

Utjecaj prometno-tehničkih elemenata ceste na propusnu moć i sigurnost cestovnog prometa

Brkljača, Anđela

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:119:740150>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-27**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Anđela Brkljača

UTJECAJ PROMETNO-TEHNIČKIH ELEMENATA CESTE
NA PROPUSNU MOĆ I SIGURNOST CESTOVNOG
PROMETA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Zagreb, 4. travnja 2019.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**
Predmet: **Teorija prometnih tokova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5195

Pristupnik: **Andela Brkljača (0319001400)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj prometno-tehničkih elemenata ceste na propusnu moć i sigurnost cestovnog prometa**

Opis zadatka:

U diplomskom radu potrebno je definirati značenje propusne moći i objasniti kako pojedini prometno-tehnički elementi ceste utječu na propusnu moć i sigurnost cestovnog prometa. Također, potrebno je analizirati prometno-tehničke elemente na određenoj dionici te utvrditi stanje sigurnosti prometa na istoj. Na temelju analiziranog, potrebno je dati prijedlog rješenja kojim će se poboljšati prometno-tehnički elementi.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Grgo Luburić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ PROMETNO-TEHNIČKIH ELEMENATA CESTE NA
PROPUSNU MOĆ I SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA**

**INFLUENCE OF TRAFFIC AND TECHNICAL ELEMENTS OF THE
ROAD ON THE CAPACITY AND ROAD TRAFFIC SAFETY**

Mentor: prof.dr.sc. Grgo Luburić

Student: Anđela Brkljača

JMBAG: 0319001400

Zagreb, rujan 2019.

UTJECAJ PROMETNO-TEHNIČKIH ELEMENATA CESTE NA PROPUSNU MOĆ I SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

SAŽETAK

Prometna potražnja, u većini slučajeva, svake godine sve je veća, a kapaciteti prometnica su ograničeni. Postoje razne metode prognoziranja prometne potražnje te je u skladu s time potrebno planirati prometnu infrastrukturu. Elemente poprečnog presjeka ceste potrebno je oblikovati u skladu s namjenom i značenjem ceste, a u gradskim područjima potrebno je posebnu pozornost obratiti potrebi za izgradnjom i rekonstrukcijom pješačkih i biciklističkih staza. Svi ti elementi imaju određeni utjecaj na propusnu moć prometnice i sigurnost prometa. U ovom radu analiziran je utjecaj prometno-tehničkih elemenata ceste na odvijanje prometa na Vukomerečkoj cesti u gradu Zagrebu. Podaci o prometnom toku dobiveni su temeljem brojanja prometa te su zatim upotrijebljeni za razne analize te prijedlog novog rješenja na navedenoj prometnici.

KLJUČNE RIJEČI: propusna moć; sigurnost prometa; brojanje prometa; autobusno stajalište

SUMMARY

In the most cases, traffic demand is increasing every year but capacities of the roads are limited. There are various methods used to predict traffic demand and so traffic infrastructure needs to be planned accordingly. Cross-section elements of the road need to be designed in accordance with the purpose and meaning of the road and in urban areas special attention should be paid to the need for construction and reconstruction of pedestrian and bicycle paths. All these elements have some influence on the road capacity and traffic safety. This master's thesis analyzes the influence of traffic and technical elements of the road on traffic flow on Vukomerečka cesta in the city of Zagreb. Traffic flow data were obtained by traffic counting and then were used for various analyzes and for making a new solution on the specified road.

KEYWORDS: road capacity; traffic safety; traffic counting; bus stop

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ELEMENTI POPREČNOG PRESJEKA CESTE	3
2.1. Prometni i rubni trakovi	3
2.2. Bankine	5
2.3. Zaustavni trak	6
2.4. Trak za sporu vožnju	7
2.5. Razdjelni pojas	8
2.6. Biciklističke i pješačke staze	8
3. PROPUSNA MOĆ PROMETNICA	9
3.1. Osnovni parametri prometnog toka	9
3.1.1. Protok vozila	9
3.1.2. Gustoća prometnog toka	10
3.1.3. Brzina prometnog toka	11
3.2. Odnosi između triju osnovnih parametara prometnog toka	12
3.3. Određivanje propusne moći	15
4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA NA VUKOMEREČKOJ CESTI U GRADU ZAGREBU	19
4.1. Pregled dionice po lokacijama	20
4.2. Analiza brojanja prometa	34
4.3. Zadržavanje autobusa na stajalištu	44
4.4. Pješaci i biciklisti	47
4.5. Prostorno-planska dokumentacija	49
5. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA PROMETNO-TEHNIČKIH ELEMENATA	51
6. EVALUACIJA PREDLOŽENOG RJEŠENJA	60
7. ZAKLJUČAK	67
LITERATURA	68
POPIS SLIKA	70
POPIS TABLICA	71
POPIS GRAFIKONA	72
POPIS PRILOGA	73

1. UVOD

Propusna moć uvelike ovisi o prometno-tehničkim elementima ceste. Prometni trak, kao jedan od elemenata poprečnog presjeka ceste, a naročito njegova širina, ima jedan od većih utjecaja na propusnu moć. Širina prometnog traka u pravilu je veća što je veća brzina prometnog toka. Da bi širina prometnice bila adekvatna i da bi zadovoljavala prometne potrebe na duži vremenski period, potrebno je kvalitetno prognoziranje prometa. Također, potrebno je uzimati u obzir mjesto kud prometnica prolazi. Za razliku od naseljenih mjesta, izvan naselja nema većih prostornih ograničenja.

Prometno-tehnički elementi koji utječu na propusnu moć, isto tako utječu i na sigurnost cestovnog prometa. Sigurnost prometa najviše se ogleda u broju i vrsti prometnih nesreća na nekom području. U svrhu otklanjanja takvih područja, potrebno je razmatranje koji su uopće uzroci koji pridonose nastajanju prometnih nesreća. Ako se utvrdi da su među uzrocima prometno-tehnički elementi, potrebno je naći rješenje kojim će se ti elementi poboljšati.

Na Vukomerečkoj cesti u gradu Zagrebu izvršena je analiza određenih lokacija te su utvrđeni neki nedostaci u prometno-tehničkim elementima. Ti elementi imaju značajan utjecaj na propusnu moć i sigurnost prometa na toj prometnici, a u ovom radu dat će se prijedlog poboljšanja tih elemenata.

Rad je podijeljen na sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Elementi poprečnog presjeka ceste
3. Propusna moć prometnica
4. Analiza postojećeg stanja na Vukomerečkoj cesti u gradu Zagrebu
5. Prijedlog poboljšanja prometno-tehničkih elemenata
6. Evaluacija predloženog rješenja
7. Zaključak

U drugom poglavlju navode se i objašnjavaju elementi poprečnog presjeka ceste. Posebno se daju dimenzije pojedinih elemenata presjeka na javnim cestama, a posebno na mreži gradskih prometnica.

Treće poglavlje daje uvid u propusnu moć prometnica odnosno metodologiju izračuna propusne moći. Definiraju se osnovni parametri prometnog toka kao i fundamentalna veza između njih.

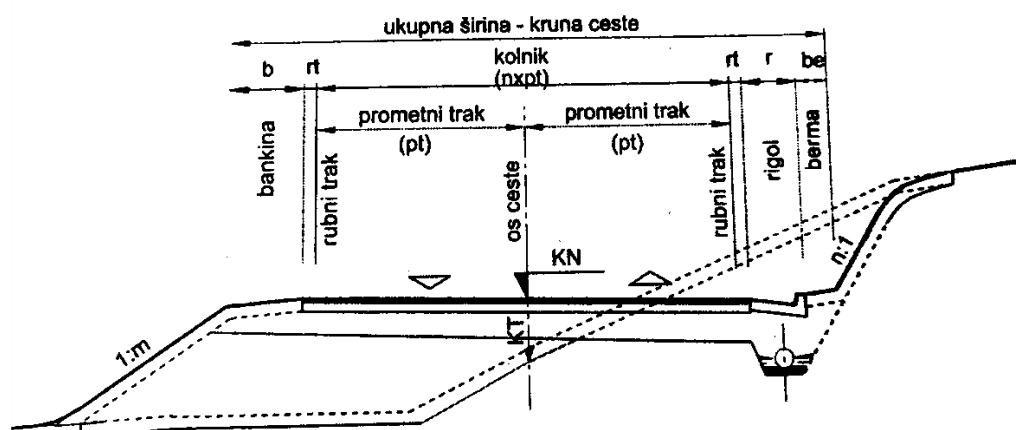
U četvrtom poglavlju prelazi se na praktični dio diplomskog rada, a u svrhu toga odabrana je Vukomerečka cesta u gradu Zagrebu. Na slikama se prikazuju dijelovi dionice po najvažnijim lokacijama te se definiraju postojeći nedostaci. Na temelju podataka dobivenih brojanjem prometa vrše se prometne analize.

U petom poglavlju, gledajući problematične lokacije iz prethodnog poglavlja, daje se prijedlog rješenja za poboljšanje prometno-tehničkih elemenata. Prijedlog se većinskim dijelom odnosi na izgradnju autobusnog ugibališta umjesto postojećeg stajališta na kolniku te na proširenje kolnika u zavoju.

U šestom poglavlju pregledava se učinkovitost datog rješenja primjenom simulacijskog alata. Može se vidjeti koliko je novo rješenje bolje od prethodnog te kako novo rješenje utječe na odvijanje prometnog toka.

2. ELEMENTI POPREČNOG PRESJEKA CESTE

Poprečni presjek ceste polazna je projekcija ceste u prometno-tehničkom, uporabnom i troškovnom pogledu, a kategorije elemenata koje sadrži su uporabno-prometna te nosivo-konstruktivna, koja nema izravnu prometnu svrhu. Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste su: prometni trak, rubni trak, bankina odnosno berma te rigol ili jarak kao uređaji za odvodnju, a prikazani su na slici 1.



Slika 1. Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste [1]

Poprečni presjek ceste može sadržavati i druge elemente kao što su: trak za stajanje, trak za spora vozila, razdjelni pojas, trak za bicikliste, hodnik za pješake te trakove za usmjerivanje, usporenje i ubrzanje u području raskrižja. [1]

2.1. Prometni i rubni trakovi

Prometni trak je obilježeni ili neobilježeni uzdužni dio kolnika čija je širina dovoljna za nesmetan promet jednog reda motornih vozila u jednom smjeru. [2] Kolnik može sadržavati jedan ili više prometnih trakova te njegova širina ovisi o širini prometnih trakova. Broj prometnih trakova određuje se prema značenju ceste, gustoći prometa i zahtijevanoj propusnoj moći ceste. Širina prometnog traka, u pravilu, ovisi o širini mjerodavnog vozila i bočnom sigurnosnom razmaku između vozila, a taj razmak ovisi o brzini. Dakle, širina prometnog traka bit će veća što je veća brzina prometnog toka. Prema Pravilniku o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa,

širina prometnog traka određuje se na temelju projektne brzine, razreda ceste i konfiguracije terena. [3] U tablici 1. prikazane su širine prometnih trakova za razne projektne brzine.

