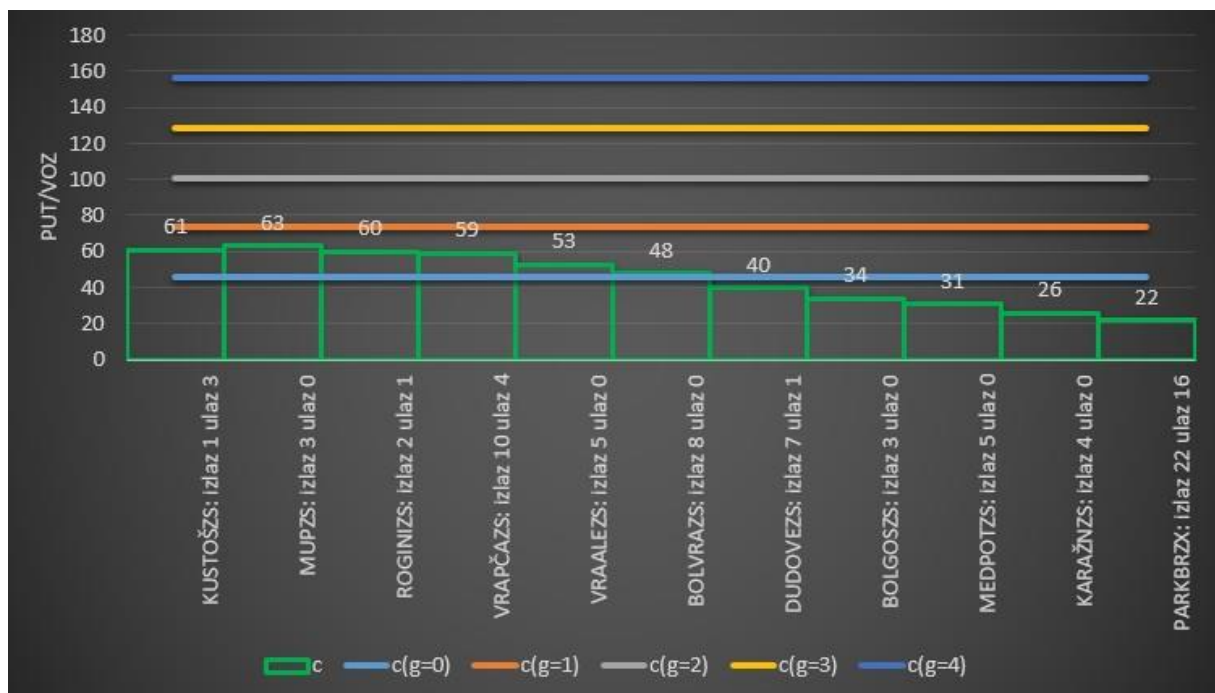
Najfrekventnija stajališta za tablice 6. i 7. su također Bolnica Vrapče i Vrapčanska. Podaci dobiveni brojenjem putnika 14.06.2018. pokazuju da je znatno manji broj putnika u smjeru Gajnica u odnosu na datum 06.06.2018. dok je u smjeru terminala Črnomerec broj putnika veći nego 06.06.2018. S obzirom na dobivene vrijednosti za daljnje izračunavanje popunjenosti i protoka putnika te pravljenje grafikona u programu Microsoft Excel uzimaju se podaci izmjereni 06.06.2018.

Grafikon 5. Prikaz broja putnika za 06.06.2018. i 14.06.2018.

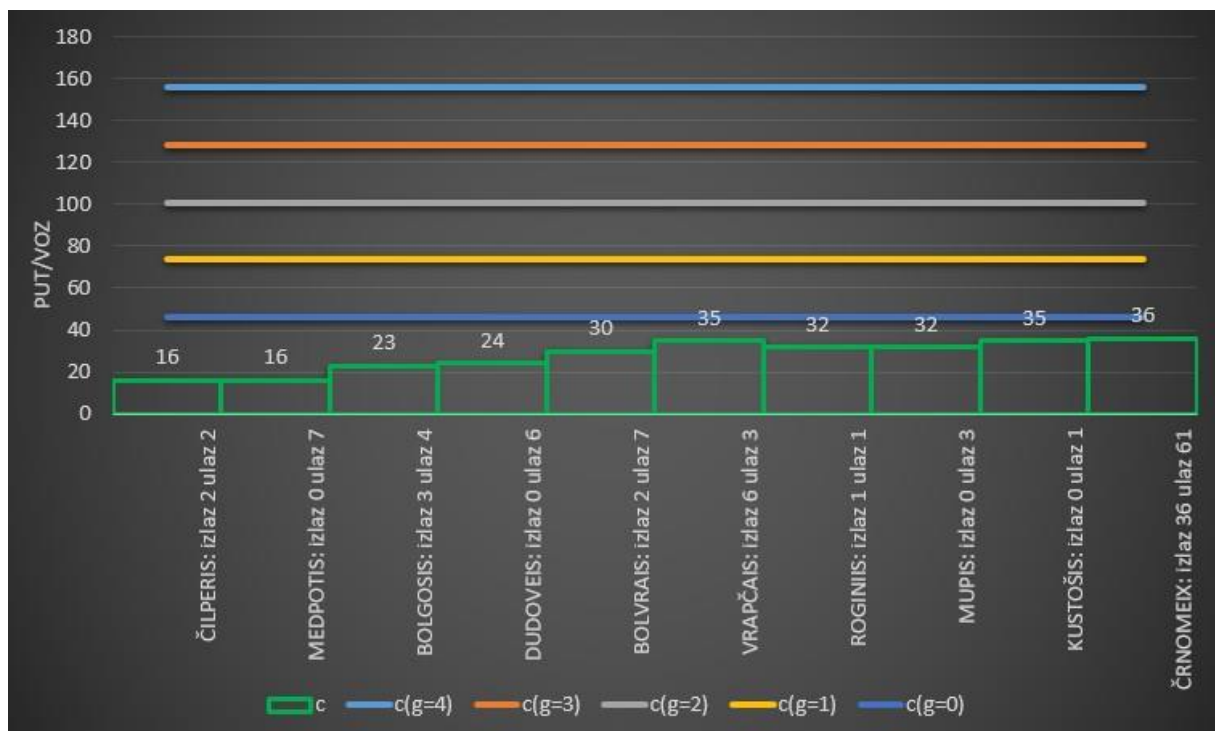


Os ordinata prikazuje broj putnika koji se nalazi u vozilu, a os apscisa redne brojeve stanica na trasi. Najveći broj putnika u vozilu zabilježen je 06.06.2018. u smjeru terminala Gajnice te iznosi 63, dok je najmanji zabilježen broj putnika na terminalu u Gajnicama i iznosi 10. Uspoređujući ova dva datuma i broj putnika koji se prevoze vidljivo je da je broj putnika u smjeru Gajnica 06.06.2018. veći cijeli putem dok u smjeru Črnomerca 14.06.2018. ima više putnika iako je na početnom stajalištu taj broj manji u odnosu na broj putnika koji je ušao na početnom stajalištu Park 101. Brigade 06.06.2018. Jedan od razloga za manji broj putnika u smjeru Gajnica 14.06.2018. je taj što je brojenje izvedeno u tjednu u kojemu završava školska i akademska godina pa je sukladno tome i broj putnika koji koriste liniju 121 manji. Osim toga, broj putnika je varijabilan jer linija dijeli veći dio trase s ostalim linijama koje kreću s terminala Črnomerec. Najbitniji dio trase linije u smjeru Gajnica koji se također može primijetiti iz grafikona je od stajališta s rednim brojem 5 (Vrapčanska aleja) do posljednjeg stajališta (Park 101. Brigade) gdje najviše ljudi izlazi i gdje je velika potreba za prijevozom zbog toga što tom trasom uz liniju 121 prolaze još samo linija 137 (Črnomerec-Perjavica-Borčec) i linija 130 (Črnomerec-Borčec) i to ne cijelom dužinom trase kojom prolazi linija 121. Za smjer Črnomerec najbitniji dio trase je od početnog stajališta do stajališta s rednim brojem 7 (Vrapčanska) zbog najviše ulazaka putnika na tom dijelu trase.