Tablica 1. Širina prometnog traka za razne projektne brzine

V_p (km/h)	≥ 120	100	90	80	70	60	50	40
\check{S} (m)	3,75	3,50	3,50	3,25	3,00	3,00	3,00 (2,75)	2,75 (2,50)

Izvor: [3]

Promatrajući prometnice primarne i sekundarne gradske mreže, prometni trakovi također služe za prometovanje osobnih i teretnih motornih vozila te autobusa i trolejbusa u slučaju kada nisu izvedeni dodatni trakovi za javni promet. U tablici 2. predočene su okvirne širine prometnih trakova za razne razrade prometnica u naseljima. [4]

Tablica 2. Minimalne širine prometnih trakova u naseljima

Vrsta ceste	Pristup (P)	Ulica (U)	Glavna ulica (GU)	Avenija (A)	Ceste visokog učinka – gradske autoceste i brze ceste (CVU – AC/BC)
V_r (km/h)	≤ 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	> 100
\check{s} (m)	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75

Izvor: [4]

Nepropisna širina kolnika velika je opasnost za sigurnost prometa, a osobito pri prolasku teretnih vozila. Mnoga istraživanja dokazala su da se povećanjem širine prometnih trakova broj nesreća smanjuje. Tablica 3. pokazuje kako se broj prometnih nesreća smanjuje s povećanjem širine kolnika s dva prometna traka na kojima se odvija promet u oba smjera. [5]

Tablica 3. Broj prometnih nesreća u ovisnosti o širini kolnika

Širina kolnika s dva traka (m)	4,5-5,5	5,5-6,5	6,5-7,5	7,5-8,5	$> 8,5$
Broj nesreća na milijun prijeđenih kilometara	7,40	5,70	4,84	3,80	2,45

Izvor: [5]

Rubni trak učvršćeni je dio cestovnog presjeka između bankine i kolnika ili između kolnika i staze za bicikle, mopede ili pješake. [1] Njegova svrha je sigurno obrublivanje kolnika i iscrtavanje horizontalne signalizacije. Rubni trakovi ne uračunavaju se u širinu

prometnog traka, a grade se s obje strane kolnika i predviđeni su kao granični vizualni elementi u funkciji sigurnosti prometa. Izvode se neprekinuto u istoj širini na cijeloj dionici za koju je utvrđen normalni profil: uz uzdignuti rubnjak, na objektima, tunelima i uz betonsku zaštitnu ogradu. Poprečni nagib rubnih trakova uvijek je jednak poprečnom nagibu kolnika. [3] Rubni trakovi daju uporište zastoru kolnika i sprečavaju prodiranje oborinske vode do planuma. Na cestama bez rubnih trakova, rub kolnika obično je zarastao travom s bankine i pokriven raznim nečistoćama. Zbog toga vozači izbjegavaju vožnju uz rub kolnika te se tako smanjuje sigurnost prometa. [6] Širina rubnog traka je u ovisnosti o širini prometnog traka, što je prikazano u tablici 4.

Tablica 4. Odnos širine rubnog traka i prometnog traka

Prometni trak (m)	Rubni trak (m)
3,75	0,50
3,50	0,35
3,25-3,00	0,30
2,75	0,20

Izvor: [1]

Rubni trakovi mogu se izvoditi kao posebni elementi ili kao proširenje kolničke konstrukcije uz označivanje rubnom crtom. Širine rubnih crta iznose:

- 0,15 m za računske brzine $V_r > 100$ km/h
- 0,10 m za računske brzine $V_r \leq 100$ km/h

Rubna crta između prometnog i zaustavnog traka širine je 0,20 m. [1]

2.2. Bankine

Bankina je neutvrđeni ili utvrđeni dio ceste koji se nalazi neposredno uz rubni trak, na dijelu ceste u nasipu ili zasjeku. Izgrađena je od zemljanog materijala i zasijana je travom. Bankina predstavlja sigurnosni element poprečnog presjeka ceste, a služi za smještaj prometnih znakova, smjerokaznih stupića, stacionažnih oznaka, zaštitnih ograda te za odlaganje materijala za održavanje, zaustavljanje vozila u nuždi, a iznimno za promet pješaka. Širina bankine određuje se na temelju širine prometnog traka, što je prikazano u tablici 5., a bankina uz zaustavni trak ne bi trebala biti šira od jednog metra.

Tablica 5. Odnos širine bankine i prometnog traka

Širina prometnog traka (m)	Širina bankine (m)
3,75	1,50
3,50	
3,25	1,20
3,00	1,00
2,75	

Izvor: [1]

Na nasipu se obje bankine izvode s nagibom na vanjsku stranu, s time da viša bankina ima nagib 4%, a niža isti kao kolnik, ali ne manji od 4% ako je riječ o stabiliziranoj bankini, odnosno 7% ako je bankina nestabilizirana. Bankina se u usjeku izvodi kao berma, neposredno uz rigol, a nagib berme iznosi 5-6% u smjeru prema rigolu. [1] Izrada bankina znatno pridonosi povećanju sigurnosti prometa te se smanjuje broj prometnih nesreća, što je prikazano u tablici 6.

Tablica 6. Broj prometnih nesreća u ovisnosti o širini bankine

Širina bankine (m)	0	0,6-0,9	1,2-1,5	1,8-2,1	>2,4
Broj nesreća na milijun prijeđenih kilometara	2,14	1,56	1,12	1,12	1,03

Izvor: [5]

Berma služi za povećanje horizontalne preglednosti u zavoju, za otklanjanje neugodnog dojma kojeg na vozača ostavlja blizina kosine usjeka i za postavljanje prometnih znakova. Širina berme u pravcu je jedan do dva metra, iznimno pola metra, a u zavoju ovisi o veličini otvaranja usjeka radi osiguranja preglednosti. Rigoli se izvode uz rub kolnika, a služe za preuzimanje površinske vode te odvodnju. Širina trokutastih rigola je u rasponu od 0,60 do 0,90 metara s poprečnim nagibom 10-15%. [6]

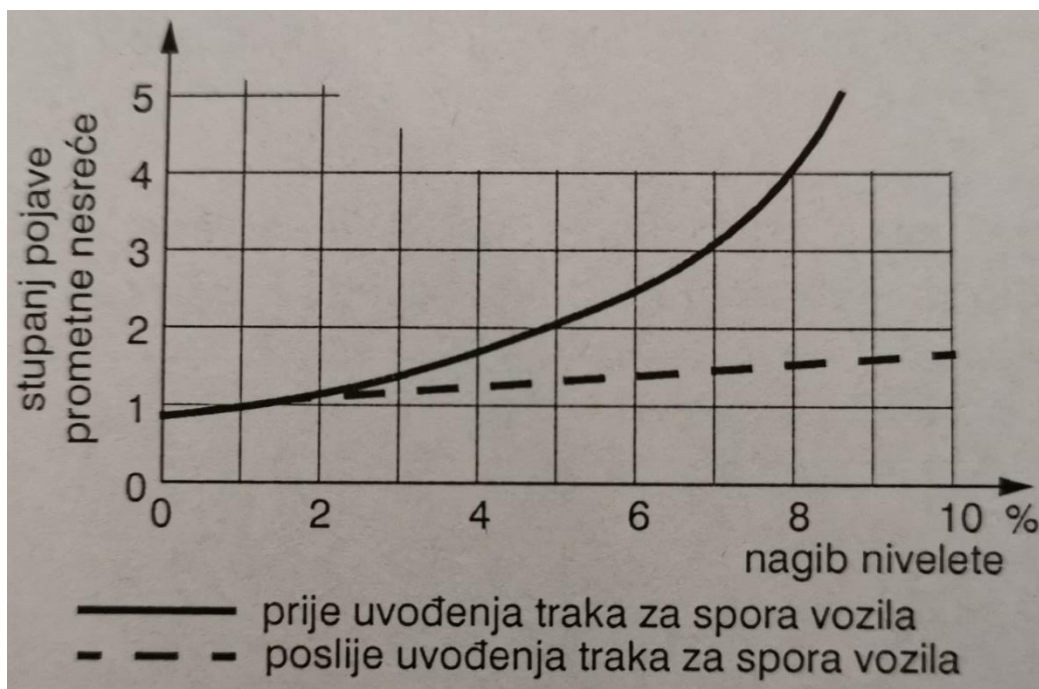
2.3. Zaustavni trak

Trakove za zaustavljanje potrebno je predvidjeti na autocestama, a po potrebi i na cestama 1. razreda. Služe za zaustavljanje vozila radi kvara, slabosti vozača ili nekih drugih razloga. Izvode se neprekinuto, osim u tunelima ili na dugim mostovima, a na otvorenim potezima se mogu prekidati samo ako postoje čvrsti ekonomsko-tehnički razlozi. Širina

zaustavnog traka iznosi 2,50 m , a iznimno može iznositi 1,75 m na brzim cestama ili na cestama 1. razreda s četiri prometna traka. Zaustavni trak izvodi se neposredno uz rubni trak ili uz rubnu crtu s desne strane kolnik, a poprečni nagib je istog smjera kao i kolnik. Trak uz viši rub kolnika ima minimalni poprečni nagib kao kolnik (minimalni nagib je 2,5%). [1]

2.4. Trak za sporu vožnju

Na području većih ili duljih uspona na autocestama i cestama 1. i 2. razreda uz kolnik, izvode se posebni trakovi za sporu vožnju jer teža vozila gube na brzini i ometaju ostali promet. Zbog toga, ako nije omogućeno pretjecanje, i ostala vozila moraju smanjiti brzinu čime se smanjuje sigurnost i propusna moć ceste. Širina traka za sporu vožnju je od 3,0 m do 3,25 m, a poprečni nagib jednak je kao i na prometnim trakovima. Kritična brzina za teretna vozila iznosi oko 50 km/h te početak odnosno završetak traka za spora vozila treba biti na mjestu postizanja te kritične brzine. [1] Na slici 2. vidi se smanjenje stupnja pojave prometne nesreće poslije uvođenja traka za spora vozila.



Slika 2. Stupanj pojave prometne nesreće prije i poslije uvođenja traka za spora vozila [5]

Na gradskim prometnicama trakovi za sporu vožnju izvode se na dionicama s većim prometnim opterećenjem, uzdužnog nagiba trase većeg od 3%. Uobičajena širina im je 3,50 m. [4]

2.5. Razdjelni pojas

Razdjelni pojas predviđen je na autocestama i na cestama s dva kolnika. Sadrži razdjelne ograde, uređaje za odvodnju, stupove rasvjete i signalizacije, a osnovna svrha razdjelnog pojasa je razdvajanje nasuprotnih prometnih tokova. Širina razdjelnog pojasa iznosi 4,0 m na autocestama u nizinskom terenu, a u ostalim slučajevima iznosi 3,0 m. Na cestama 1. razreda razdjelni trak može iznositi 2,0 m. Također, mjesta za parkiranje vozila na odmorištima uz autoceste trebaju biti odvojena od kolnika razdjelnim pojasom. [1]

Razdjelni trakovi kod poprečnog presjeka gradskih primarnih prometnica služe za razdjeljivanje prometnih sadržaja po namjeni, sigurnosnu zaštitu korisnika, prometno-tehničku opremu, komunalne vodove i ostalo. S obzirom na svrhu i položaj u poprečnom presjeku mogu se razvrstati na središnje i rubne bočne razdjelne trakove. Središnji razdjelni trakovi izvode se sa svrhom odvajanja kolnika s nasuprotnim prometnim tokovima koji imaju visoko opterećenje, odnosno više od 10000 vozila u danu po smjeru. Najmanja širina razdjelnog pojasa je 2,0 m. Rubni razdjelni trakovi razdvajaju automobilski i nemotorizirani promet, a služe i estetskoj te zaštitno-ekološkoj svrsi. Obično se ozelenjuju te je dostatna širina 2,0 m, a za sadnju drvoreda prihvaća se širina preko 4,0 m. [4]

2.6. Biciklističke i pješačke staze

Biciklističke staze grade se na cestama za mješoviti promet i to ako se ustanovi potreba za građenjem iste. Odvajaju se od kolnika visinski ili iznimno razdjelnim trakom. [1] Širina jednog biciklističkog traka je 1,0 m. [3]

Pješačke staze trebaju omogućiti siguran promet na cestama s dopuštenim pješačkim prometom. Na mjestima gdje je izražen pješački promet potrebno je ispitati izradu zasebnog pješačkog hodnika ili staze, odijeljeno od kolnika visinski ili rubnim trakom, a najbolje rješenje je odvajanje pješačke staze razdjelnim pojasom. [1]

3. PROPUSNA MOĆ PROMETNICA

Propusna moć ceste, odnosno kapacitet, predstavlja najveći broj vozila koja mogu proći u jedinici vremena kroz promatrani presjek ceste, a kod određivanja propusne moći ceste polazi se od propusne moći jednog prometnog traka. [1] Praktična propusna moć dionice ceste podrazumijeva maksimalni protok vozila kojeg dionica ceste na odsjeku s najnepovoljnijim tehničko-eksploatacijskim karakteristikama i realnim karakteristikama prometnog toka u povoljnim vremenskim uvjetima može propustiti u jedinici vremena u jednom smjeru, odnosno za dvotračne i trotračne ceste za dvosmjerni promet u oba smjera. Dionica ceste predstavlja dio prometnog pravca između dva uzastopna prometna čvora. Na dionicama cesta vladaju uvjeti neprekinutog prometnog toka. Odsjek predstavlja dio dionice ceste s homogenim tehničko-eksploatacijskim karakteristikama.