Grafikon 6. Prikaz izmjene putnika u smjeru terminala Gajnice



Grafikon 7. Prikaz izmjene putnika u smjeru terminala Črnomerec



C(g=0) predstavlja maksimalni broj sjedećih mjesta u autobusu, dok je c(g=4) maksimalni broj putnika koji mogu biti u autobusu. C(g=1), c(g=2) i c(g=3) su popunjenosti pri gustoći jednog, dva i tri stajaća putnika na metar kvadratni. Iz grafikona je vidljivo da „c“ označeno zelenom bojom predstavlja trenutni broj putnika

koji se nalaze u autobusu na nekom određenom dijelu linije, a ispod grafikona su šifre svakog stajališta s podacima koliko je putnika ušlo odnosno izašlo iz autobusa dobivene brojanjem putnika na liniji. Kod grafikona koji prikazuje smjer A-B je postepeno smanjivanje broja putnika sa svakim nadolazećim stajalištem jer većina putnika koja u popodnevnim vršnim satima se služi ovom linijom u smjeru zapada se vraća kući s posla, fakulteta, škola, itd.

Kod drugog grafikona dolazi do suprotnog efekta jer se broj putnika od početnog stajališta postepeno povećava te na izlasku iz autobusa na zadnjem stajalištu odnosno terminalu Čnomerec broj putnika koji izlazi je dvaput veći od broja putnika koji su ušli na početnom stajalištu. Razlog tome je taj što putnici koji putuju u smjeru istoka većinom koriste ovu liniju od točke B do točke A odnosno od stajališta na kojem ulaze do posljednjeg stajališta kako bi došli do svog krajnjeg odredišta (uži centar grada).

Sukladno tome, u prvom grafikonu je veći broj putnika od maksimalnog broja sjedećih mjesta sve do stajališta Bolnica Vrapče dok u drugom smjeru nije takva situacija te svi putnici mogu sjediti čitavo vrijeme. Što se tiče popunjenosti stajace površine, u smjeru A-B vrlo mali broj putnika stoji u periodu kad je broj putnika najveći (cca 15%) te ne prelazi vrijednosti popunjenosti pri gustoći putnika $c(g=1)=74$, $c(g=2)=101$, $c(g=3)=128,5$ i $c(g=4)=156$. Ukupan broj prevezenih putnika 06.06.2018. u smjeru terminala Gajnice je 70 putnika, a u smjeru terminala Čnomerec 50 putnika. Stvarno opterećenje linije izražava se protokom putnika i služi kao važan pokazatelj pri planiranju javnog gradskog prijevoza. Ukupan protok putnika u smjeru Gajnica je 497, a maksimalni protok 63. Za smjer Čnomerec ukupan protok putnika je 279, a maksimalni 36. S obzirom da je brojenje obavljeno u popodnevnim vršnim satima popunjenost vozila nije iskorištena u potpunosti te je izrazito varijabilna zbog toga što linija dijeli trasu s ostalim linijama kojima je početni terminal Čnomerec, a stvarnu potrebu za prijevozom putnika na liniji 121 karakteriziraju tek stajališta od Vrapča do Gajnica odnosno stajališta u blizini terminala Gajnice jer na tom dijelu postoje još samo dvije linije koje prolaze određenim dijelom te trase.