Uzimajući u obzir da prometni trak predstavlja dio ukupnog poprečnog profila ceste, kapacitet prometnog traka ima značenje elementarnog kapaciteta prometne dionice odnosno odsjeka. Međutim, zbog interakcije prometnih tokova, kapacitet dionice ceste ne predstavlja jednostavan zbroj kapaciteta prometnih trakova. Teoretski, pojam kapaciteta prometnog traka vezan je za maksimalni protok jednog niza u jednom smjeru u jedinici vremena, što je poznato kao zasićeni tok. [7]

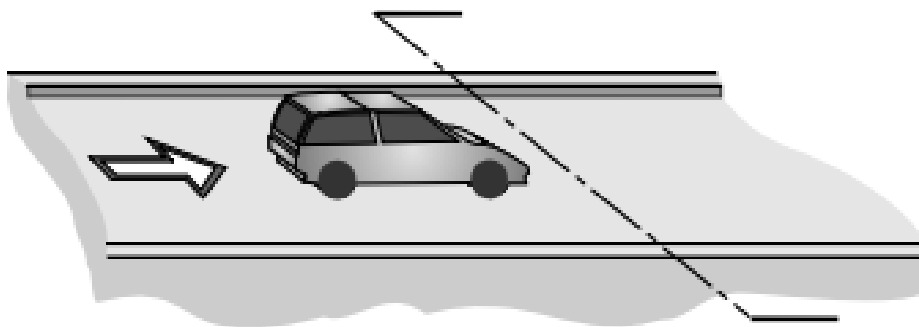
3.1. Osnovni parametri prometnog toka

Prometni tok definira se kao kretanje više vozila na putu u određenom poretku. Za opisivanje prometnih tokova i zakonitosti kretanja motornih vozila u prometnim tokovima na cestama neophodno je definirati pokazatelje koji se u teoriji prometnog toka nazivaju osnovni parametri prometnog toka ili osnovne veličine prometnog toka. [8]

3.1.1. Protok vozila

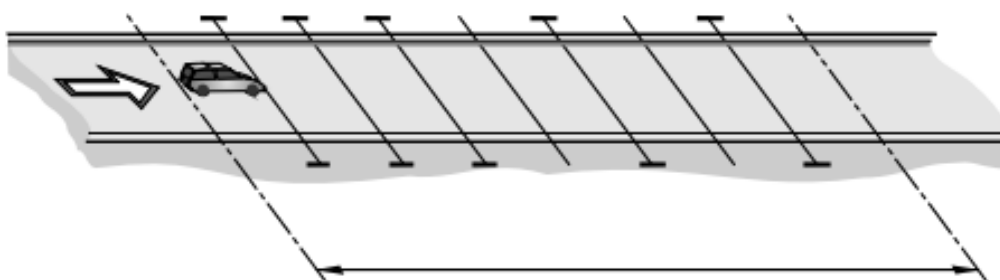
Protok vozila predstavlja broj vozila koja prođu kroz promatrani presjek ceste u jedinici vremena u jednom smjeru za jednosmjerne ceste odnosno u oba smjera za dvosmjerne ceste. Sa stajališta realnih tokova, ovisno o načinu promatranja u odnosu na prostor, razlikuje se:

- a) protok vozila na presjeku (dijela ili dionice) ceste koji predstavlja protok koji se ostvaruje na promatranom presjeku (dijela ili dionice) ceste u jedinici vremena, što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Protok vozila na presjeku ceste [8]

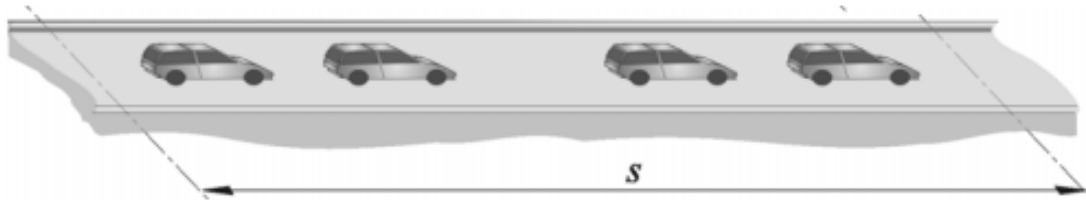
- b) protok vozila na dijelu ili dionici ceste koji predstavlja aritmetičku sredinu protoka na n - presjeka na dijelu ili prometnoj dionici, gdje $n \rightarrow \infty$, prikazano na slici 4. [8]



Slika 4. Protok vozila na dionici ceste [8]

3.1.2. Gustoća prometnog toka

Gustoća prometnog toka predstavlja broj vozila na jedinici duljine prometnice, po prometnoj traci i po smjerovima za jednosmjerne prometnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne prometnice, što je prikazano na slici 5.



Slika 5. Gustoća prometnog toka [8]

Gustoća je prostorno vezana za odsjek ili prometnu dionicu, a vremenski za trenutno stanje. Uzimajući u obzir vremenski period u kojem se promatra, gustoća prometnog toka može predstavljati broj vozila po jedinici dužine promatranog odsjeka (dionice) u trenutku promatranja g (voz/km), što je predstavljeno formulom (1). [8]

$$g = \frac{N}{s} \left(\frac{\text{voz}}{\text{km}} \right) \quad (1)$$

gdje je:

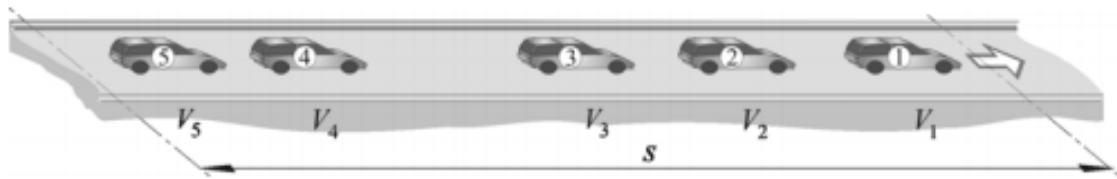
N - broj vozila u prometnom toku na promatranom dijelu puta u određenom trenutku;

s - duljina dijela u kilometrima.

3.1.3. Brzina prometnog toka

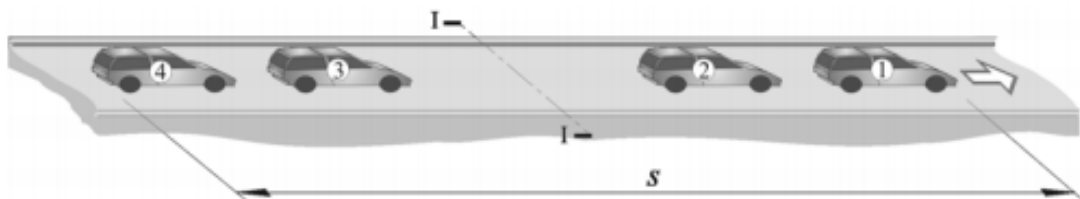
Brzina prometnog toka predstavlja određenu srednju vrijednost brzina svih vozila koja sudjeluju u promatranom prometnom toku. Ovisno o načinu promatranja protoka u odnosu na prostor i vrijeme, a s obzirom i na značenja pojmova protoka vozila i gustoće toka uspostavljena su dva pojma za definiranje brzine prometnog toka kao odgovarajuće srednje vrijednosti brzina svih vozila koja čine promatrani prometni tok, a to su srednja prostorna brzina toka i srednja vremenska brzina toka.

Srednja prostorna brzina prometnog toka označava aritmetičku sredinu trenutnih brzina svih vozila u prometnom toku na promatranom odsjeku puta, a još se naziva i srednja trenutna brzina. Srednja prostorna brzina toka, s gledišta prostornog promatranja predstavlja brzinu na dionici ceste, a s gledišta vremenskog promatranja predstavlja trenutnu brzinu toka. Mjerenje srednje prostorne brzine često se naziva trenutno promatranje (mjerenje) na odsjeku puta. [8]



Slika 6. Srednja prostorna brzina [8]

Srednja vremenska brzina prometnog toka predstavlja aritmetičku sredinu brzina svih vozila u prometnom toku koja prolaze kroz promatrani presjek puta, u određenom vremenskom periodu. Mjerenje brzina vozila na promatranom presjeku puta, kao i takvo utvrđivanje srednje vremenske brzine prometnog toka, naziva se lokalno mjerenje ili promatranje. [8]



Slika 7. Srednja vremenska brzina [8]

3.2. Odnosi između triju osnovnih parametara prometnog toka

Fundamentalnu vezu između triju osnovnih parametara prometnog toka treba shvatiti kao ishodišnu u smislu teorijskog objašnjenja povezanosti pojma kapaciteta prometnog traka s pojmom zaštićenog toka te za definiranje kapaciteta prometnog traka, pri približno idealnim uvjetima, tzv. osnovnog kapaciteta, koji odgovara jednom prometnom traka pri optimalnim uvjetima. Fundamentalna veza između osnovnih parametara prometnog toka glasi:

$$q = g \times V \left(\frac{VOZ}{h} \right) \quad (2)$$

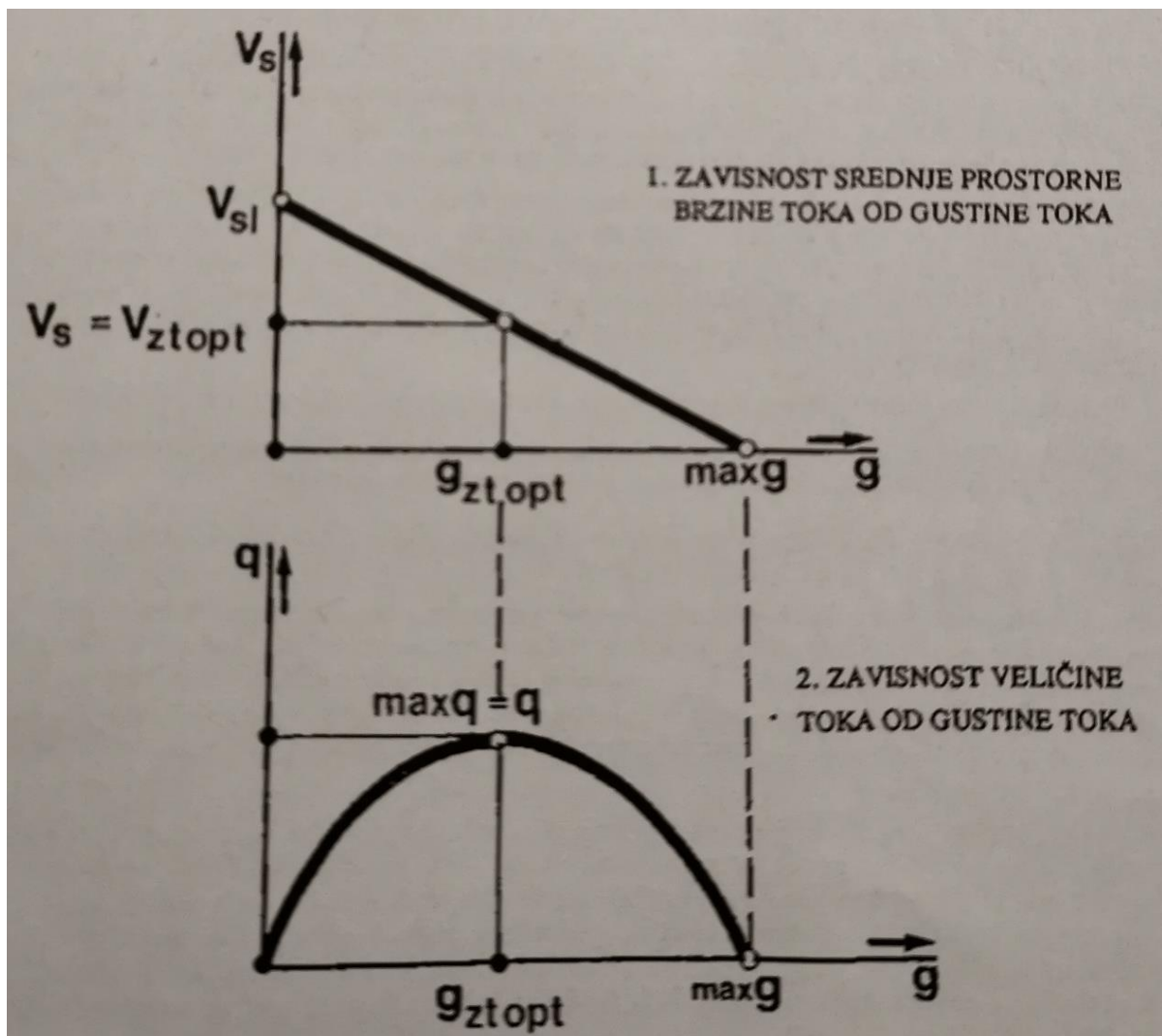
gdje je:

q (voz/h) – protok vozila;

g (voz/km) – gustoća toka;

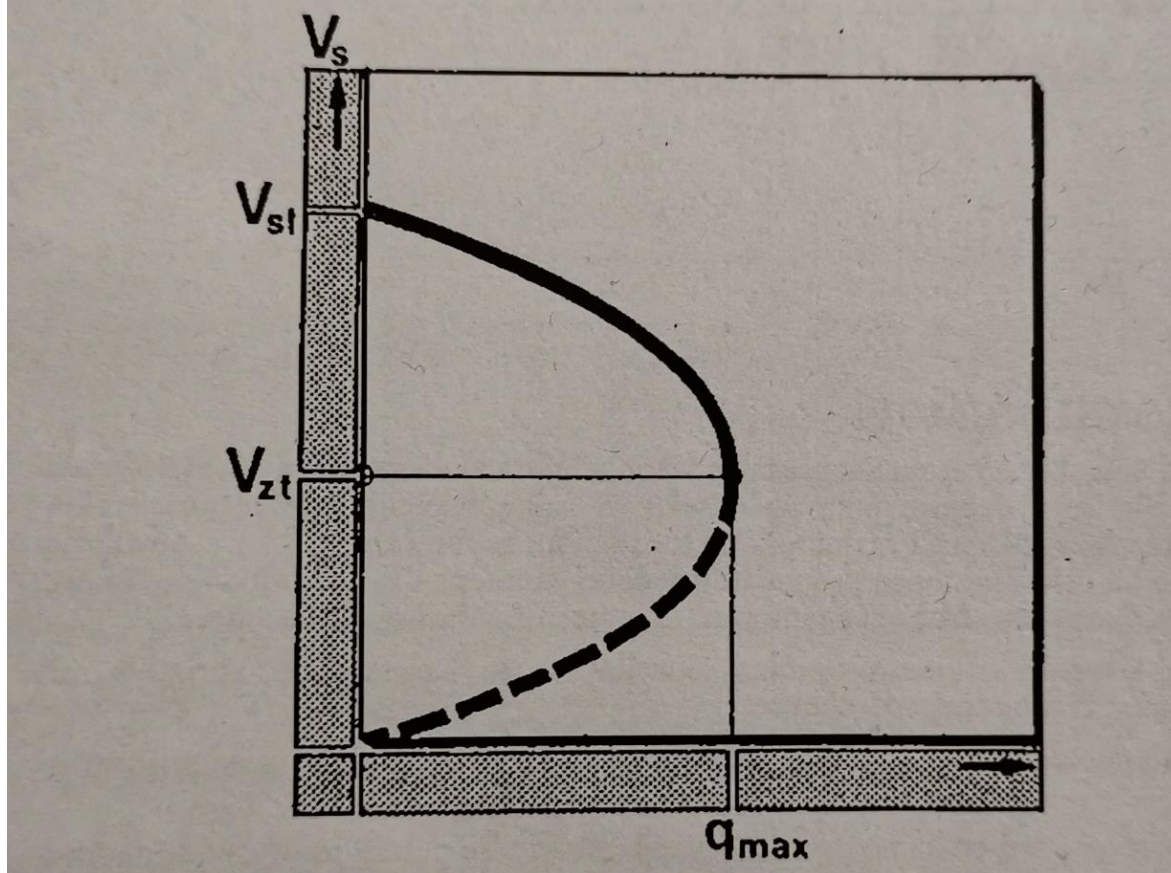
V_s (km/h) – srednja prostorna brzina.

Pri postizanju zasićene gustoće, ostvaruje se brzina zasićenog toka, a umnožak gustoće i brzine zasićenog toka daje veličinu zasićenog toka q_{zt} . Umnožak optimalnih vrijednosti gustoće zasićenog toka i brzine zasićenog toka daje maksimalni protok q_{max} . Maksimalni protok na prometnom traku koji se ostvaruje pri optimalnoj gustoći i brzini zasićenog toka, predstavlja kapacitet prometnog traka. Na slikama 8. i 9. grafički je prikazana ovisnost triju osnovnih parametara prometnog toka. [7]



Slika 8. Ovisnost srednje prostorne brzine i protoka o gustoći toka [7]

3. ZAVISNOST SREDNJE PROSTORNE BRZINE TOKA OD VELIČINE TOKA



Slika 9. Ovisnost srednje prostorne brzine toka o protoku [7]

Promatrano sa stajališta prometnog toka slijedi odnos:

$$q_{zt} = g_{zt} \cdot V_{zt} \left(\frac{v_{oz}}{h} \right) \quad (3)$$

Pri optimalnoj vrijednosti g_{zt} i V_{zt} slijedi: $q_{zt} \rightarrow q_{max}$

Međutim, promatrano sa stajališta prometnog traka, maksimalni protok kvantitativno je ograničen kapacitetom prometnog traka, pa s obzirom na jednake mjerne jedinice može se reći da je maksimalni protok jednak kapacitetu traka. Optimalne vrijednosti gustoće i brzine zasićenog toka predstavljaju gustoću i brzinu toka pri kapacitetu g_c i V_c iz čega slijedi: [7]

$$C_{traka} = g_c \cdot V_c \left(\frac{v_{oz}}{h} \right) \quad (4)$$

3.3. Određivanje propusne moći

Početna teorijska razmatranja zakonitosti kretanja vozila i propusne moći polazila su od pretpostavke da se prometni tok ponaša kao fluid, odnosno da je homogen. Uz tu pretpostavku, može se primijeniti osnovna zakonitost prometnog toka. Veličina razmaka između vozila u nizu r_{s0} može se dobiti pomoću izraza:

$$r_{s0} = \frac{1000}{g} \left(\frac{\text{m}}{\text{voz}} \right) \quad (5)$$

Vrijednost za gustoću glasi:

$$g = \frac{1000}{r_{s0}} \left(\frac{\text{voz}}{\text{km}} \right) \quad (6)$$

Ako se ta vrijednost uvrsti u prethodnu jednadžbu (2), dobije se:

$$q = \frac{1000 \cdot V}{r_{s0}} \left(\frac{\text{voz}}{\text{h}} \right) \quad (7)$$

Budući da je propusna moć N jednaka maksimalnom protoku, onda je:

$$N = \frac{1000 \cdot V}{r_{s0}} \left(\frac{\text{voz}}{\text{h}} \right) \quad (8)$$

Pomoću zadnje jednadžbe dobije se najveća propusna moć ceste za jedan prometni trak. Razmak između vozila u kretanju r_{s0} (m) ovisi o stvarnim uvjetima kretanja vozila, odnosno o načinu kočenja vozila, o kolničkom zastoru, o vremenu reagiranja vozača i drugom. U slučaju da za jedan smjer vožnje postoji više prometnih trakova, propusna moć bit će veća, ali ne razmjerno povećanju broja prometnih trakova već umanjena za redukcijski koeficijent prema jednadžbi:

$$N_n = \gamma \cdot n \cdot N \left(\frac{\text{voz}}{\text{h}} \right) \quad (9)$$

gdje je:

N_n – propusna moć više prometnih trakova;

n – broj prometnih trakova;

γ – redukcijski koeficijent.

Vrijednost koeficijenta γ iznosi za dva traka 0,9, za tri traka 0,75-0,78, a za četiri traka vrijednost je 0,60-0,65. Takav način proračuna propusne moći moguć je samo ako je prometni tok homogen, odnosno ako su sva vozila u toku istih tehničkih svojstava, svi vozači imaju iste psiho-fizičke značajke i na svim dijelovima ceste osigurani su jednaki uvjeti vožnje. Budući da takav homogeni tok u praksi ne postoji, kod proračuna kapaciteta koriste se jednadžbe dobivene na temelju stvarnog prometnog toka koji je mješovit te uzimajući u obzir širinu prometnog traka, bočne smetnje, vidljivost, sigurnost, udobnost, čimbenik vršnog sata, geometrijske elemente ceste, strukturu prometa i ostalo.

Praktična ispitivanja propusne moći pokazala su da postoji zakonitost između osnovnih parametara prometnog toka, a ona se očituje u tome da se kritična gustoća po jednom prometnom traku nalazi u intervalu 40 - 50 vozila po kilometru i da pri maksimalnoj gustoći 150 - 160 vozila po kilometru dolazi do zagušenja prometnog toka. Kritične brzine nalaze se u intervalu između 48 i 56 km/h . Propusna moć također ovisi o vrsti ceste te načinu rješavanja križanja. U Highway Capacity Manualu, na osnovi mnogih ispitivanja, utvrđene su metode za proračun propusne moći.

Propusna moć ceste s dvama prometnim trakovima za dvosmjerni promet N_1 može se izračunati na sljedeći način:

$$N_1 = 2200 \cdot n_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot k_1 \left(\frac{VOZ}{h} \right) \quad (10)$$

Propusna moć autoceste, ceste s fizički odvojenim smjerovima vožnje i ceste s četiri ili više prometnih trakova N_2 može se izračunati kao:

$$N_2 = 2200 \cdot n_2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot k_1 \left(\frac{VOZ}{h} \right) \quad (11)$$

gdje je:

N_1 - propusna moć u oba smjera na cesti s dvama prometnim trakovima za dvosmjerni promet (voz/h);

N_2 - propusna moć u jednom smjeru na autocesti, cesti s fizički odvojenim smjerovima vožnje i cesti s četiri ili više prometnih trakova (voz/h);

n_1 - broj prometnih trakova u oba smjera;

n_2 - broj prometnih trakova u jednom smjeru;

K_1 - korekcijski čimbenik utjecaja širine prometnih trakova;

K_2 - korekcijski čimbenik utjecaja tipa prometnice i prometnih trakova;

K_3 - korekcijski čimbenik udaljenosti bočne smetnje;

K_4 - korekcijski čimbenik utjecaja veličine i duljine uzdužnog nagiba;

k_1 - korekcijski čimbenik utjecaja sastava prometnog toka. [5]

Na mreži gradskih prometnica nije moguća primjena jedinstvenog pristupa određivanja propusne moći zbog izraženog utjecaja raskrižja u razini i izvan razine. Prometnice na kojima dolazi do zaustavljanja vozila u prometnom toku nazivaju se prometnice s prekidanim prometnim tokom. Prekidani prometni tokovi vrijede na većini prometnica gradske mreže osim gradskih autocesta i brzih cesta na kojima se promjena pravca kretanja odvija bez zaustavljanja. Postupak određivanja propusne moći i razine usluge na prometnicama s izraženim utjecajem raskrižja u razini na prometne tokove uvelike je složeniji te obuhvaća:

- a) definiranje prostornog položaja za razmatranu prometnicu ili dionicu, tipa urbanizacije, prometnih tokova te karakteristika signalizacije
- b) određivanje kategorije prometnice prema funkciji, tlocrtnih i visinskih elemenata kao i elemenata poprečnog presjeka te brzine u slobodnom prometnom toku
- c) podjela na odsječke između raskrižja sa sličnim prometno-tehničkim karakteristikama
- d) određivanje vremena vožnje između raskrižja temeljem dužine odsječka i srednje brzine u slobodnom prometnom toku
- e) izračun vremenskih gubitaka na raskrižjima
- f) izrada profila brzina po odsječcima i izračun srednje brzine na dionici
- g) određivanje propusne moći i razine usluge

Određivanje razine usluge za prometnice s prekidanim prometnim tokom ocjenjuje se srednjom brzinom vozila u prometnom toku na promatranoj dionici. Srednja brzina vozila uključuje vrijeme potrebno za vožnju između raskrižja u uvjetima slobodnog prometnog toka i vremenske gubitke na raskrižjima. [4] Određivanje razine usluge prikazano je u tablici 7.