U nastavku slijedi graf koji prikazuje popunjenost površine u autobusu odnosno vrijednosti gustoće stajacih putnika, nulte i prosječne gustoće koji su dobiveni pomoću formula za statički kapacitet vozila. Gustoća stajacih putnika koja se sastoji od broja sjedećih mjesta (s), stajace površine (p) i broja putnika (c) iznosi:

$$g = \frac{c - s}{p} \quad (1)$$

Nulta gustoća stajaćih putnika iznosi:

$$g_0 = -\frac{s}{p} \quad (2)$$

Kapacitet u tom slučaju iznosi:

$$c = s + p * g \quad (3)$$

Grafikon 8. Popunjenost u autobusu (vrijednosti gustoća)



Nulta gustoća $g(0)$ označena žutom bojom predstavlja gustoću pri kojoj je vozilo prazno, a dobije se kao omjer broja sjedećih mjesta koji iznosi 46 i stajaće površine koja iznosi 27,5 te u ovom slučaju iznosi $-1,7$ [put/m²]. Prosječna gustoća $g(pr)$ označena zelenom bojom nije aritmetička sredina nego uzima u obzir duljine razmaka između stajališta i gustoće stajaćih putnika g te iznosi $-0,3$ [put/m²]. Vrijednosti gustoće stajaćih putnika označene narančastom bojom su pozitivne sve do stajališta Bolnica Vrapče kada nastupaju negativne vrijednosti što znači da su do tada sva raspoloživa sjedeća mjesta bila zauzeta. Najveća vrijednost gustoće stajaćih putnika je $0,6$ put/m² od stajališta MUP do stajališta Roginina, a najmanja vrijednost gustoće stajaćih putnika je $-1,1$ put/m² od stajališta Čileanska-Peruanska do stajališta Bolnička-Gospodska. Kapacitet autobusa jednak je najvećem broju putnika pri punom iskorištenju predviđenih putničkih mjesta (stajaća i sjedeća) [10]. Iskorištenost odnosno popunjenost kapaciteta je 45% za smjer A-B, a 32% za smjer B-A. Postoci su dobiveni za slučajeve ako se uzme popunjenost vozila od 100% pri 4 putnika po metru kvadratnom.

6 KARAKTERISTIKE PUTNIČKIH TOKOVA

Brojenjem ulazaka i izlazaka putnika dobivaju se informacije o protoku putnika na liniji. Značajka protoka putnika na liniji je neravnomjernost protoka (n_q) [5]. Kako bi se odredilo stvarno opterećenje linije neravnomjernost protoka putnika može se izračunati kao omjer maksimalnog protoka i prosječnog protoka putnika:

$$n_q = \frac{q_{max}}{q_{pr}} \quad (4)$$

Na temelju dobivenih podataka iz poglavlja 5. izračunate su vrijednosti za koeficijent neravnomjernosti protoka, koeficijent izmjene putnika, prosječni protok i prosječna duljina vožnje.

Smjer Gajnice:

Ukupan broj putnika: $P_{uk} = 70$

Duljina linije: $L = 5672$ m

Maksimalni protok putnika: $q_{max} = 63$

Ukupan protok: $q = 497$

Prosječan protok: $q_{pr} = \frac{\Sigma q}{c} = \frac{497}{11} = 45,18$

Koeficijent neravnomjernosti protoka: $n_q = \frac{q_{max}}{q_{pr}} = \frac{63}{45,18} = 1,39$

Koeficijent izmjene: $\eta_{iz} = \frac{P_{uk}}{q_{max}} = \frac{70}{63} = 1,11$

Prosječna duljina vožnje: $l_{srv} = \frac{l}{\eta_{iz} * \eta_q} = \frac{5,7}{1,11 * 1,39} = 3,69$ km

Smjer Črnomerec:

Ukupan broj putnika: $P_{uk} = 50$

Duljina linije: $L = 5149$ m

Maksimalni protok putnika: $q_{max} = 36$

Ukupan protok: $q = 279$

Prosječan protok: $q_{pr} = \frac{\Sigma q}{c} = \frac{279}{10} = 27,9$

Koeficijent neravnomjernosti protoka: $n_q = \frac{q_{max}}{q_{pr}} = \frac{36}{27,9} = 1,29$