Tablica 7. Razina usluge prema kategoriji prometnice

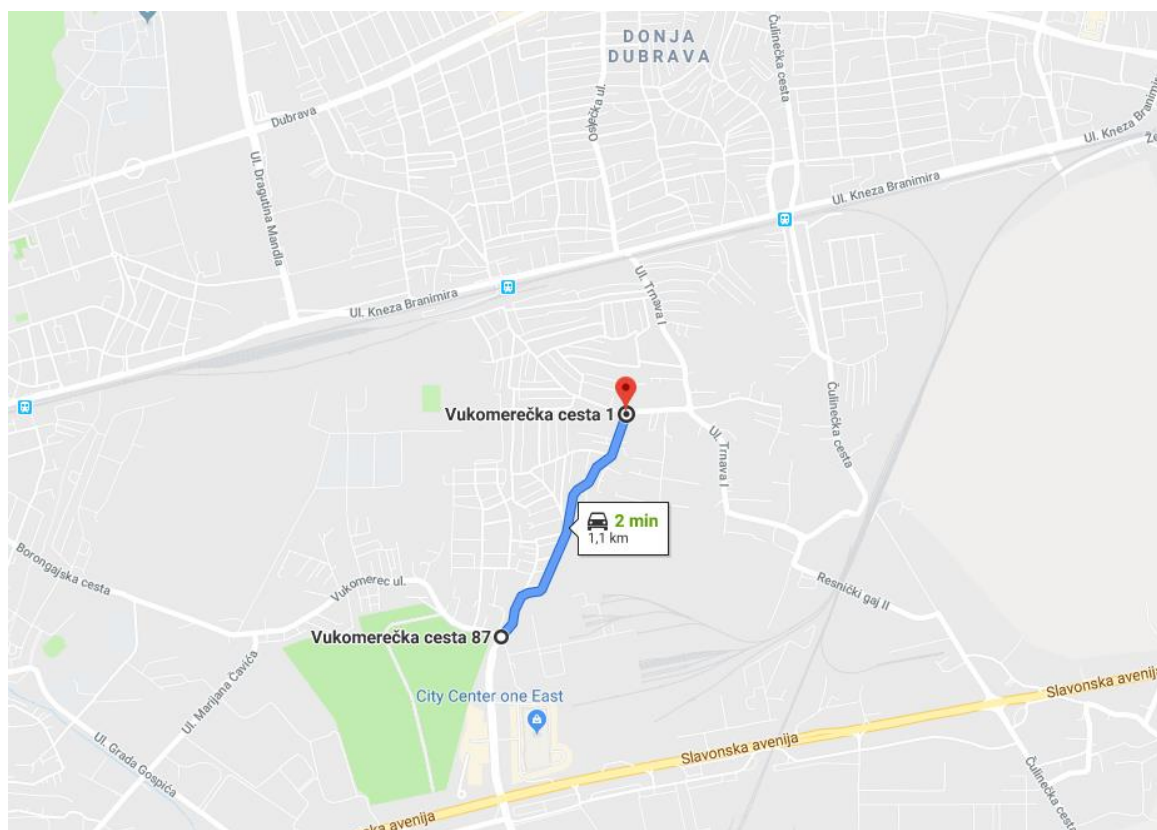
Razina usluge	Gradska avenija (AV)	Gradska ulica (GU)	Ulica (U)
	V_{sr} [km/h]	V_{sr} [km/h]	V_{sr} [km/h]
A	≥ 56	≥ 48	≥ 40
B	≥ 45	≥ 38	≥ 30
C	≥ 35	≥ 29	≥ 21
D	≥ 27	≥ 23	≥ 15
E	≥ 21	≥ 16	≥ 12
F	≤ 20	≤ 15	≤ 11

Izvor: [4]

4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA NA VUKOMEREČKOJ CESTI U GRADU ZAGREBU

Vukomerečka cesta nalazi se na istočnom dijelu grada Zagreba u gradskoj četvrti Donja Dubrava. Područje Donje Dubrave uglavnom je zaokružen i geometrijski pravilan teritorij. Karakteristično je ravnog i nizinskog reljefa sa šumovitim predjelima i poljima na čitavoj jugoistočnoj polovici, a obrubljuju ga donji tokovi dvaju potoka, na istoku Trnave i na zapadu danas nadsvođenog i zatrpanog Štefanovca.

Jugoistočni dio Četvrti gotovo je prazan, a na sjeverozapadu stoji gusto naseljeno i kompaktno područje s tendencijom daljnjeg širenja. Na tom području, kojim dominiraju uske ulice i gusto zbijene obiteljske kuće, gradi se sve više većih stambeno-poslovnih zgrada. Homogenost prostora narušavaju željeznička pruga i Branimirova ulica koje, pružajući se u smjeru istok-zapad, razdvajaju sjeverni od južnog dijela Četvrti, otežavajući pritom njihovu međusobnu prometnu i svaku drugu komunikaciju. [9] Na slici 10. makroskopski je prikaz Vukomerečke ceste.

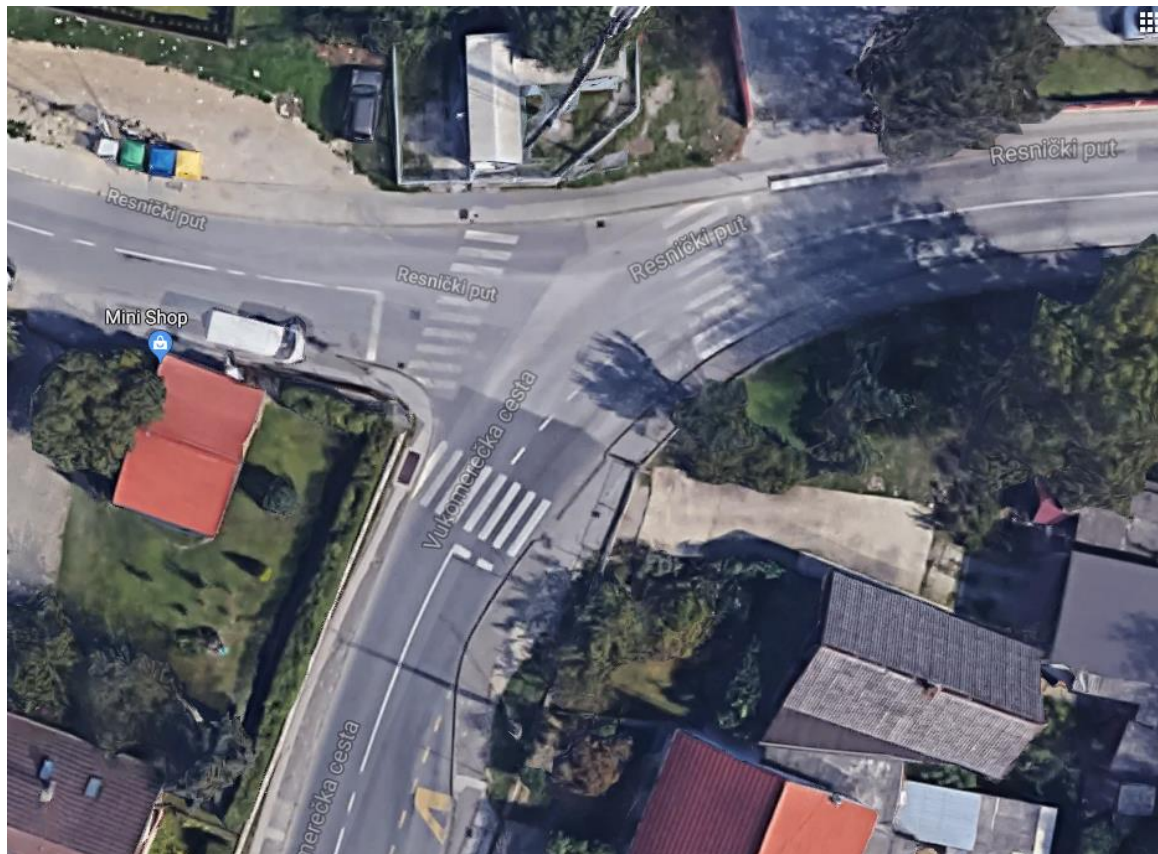


Slika 10. Vukomerečka cesta [10]

Promatrana dionica duljine je 1,1 km, a obilježena je mnogobrojnim sporednim ulicama te kućnim prilazima. Dionica predstavlja bitnu prometnicu zbog toga jer je jedna od glavnih poveznica istočnog dijela grada na Slavonsku aveniju, koja se može nazvati „žilom kucavicom“ grada. Uzimajući u obzir da je spoj na Slavonsku aveniju napravljen s izgradnjom obližnjeg trgovačkog centra, Vukomerečka cesta danas generira mnogo više prometa nego nekad.

4.1. Pregled dionice po lokacijama

Gledajući od sjevernog dijela prema južnom, Vukomerečka cesta započinje križanjem s Resničkim putem. Na slici 11. vidi se ortofoto snimka tog križanja.



Slika 11. Raskrižje Vukomerečka cesta - Resnički put [10]

Raskrižje je trokrako i nesemaforizirano, a glavni smjer je jug-istok. Problem koji se nameće kod raskrižja je nepreglednost te razvijanje velikih brzina, što povećava mogućnost naleta na pješake, a pogotovo uzimajući u obzir da su pješački prijelazi postavljeni na samom izlasku iz zavoja. Nadalje, radijus između zapadnog i južnog privoza iznosi 3 metra. Uzimajući u obzir da je minimalni polumjer vanjskog kruga okretanja automobila 6 metara, taj radijus

nije dovoljan te uzrokuje zahvaćanje traka iz suprotnog smjera prilikom skretanja. Kod prikazanog raskrižja, u zavoju postoji blago proširenje, tako da je to zahvaćanje minimalno, ali skretanje je omogućeno samo pri minimalnim brzinama.

Nakon raskrižja Vukomerečke ceste i Resničkog puta, slijedi pravac duljine oko 150 metara. Na tom pravcu nalaze se autobusna stajališta pod nazivom „Resnički put“. U smjeru vožnje, prvo stajalište dolazi se lijeve strane, a prikazano je na slici 12.



Slika 12. Autobusno stajalište "Resnički put" (A)

Stajalište je označeno pomoću natpisa na kolniku „BUS“ (H39) i znaka obavijesti „Stajalište autobusa“ (C44). S obzirom na prostorna ograničenja, nema potrebe za izmjenom postojećeg stanja. Na udaljenosti od oko 60 metara, smješteno je stajalište koje je u paru s prethodnim, prikazano na slici 13.



Slika 13. Autobusno stajalište "Resnički put" (B)

Stajalište nije izvedeno na klasičan način već kao svojevrsno proširenje kolnika. Širina na dijelu predviđenom za stajanje autobusa iznosi tri metra, ali dužina nije dovoljna za stajanje zglobnog autobusa. Autobus ne može stati svojom punom dužinom već određeni dio ostaje na prometnom traku. U tom slučaju automobili mogu prolaziti, ali samo u slučaju ako iz suprotnog smjera ne nailazi drugo vozilo. Stajalište je označeno samo vertikalnom signalizacijom to jest prometnim znakom „Stajalište autobusa“ (C44), koji je postavljen na rasvjetni stup te kao takav nije dovoljno vidljiv. Na idućih 270 metara nalaze se 4 uzastopna zavoja, što je vidljivo iz tlocrtnog prikaza na slici 14.



Slika 14. Zavoji [10]

Zavoji su nepregledni, s ograničenjem brzine 40 km/h. Također, proširenje u zavojima nije osigurano, što predstavlja problem prilikom prolaska teških teretnih vozila. Još jedan problem kod ovih zavoja je taj što je u većini slučajeva poprečni nagib kolnika izveden u smjeru suprotnom od centra zavoja. Prolaskom kroz zavoje također dosta se osjeća utjecaj centrifugalne sile. Ovakav poprečni nagib napravljen je radi odvođenja vode s kolnika, no predstavlja problem u prometno-sigurnosnom smislu. Jedan od zavoja prikazan je na slici 15.



Slika 15. Nepregledan zavoj

Nadalje, poslije zavojitog dijela, nalazi se pravac duljine oko 350 metara, s blagim, zanemarivim zavojima. Na tom dijelu smješteno je drugo po redu autobusno stajalište u paru, naziva „Vukomerečka 40“, a vidljivo je na slici 16.



Slika 16. Autobusno stajalište "Vukomerečka 40"

Autobusna stajališta smještena su na kolniku, a zbog toga se usporava prometni tok radi ulaska i izlaska putnika. Problem predstavlja to što je okolno područje izgrađeno te ne postoji mogućnost izgradnje autobusnih ugibališta bez rušenja objekata.

Nakon stajališta slijedi ravnina od oko 300 metara. Dionica je uglavnom zavojita te stoga ova ravnina predstavlja problem u smislu postizanja velikih brzina. Također, uočen je problem postavljanja kontejnera za smeće na nogostup, što u značajnoj mjeri utječe na sigurnost pješaka koji moraju silaziti na kolnik da bi ga zaobišli, a to je prikazano na slici 17.



Slika 17. Kontejner postavljen na nogostup

Idući dio na Vukomerečkoj cesti jedan je od najkritičnijih, a to je oštri zavoj koji slijedi nakon ravnog dijela. Radijus tog zavoja iznosi oko 25 metara, što u svakom slučaju nije dovoljno za normalan protok vozila. Prikaz zavoja je na slici 18.



Slika 18. Oštri zavoj

Problem kod ovog zavoja je taj što proširenje nije adekvatno izvedeno. Izmjerena širina unutarnjeg prometnog traka u zavoju je 3,25 m, a vanjskog prometnog traka 3,27 m. Zglobni autobus kao mjerodavno vozilo mora zahvatiti drugi trak kako bi prošao, a to je moguće samo ako se vozila iz drugog smjera zaustave da bi ga propustili.

Još jedan problem je gusta šikara koja zauzima preko pola nogostupa, što pješacima znači gotovo nemoguć prolazak tim dijelom. Na tom dijelu smještena je ploča za označavanje zavoja na cesti koja nije dovoljno vidljiva. Iza zavoja slijedi kratak ravni dio duljine oko 30 metara, prikazan na slici 19.



Slika 19. Kratka ravnina

Na prikazanoj ravnini vozila se zaustavljaju radi propuštanja autobusa iz suprotnog smjera. Odmah iza ravnine nalazi se drugi zavoj, kod kojeg postoji isti problem kao i kod prethodnog, a to je neadekvatno proširenje te nemogućnost normalnog prolaska autobusa. Izmjerena širina vanjskog prometnog traka u zavoju je 2,91 m, a unutarnjeg 3,18 m. Drugi zavoj prikazan je na slici 20.



Slika 20. Drugi zavoj

Na slici 20. vidljivo je kako je razdjelna crta gotovo u potpunosti izbrisana što pokazuje koliko vozači „sijeku zavoj“ ugrožavajući sigurnost prometa. Radijus zavoja iznosi oko 32 metra, što kao i u prethodnom slučaju nije dovoljno za neometan promet vozila.

Iduća lokacija predstavlja znatan promet na dionici, a to je dio gdje se nalazi autobusna stanica „Sobolski put“. Na slici 21. vidljiva je ta lokacija.



Slika 21. Autobusno stajalište "Sobolski put"

Stajalište je smješteno odmah iza zavoja, što predstavlja znatan prometno-sigurnosni problem. Naime, vozači nisu svjesni same situacije te često vrše radnju naglog kočenja. Također, vozači često zaobilaze autobus, a zbog nepreglednosti dolaze u konfliktne situacije s vozilima iz suprotnog smjera.

Na ovom dijelu nalaze se stari drveni rasvjetni stupovi, a svjetlo koje bi trebalo obasjavati pješački prijelaz nalazi se među granama te tako ne vrši svoju funkciju. Najveći problem javlja se po noći gdje se stvaraju crni dijelovi na cesti zbog neadekvatno postavljenje rasvjete, a što je vidljivo na slici 22.



Slika 22. Noćna vidljivost

Autobusno stajalište u suprotnom smjeru također je smješteno na kolniku. Problem kod njega je sam pristup stajalištu zbog neuređenog nogostupa. Kao što je na slici 23. vidljivo, na zavoju se nalazi veliko stablo zbog kojeg vozači kasno zamijete stajalište. Nogostup na tom dijelu nije asfaltiran zbog čeka dolazi do stvaranja blata, a posljedica svega toga je hodanje pješaka po kolniku.



Slika 23. Neuređen nogostup

Dionica završava semaforiziranim križanjem „Vukomerečka cesta - Ulica Siniše Glavaševića - Vukomerec ulica“. Raskrižje je prikazano na slici 24.



Slika 24. Raskrižje „Vukomerečka cesta - Ulica Siniše Glavaševića - Vukomerec ulica“ [10]

Postojeće raskrižje je četverokrako raskrižje kod kojeg privozi nisu postavljeni pod pravim kutom. Raskrižje je semaforizirano s adaptivnim upravljanjem. Širina trakova je 3,00 m, s blagim proširenjem u području samog raskrižja. Raskrižje je problematično prvenstveno zbog prometno – sigurnosnih razloga.

Na sjevernom privozu ne postoji pješački prijelaz. Zbog toga pješaci često pretrčavaju preko tog dijela ceste, što ugrožava sigurnost svih sudionika u prometu. Nadalje, s lijeve strane nogostup nije asfaltiran pa pješaci znaju hodati uz desni rub kolnika, posebice kad su oborine pa zbog blata nije uopće moguće hodati po nogostupu, a kao što je prije navedeno ne postoji pješački prijelaz kako bi pješaci sigurno prešli na drugu stranu. Još jedan problem na sjevernom privozu je kuća s desne strane koja sprječava preglednost udesno, a točno ispred nje nalazi se pješački prijelaz između sjevernog i zapadnog privoza. Između sjevernog i zapadnog privoza dosta je proširen trak, a radijus između njih je oko 18 metara te zbog toga vozači velikim brzinama skreću desno. Zbog toga teško uočavaju pješake te dolazi do naglog kočenja, a kako to vozači iza koji idu ravno ne očekuju, povećana je opasnost od stražnjeg naleta na vozilo. Vozila u sličnom omjeru idu ravno i skreću desno, dok lijevih skretanja ima svega par posto.

Na zapadnom privozu potrebno je dodavanje prometnih trakova. Najveći broj vozila pojavljuje se u popodnevnom periodu od 15:00 do 18:00 h, a rep čekanja zna doseći i oko jedan

kilometar. Potom, radijus između zapadnog i južnog privoza iznosi oko šest metara, a pješački prijelaz na južnom privozu nije dovoljno odmaknut pa tako desni skretački blokiraju lijeve. Broj lijevih i desnih skretača je podjednak, a ravno ide manji postotak vozila. Na ovom privozu također postoji problem preglednosti i to zbog nasuprotnog privoza koji se nalazi pod oštrim kutem. Vozačima je pogled usmjeren na kuću ispred na kojoj je postavljena reklama, koja vozačima u određenoj mjeri odvlači pozornost.

Na južnom privozu postoji poseban trak za lijevo, ravno i desno. Najviše ima lijevih skretača, a oni se akumuliraju zbog toga jer nisu u zaštićenoj fazi te stoga jako ovise o broju vozila na sjevernom privozu. Vozila koja idu ravno ima isto dosta, ali manje nego prethodnih. Trak za desno je posebno odvojen, ali problem je što na ovom mjestu ima manje od jedan posto desnih skretača. No, u zadnje vrijeme sve veći broj vozila koristi taj trak kako bi kad je na južnom privozu crveno svjetlo, kršenjem prometnih propisa, došli na istočni privoz na kojem je zeleno svjetlo te nastavili svoje putovanje. To uvelike ugrožava sigurnost vozača na zapadnom privozu koji su već započeli manevar lijevog skretanja, a ne očekuju iznenadno pojavljivanje vozila s druge strane. Zbog toga se događa veliki broj nesreća na ovom raskrižju.

Istočni privoz ima poseban trak za lijevo skretanje i zajednički trak za ravno i desno. Ovaj privoz nije iskorišten adekvatno, osim od 15:00 do 15:30 sati kada odjednom kreću vozila sa parkirališta koja se nalaze ispod samog privoza, a riječ je o oko 150 vozila. To su većinom radnici koji rade u okolnim industrijskim postrojenjima i završavaju svi u isto vrijeme s radom, Takva navala vozila uzrokuje zagušenje na suprotnom privozu. Ako prvi automobil u koloni na suprotnom privozu skreće lijevo, u tom ciklusu samo on će moći napustiti raskrižje i to kad se već upali crveno svjetlo. Također, istočni privoz je postavljen pod oštrim kutem u odnosu na južni, a prethodi mu pravac što potiče vozače na razvijanje većih brzina. Još jedan problem je što nogostup s desne strane nije asfaltiran, a tu je veliki protok pješaka.

4.2. Analiza brojanja prometa

Brojanje prometa čini osnovu za planiranje prometa, a daje uvid u trenutno stanje prometa. Za izvođenje brojanja ne postoji neko opće pravilo, a svrhe zbog kojih se brojanja provode mogu biti raznovrsne. Također, različita su i financijska sredstva koja se moraju uložiti prilikom brojanja. Brojanje prometa može biti statično odnosno brojanje na nekom presjeku i dinamično odnosno brojanje tokova. Prilikom brojanja na presjeku, broje se vozila koja u jednom određenom vremenskom periodu prođu kroz neki određeni presjek ceste. Na takav

način dobivaju se podaci o prometnom opterećenju ceste, međutim ne dobiva se prostorna raspodjela tokova, već se ti podaci koriste za određivanje dimenzija ceste i čvorova.

Brojanje na presjeku može se provesti iznimno lako. Može se obavljati ručno, pri čemu se koriste brojački listići, ili automatski, pomoću brojača. Brojanje na presjeku ima prednost zbog toga što ni malo ne ometa promet, dok kod brojanja tokova to nije slučaj. Pomoću brojanja tokova dobivaju se podaci o izvorištu i odredištu putovanja te čine osnovu planiranja veće mreže. Trajanje jednog brojanja određuje se prema svrsi brojanja. Kratkotrajna brojanja od pola sata pa do dva sata mogu biti potpuno dovoljna zbog toga jer je bitno da se obuhvate vršna satna opterećenja. [11].

U prometu sudjeluju vozila koja zauzimaju različite prometne površine to jest različitih su dimenzija. Najveća razlika je između sobnih i teretnih vozila jer teretna vozila zauzimaju veću površinu, razvijaju manju brzinu, potreban im je veći luk pri skretanju i drugo. U svrhu postizanja jedinstvenih podataka pri određivanju strukture prometa, uvedeni su koeficijenti kojima se množi pojedina vrsta vozila. Radi se o Pa-jedinicama, a kao osnovna jedinica uzeto je osobno vozilo s koeficijentom 1. U tablici 8. prikazane su različite vrste vozila izražene Pa-jedinicama (PAJ). [5]

Tablica 8. Pa-jedinice

VRSTA VOZILA	PAJ
bicikl	0,3
moped	0,3
motocikl	0,5
osobni automobil	1,0
teretno vozilo	2,0
teretno vozilo s prikolicom	3,0-4,0
tramvaj s jednom prikolicom	2,5-3,0
autobus, trolejbus	2,0
zaprežno vozilo	2,0

Izvor: [5]

Za potrebe ovog rada, izvršeno je brojanje prometa na presjeku, a kao promatrani presjek uzet je pješački prijelaz kod stajališta „Sobolski put“, prikazan na slici 25.