Koeficijent izmjene: $\eta_{iz} = \frac{P_{uk}}{q_{max}} = \frac{50}{36} = 1,38$

Prosječna duljina vožnje: $l_{srv} = \frac{l}{\eta_{iz} * \eta_q} = \frac{5,15}{1,38 * 1,29} = 2,89$ km

Prosječan protok je omjer ukupnog protoka putnika i broja stajališta na liniji te je on

za smjer terminala Gajnice očekivano veći. Koeficijent izmjene predstavlja odnos ukupnog broja putnika i maksimalnog protoka putnika. Najmanja vrijednost koeficijenta izmjene u pravilu je jedan, a maksimalna vrijednost se odnosi na situaciju potpune izmjene putnika na svim međustajalištima [5]. Prosječna duljina vožnje predstavlja udaljenost na kojoj se preveze prosječni putnik tijekom jedne vožnje te je ona u ovom slučaju veća u smjeru Gajnica i iznosi 3,69 kilometara. S obzirom na dobivene vrijednosti koeficijenta neravnomjernosti protoka može se reći da je iskorištenost linije zadovoljavajuća jer što je veća neravnomjernost protoka iskorištenost je manja. Što se tiče koeficijenta izmjene putnika koji je u oba smjera malen što je normalno za šire gradsko područje, ukazuje na to da je na liniji i u popodnevnim vršnim satima brza izmjena putnika.

7 ZAKLJUČAK

Ovim radom je obuhvaćena prometno-tehnička analiza autobusne linije 121 Črnomerec-Karažnik-Gajnice u nadležnosti Zagrebačkog električnog tramvaja na području grada Zagreba . Područje obuhvata linije nalazi se u zapadnom dijelu grada u kojem se nalaze naselja Kustošija, Vrapče, Stenjevec, Gajnice. Glavna ulica kojom prolazi linija 121 je Ilica koja je najfrekventnija na tom području te spaja istok i zapad grada. Ukupna duljina cijele linije je 10821 metar, a na liniji se nalazi 12 stajališta.

Brojenjem putnika koje je provedeno 06.06.2018. te 14.06.2018 u periodu popodnevnih vršnih sati (od 16:20 do 17:00) te gore navedenih podataka, ukupan broj prevezenih putnika 06.06.2018. za smjer Gajnica je 70, a za smjer Črnomerca 50 putnika dok je 14.06.2018. za smjer Gajnica ukupan broj putnika 59, a u smjeru Črnomerca 53.

Vremena unutar obrta se razlikuju za svaki smjer. Vrijeme vožnje za smjer Gajnice je duže od vremena vožnje za smjer Črnomerec dok je vrijeme zadržavanja na stajalištima duže u smjeru Črnomerca. Sukladno tome brzine vožnje i brzine putovanja u smjeru terminala Gajnice su manje za razliku od smjera Črnomerec.

Na temelju provedene analize i dobivenih vrijednosti vidljivo je veće iskorištenje linije u smjeru terminala Gajnice nego u suprotnom smjeru. S obzirom da je mjerenje obavljeno u poslijepodnevnom vršnom opterećenju može se zaključiti da je udobnost u busu zadovoljavajuća što pokazuje popunjenost stajaće površine koja u nijednom trenutku ne prelazi maksimalnu vrijednost. Autobusna linija 121 Črnomerec-Karažnik-Gajnice je jako bitna za taj dio grada zato što prolazi kroz četiri naselja koja su gusto naseljena i u kojima se nalazi nekoliko osnovnih škola, vrtića, trgovačkih objekata, stambenih zgrada itd. Prednost linije je velik broj polazaka tijekom radnog dana koji je zadovoljavajući u odnosu na putničku potražnju i trasa linije koja direktno prolazi kroz naselja Vrapče, Stenjevec i Gajnice te tako omogućuje putnicima koji žive u blizini kratko vrijeme pješaćenja do stajališta. Najveći nedostatak koji se može izdvojiti je veliko prometno zagušenje u jutarnjim vršnim satima na dijelu linije od Vrapčanske ulice do priključenja na Ilicu zbog velikog priljeva vozila koji automatski smanjuje brzinu putovanja linije 121. Rješenje za taj problem je omogućiti da se vozila priključe na Ilicu iz više pravaca te tako smanje opterećenje na raskrižju koje je samo po sebi jedno od opterećenijih u gradu Zagrebu u jutarnjim i popodnevnim vršnim satima.