Slika 25. Mjesto brojanja prometa

Brojanje je izvršeno u više navrata i to prema smjerovima sjever-jug i jug-sjever, kao prema slici 25. U idućim tablicama mogu se vidjeti najznačajniji rezultati brojanja, dok su svi rezultati vidljivi u prilogu.

DATUM 29.06.2019. SUBOTA

Tablica 9. Brojanje prometa 29.06.2019. (Subota) - 15:00-16:00 h (S-J)

Smjer: Sjever - Jug	15:00 - 15:15	15:15 - 15:30	15:30 - 15:45	15:45 - 16:00	Ukupno po satu:	PAJ
Moto	1	1	1	1	4	2
Osobni automobil	91	68	101	68	328	328
Lako teretno vozilo	3	2	1	1	7	14
Teško teretno vozilo	1	1	0	0	2	8
Prekršitelji				2	2	2
Autobus	3	1	1	1	6	21
Ukupno:	99	73	104	73	349	
PAJ	112	80	107	76		375
Pješak	2	5	1	3	11	
Biciklist	2	2	2	0	6	
Ukupno:	4	7	3	3	17	

Tablica 10. Brojanje prometa 29.06.2019. (Subota) - 15:00-16:00 h (J-S)

Smjer: Jug - Sjever	15:00 - 15:15	15:15 - 15:30	15:30 - 15:45	15:45 - 16:00	Ukupno po satu:	PAJ
Moto	2	2	1	1	6	3
Osobni automobil	160	150	104	125	539	539
Lako teretno vozilo	3	6	4	5	18	36
Teško teretno vozilo	2	0	2	1	5	20
Prekršitelji	0	0	0	0	0	0
Autobus	1	1	2	2	6	21
Ukupno:	168	159	113	134	574	
PAJ	178,5	166,5	127,5	146,5		619
Pješak	2	4	7	8	21	
Biciklist	4	7	1	2	14	
Ukupno:	6	11	8	10	35	

DATUM 02.07.2019. UTORAK**Tablica 11.** Brojanje prometa 02.07.2019. (Utorak) - 15:00-16:00 h (S-J)

Smjer: Sjever - Jug	15:00 - 15:15	15:15 - 15:30	15:30 - 15:45	15:45 - 16:00	Ukupno po satu:	PAJ
Moto	3	1	0	0	4	2
Osobni automobil	94	72	71	82	319	319
Lako teretno vozilo	8	8	4	7	27	54
Teško teretno vozilo	5	3	1	4	13	52
Prekršitelji	0	0	0	0	0	0
Autobus	3	1	1	2	7	24,5
Ukupno:	113	85	77	95	370	
PAJ	142	104	86,5	119		451,5
Pješak	11	3	2	4	20	
Biciklist	0	2	1	1	4	
Ukupno:	11	5	3	5	24	

Tablica 12. Brojanje prometa 02.07.2019. (Utorak) - 15:00-16:00 h (J-S)

Smjer: Jug - Sjever	15:00 - 15:15	15:15 - 15:30	15:30 - 15:45	15:45 - 16:00	Ukupno po satu:	PAJ
Moto	6	3	2	3	14	7
Osobni automobil	224	202	181	199	806	806
Lako teretno vozilo	7	9	16	20	52	104
Teško teretno vozilo	6	11	6	3	26	104
Prekršitelji	0	0	0	0	0	0
Autobus	1	2	4	0	7	24,5
Ukupno:	244	227	209	225	905	
PAJ	268,5	272,5	252	252,5		1045,5
Pješak	24	1	4	5	34	
Biciklist	14	2	4	0	20	
Ukupno:	38	3	8	5	54	

DATUM 04.07.2019. ČETVRTAK

Tablica 13. Brojanje prometa 04.07.2019. (Četvrtak) - 15:00-16:00 h (S-J)

Smjer: Sjever - Jug	15:00 - 15:15	15:15 - 15:30	15:30 - 15:45	15:45 - 16:00	Ukupno po satu:	PAJ
Moto	1	1	1	0	3	1,5
Osobni automobil	91	79	86	89	345	345
Lako teretno vozilo	2	1	4	4	11	22
Teško teretno vozilo	3	1	2	3	9	36
Prekršitelji	0	0	0	0	0	0
Autobus	2	3	0	2	7	24,5
Ukupno:	99	85	93	98	375	
PAJ	114,5	96	102,5	116		429
Pješak	6	4	1	4	15	
Biciklist	1	2	2	3	8	
Ukupno:	7	6	3	7	23	

Tablica 14. Brojanje prometa 04.07.2019. (Četvrtak) - 15:00-16:00 h (J-S)

Smjer: Jug - Sjever	15:00 - 15:15	15:15 - 15:30	15:30 - 15:45	15:45 - 16:00	Ukupno po satu:	PAJ
Moto	4	1	3	3	11	5,5
Osobni automobil	188	200	196	210	794	794
Lako teretno vozilo	11	14	10	14	49	98
Teško teretno vozilo	3	2	7	4	16	64
Prekršitelji	0	0	0	0	0	0
Autobus	1	1	3	2	7	24,5
Ukupno:	207	218	219	233	877	
PAJ	227,5	240	256	262,5		986
Pješak	20	1	3	7	31	
Biciklist	8	4	3	3	18	
Ukupno:	28	5	6	10	49	
15:30 - 15:45	Nastala kolona do semafora radi izmjene putnika linije 214					

DATUM 05.07.2019. PETAK

Tablica 15. Brojanje prometa 05.07.2019. (Petak) - 19:00-20:00 h (S-J)

Smjer: Sjever - jug	19:00 - 19:15	19:15 - 19:30	19:30 - 19:45	19:45 - 20:00	Ukupno po satu:	PAJ
Moto	1	2	3	0	6	3
Osobni automobil	126	136	101	117	480	480
Lako teretno vozilo	1	5	9	2	17	34
Teško teretno vozilo	1	0	1	1	3	12
Prekršitelji	0	0	2	0	2	2
Autobus	2	1	2	1	6	21
Ukupno:	131	144	118	121	514	
PAJ	139,5	150,5	133,5	128,5		552
Pješak	6	7	14	1	28	
Biciklist	2	3	2	1	8	
Ukupno:	8	10	16	2	36	

Tablica 16. Brojanje prometa 05.07.2019. (Petak) - 19:00-20:00 h (J-S)

Smjer: Jug - Sjever	19:00 - 19:15	19:15 - 19:30	19:30 - 19:45	19:45 - 20:00	Ukupno po satu:	PAJ
Moto	3	2	2	3	10	5
Osobni automobil	152	147	156	171	626	626
Lako teretno vozilo	4	5	5	3	17	34
Teško teretno vozilo	1	1	0	0	2	8
Prekršitelji	0	0	0	0	0	0
Autobus	3	0	1	2	6	21
Ukupno:	163	155	164	179	661	
PAJ	176	162	170,5	185,5		694
Pješak	12	9	9	8	38	
Biciklist	2	3	5	2	12	
Ukupno:	14	12	14	10	50	

DATUM 07.07.2019. NEDJELJA**Tablica 17.** Brojanje prometa 07.07.2019. (Nedjelja) - 16:00-17:00 h (S-J)

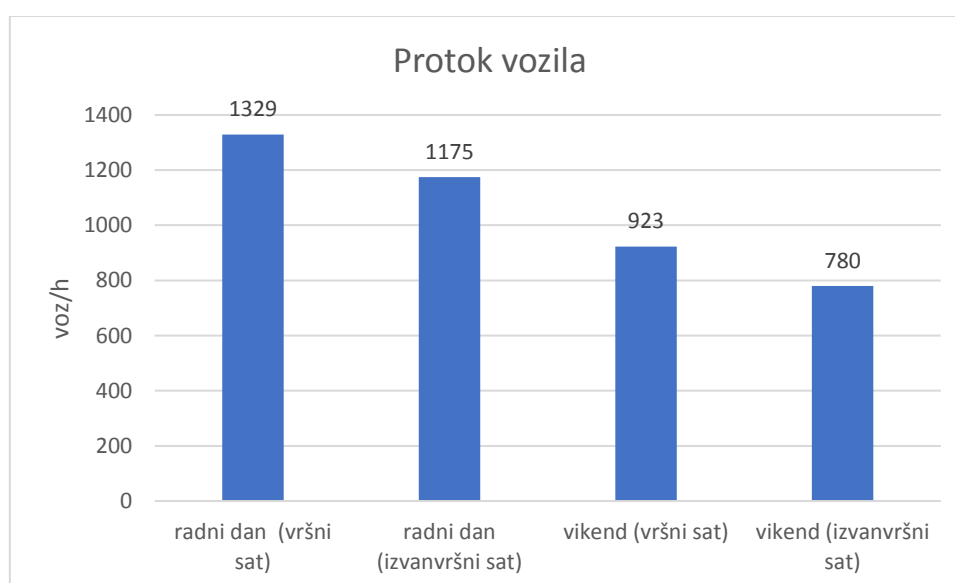
Smjer: Sjever - Jug	16:00 - 16:15	16:15 - 16:30	16:30 - 16:45	16:45 - 17:00	Ukupno po satu:	PAJ
Moto	0	1	0	0	1	0,5
Osobni automobil	83	100	118	78	379	379
Lako teretno vozilo	2	0	2	2	6	12
Teško teretno vozilo	0	0	0	0	0	0
Prekršitelji	1	0	0	0	1	1
Autobus	2	1	0	1	4	14
Ukupno:	88	102	120	81	391	
PAJ	95	104	122	85,5		406,5
Pješak	5	10	5	2	22	
Biciklist	2	2	1	0	5	
Ukupno:	7	12	6	2	27	

Tablica 18. Brojanje prometa 07.07.2019. (Nedjelja) - 16:00-17:00 h (J-S)

Smjer: Jug - Sjever	16:00 - 16:15	16:15 - 16:30	16:30 - 16:45	16:45 - 17:00	Ukupno po satu:	PAJ
Moto	1	0	0	0	1	0,5
Osobni automobil	87	99	110	89	385	385
Lako teretno vozilo	1	4	3	1	9	18
Teško teretno vozilo	0	0	0	0	0	0
Prekršitelji	0	0	0	0	0	0
Autobus	0	1	2	0	3	10,5
Ukupno:	89	104	115	90	398	
PAJ	89,5	110,5	123	91		414
Pješak	1	1	3	3	8	
Biciklist	2	1	3	1	7	
Ukupno:	3	2	6	4	15	

Kao prekršitelji računali su se vozači koji pretječu autobus dok je on zaustavljen na stajalištu. Kod računanja PAJ jedinica, motocikli su pomnoženi s koeficijentom 0,5, laka teretna vozila s 2,0, teška teretna vozila s 4,0, a autobusi s 3,5. Gledajući podatke iz tablica, može se usporediti protok vozila radnim danima i vikendom i to u vršnim i izvanvršnim satima, što je prikazano na grafikonu 1.

Grafikon 1. Protok vozila u vršnim i izvanvršnim satima



Radnim danom protok vozila je 11,59% veći u vršnom satu nego u izvanvršnom, a vikendom je razlika vršnog i izvanvršnog sata 15,50%. Što se tiče vršnog sata radnim danom i vikendom, protok je 30,55% manji vikendom nego radnim danom.

Za određivanje propusne moći gradskih prometnica nema propisane metodologije, pa će se za potrebe ovog diplomskog rada ona procijeniti prema slici 26.