LITERATURA

- [1] URL: <https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/13421>, (pristupljeno: srpanj 2018)
- [2] Google Earth Pro, (pristupljeno: srpanj 2018)
- [3] URL:
<https://www.google.com/maps/@45.8157798,15.9029269,2641m/data=!3m1!1e3>,
(pristupljeno: srpanj 2018)
- [4] Štefančić, G.: Tehnologija gradskog prometa II, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2010.
- [5] Štefančić, G.: Tehnologija gradskog prometa 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
- [6] Osnove tehnologije prometa: Gradski promet, Marijan Rajsman, Zagreb, 2012
- [7] URL: <http://www.zet.hr/autobusni-prijevoz/dnevne-linije-251/251>, (pristupljeno: srpanj 2018)
- [8] URL: http://www.zet.hr/raspored-voznji/325?route_id=121, (pristupljeno: srpanj 2018)
- [9] URL: <http://www.zet.hr/>, (pristupljeno: srpanj 2018)
- [10] Rajsman M. TEHNOLOGIJA PRIJEVOZA PUTNIKA U CESTOVNOM PROMETU. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2017.

POPIS SLIKA

Slika 1. Ruta autobusne linije 121 zabilježena GPS lokatorom [2].....	4
Slika 2. Gravitacijsko područje autobusne linije 121 [3].....	4
Slika 3. Vrste linije prema načinu pružanja u odnosu na granice grada [5].....	5
Slika 4. Trasa autobusne linije 121 [7].....	6
Slika 5. Polazno stajalište autobusne linije 121 – terminal Črnomerec.....	7
Slika 6. Zadnje stajalište – okretište Park 101. brigade.....	7
Slika 7. Vozni red autobusne linije 121 [8].....	10

POPIS TABLICA

Tablica 1. Međustajališna udaljenost u odnosu na gustoću naseljenosti [5].....	8
Tablica 2. Izmjerene međustajališne udaljenosti u smjeru terminala Gajnice.....	9
Tablica 3. Izmjerene međustajališne udaljenosti u smjeru terminala Črnomerec.....	9
Tablica 4. Podaci o broju ulaska i izlaska putnika u smjeru Gajnica (06.06.2018.)....	15
Tablica 5. Podaci o broju ulaska i izlaska putnika u smjeru Črnomerca (06.06.2018.).....	15
Tablica 6. Podaci o broju ulaska i izlaska putnika u smjeru Gajnica (14.06.2018.)...	16
Tablica 7. Podaci o broju ulaska i izlaska putnika u smjeru Črnomerca (14.06.2018.).....	16

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Vrijeme vožnje i zadržavanja na stajalištima i terminalima u oba smjera.....	11
Grafikon 2. Zadržavanja i vožnje izraženi u postocima za smjer Gajnice.....	12
Grafikon 3. Zadržavanja i vožnje izraženi u postocima za smjer Črnomerec.....	12
Grafikon 4. Prikaz brzine vožnje i putovanja.....	13
Grafikon 5. Prikaz broja putnika 06.06.2018 i 14.06.2018.....	17
Grafikon 6. Prikaz izmjene putnika u smjeru terminala Gajnice.....	18
Grafikon 7. Prikaz izmjene putnika u smjeru terminala Črnomerec.....	18
Grafikon 8. Popunjenost u autobusu (vrijednosti gustoća).....	20



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom **Prometno-tehnička analiza autobusne linije 121 Črnomerec-Kara-**
žnik-Gajnice u Zagrebu

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

U Zagrebu, _____ 7.9.2018 _____

Student/ica:

Potalo

(potpis)