Projektni uvjeti	Vrst prometnice i stupanj izgrađenosti uz prometnicu				
	CVU	AV	GU	U	P
	$p_p / g_o / g_r$	$p_p / g_o / g_r$	$p_p / g_o / g_r$	$p_p / g_o / g_r$	-
V_p [km/h]	120/ 100 / 80(60)	110(90)/90(70) /70(50)	100(80)/80(60) /60(40)	80(60)/60(40)/≤40	≤30
Mjerodavna RU	C/D	C(D)/D(E)/B(C)	D(E)/B(C)/C(D)	B(C)/C(D)/D(E)	-
Dopušteni protok q [PAJ/h] po traku	1400-1800	1800-2000, RiR 700-900, RuR	500-700	300-500	-
Prometni tok/raskrižja	neprekinut/RiR	RiR/RUR-SSS	RUR-SSS	RUR	RUR
Posebni trakovi za JGP	obvezni	obvezni/potrebni	potrebni	preporučljivi	-
Parkiranje u profilu ceste	nije moguće	nije moguće	moguće izvan kolnika	izvan kolnika	na kolniku
Broj prometnih trakova	2+2, 3+3	3+3, 2+2	≥2	2	≤2
Širine trakova [m]	3,75/3,50/3,25	3,50/3,25/3,25	3,25	3,00	3,00 (2,75)
Najveći uzdužni nagib s_{max}	3% (4%)	5% (6%)	6% (7%)	7% (8%)	10% (12%)
Najveći poprečni nagib q_R	6%	4%	4%	4%	4%
Najmanji polumjer tlocrtnog zavoja [m]	700-120	600-75	450-50	250-50	osigurati provoznost mjerodavnog vozila

Slika 26. Osnovni projektni uvjeti za gradske prometnice [4]

Funkcionalna klasifikacija gradske mreže zasniva se na relativnom odnosu prema prometnom povezivanju dijelova grada i opsluživanja lokaliteta ili sadržaja uz prometnicu. Gradska cestovna mreža općenito se dijeli na dvije funkcionalne grupe:

1. primarna/gradska mreža - ima bitnu funkciju prometnog povezivanja (masovna kretanja većim brzinama više vrsta vozila - JGP, automobili, teretna vozila, pješaci, biciklisti), a tu spadaju: ceste visokog učinka, gradske avenije, glavne ulice i ulice.
2. sekundarna/lokalna mreža - ima bitnu ulogu pristupa lokalitetima (osobni automobili, pješaci, biciklisti), a čine ju pristupne ulice, parkirališta, trgovi i slično.

Prema navedenom te promatrajući sliku 26., Vukomerečka cesta može se svrstati u primarnu mrežu kao ulica. Ulica predstavlja veznu komponentu između primarne i sekundarne gradske cestovne mreže, a osnovna joj je zadaća raspodjela izvornog i ciljnog prometa u okvirima urbanističkih zona. Na ulicama se organiziraju glavne točke za javni gradski prijevoz i za upravljanje prometom. Pješaci se vode uz kolnik, a biciklisti po posebnim trakovima ili po kolniku, a često je prisutno i parkiranje uz kolnik. [4]

Dakle, dopušteni protok q (PAJ/h) po traku za Vukomerečku ulicu iznosi oko 500 PAJ/h, odnosno oko 1000 za oba traka. Vršni sat za pojedine dane je kako slijedi:

Utorak - 15:00-16:00 h (1497 PAJ/h)

Četvrtak - 15:00-16:00 h (1415 PAJ/h)

Petak - brojanje je izvršeno za izvanvršni period, a najveći protok je bio od 19:00 do 20:00 h (1246 PAJ/h)

Subota - 10:00-11:00 h (1000,5 PAJ/h)

Nedjelja - 16:00-17:00 h (820,5 PAJ/h)

Za zaključiti je da je dopušteni protok prekoračen svaki dan osim nedjelje.

Faktor vršnog sata PHF (eng. Peak Hour Factor) predstavlja omjer satnog opterećenja i najvećeg opterećenja unutar jednog sata (najčešće 15-minutno opterećenje), a računa se prema:

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{15}}$$

gdje je:

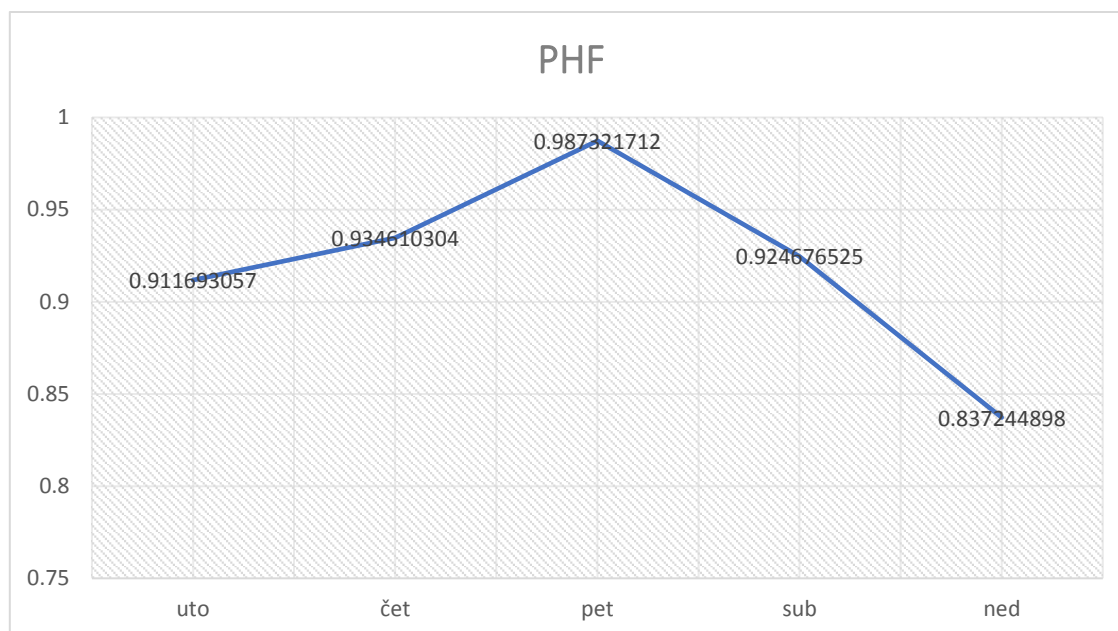
PHF - faktor vršnog sata;

V - satno prometno opterećenje (voz/h);

V_{15} - maksimalno prometno opterećenje 15-minutnog intervala unutar jednog sata.

Grafikon 2. prikazuje faktor vršnog sata navedene dionice po danima.

Grafikon 2. Faktor vršnog sata



U uvjetima prometnog zagušenja u gradskim područjima PHF ima vrijednost oko 0.92, a u uvjetima ravnomjernog toka, ali uz prepoznavanje kratkih zagušenja iznosi oko 0.88. Niže vrijednosti ovog faktora ukazuju na veće varijacije toka unutar sata, a više ravnomjerniji prometni tok. Vrijednosti faktora mogu se kretati od 0.25 do 1.00. Vrijednost 0.25 znači da su sva vozila promatrana u jednom satu prošla unutar 15-minutnog intervala, a vrijednost 1.00 znači da je u sva četiri intervala od 15 minuta prošao potpuno isti broj vozila. Na Vukomerečkoj cesti vrijednost PHF-a utorkom i četvrtkom predstavlja prometno zagušenje, koje nastaje radi povratka ljudi s posla. Petkom oko 19:00 sati prometni tok je ravnomjeran, a nedjeljom su izražene varijacije unutar toka.

4.3. Zadržavanje autobusa na stajalištu

Prilikom brojanja prometa, također je mjereno vrijeme zadržavanja autobusa na stajalištu. Na proučavanoj dionici prometuju dvije linije i to 214 (Koledinečka - Kozari Bok) i

215 (Kvaternikov trg - Trnava). Kao mjerodavno vozilo na dionici uzet je zglobni autobus duljine 18,00 metara jer upravo takav prometuje na liniji 215 (Slika 27.)



Slika 27. Mjerodavno vozilo [12]

S obzirom da se stajalište „Sobolski put“ nalazi na kolniku, to znatno utječe na prometni tok. Naime, gledajući smjer jug-sjever, od semaforiziranog raskrižja do stajališta udaljenost je oko samo 350 metara te je prilikom brojanja prometa uočeno kako dulje zadržavanje autobusa uzrokuje akumuliranje vozila sve do raskrižja te je promet „blokiran“. S druge strane, smjer sjever-jug je problematičan jer je stajalište smješteno odmah iza zavoja, također na kolniku, te vozači često moraju naglo kočiti jer ne očekuju zaustavljeno vozilo iza zavoja, što povećava mogućnost naleta na vozilo ispred sebe. U tablici 19. može se vidjeti koliko su ukupno autobusi bili zaustavljeni radi izmjene putnika.

Tablica 19. Vrijeme stajanja autobusa na stajalištu (sekundi)

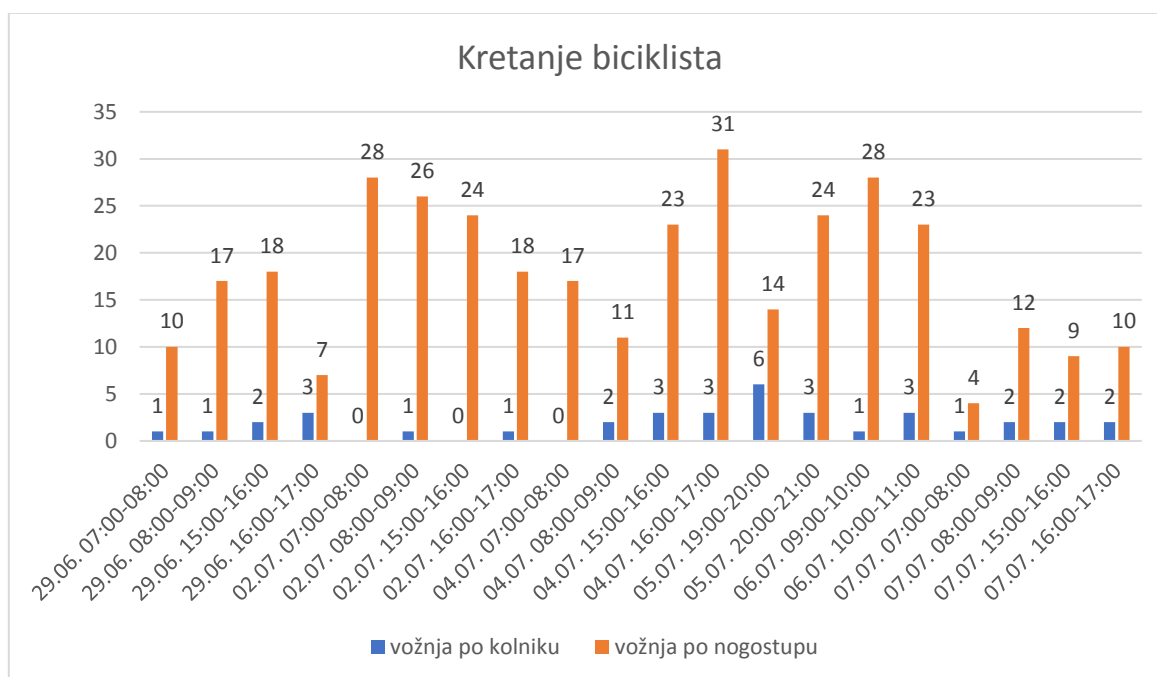
	29.06.		02.07.		04.07.		05.07.		06.07.		07.07.	
	S-J	J-S	S-J	J-S	S-J	J-S	S-J	J-S	S-J	J-S	S-J	J-S
07:00-07:15	17	0	10	7	9	8					5	9
07:15-07:30	8	14	8	3	19	7					7	0
07:30-07:45	7	16	8	27	21	10					0	8
07:45-08:00	12	10	24	0	10	0					9	9
08:00-08:15	14	9	0	8	14	5					17	0
08:15-08:30	19	8	28	0	11	19					0	12
08:30-08:45	8	13	9	9	24	0					8	0
08:45-09:00	8	10	0	10	17	0					0	0
09:00-09:15									0	16		
09:15-09:30									10	0		
09:30-09:45									5	12		
09:45-10:00									8	9		
10:00-10:15									6	12		
10:15-10:30									0	7		
10:30-10:45									11	15		
10:45-11:00									6	9		
15:00-15:15	23	7	22	0	27	9					3	9
15:15-15:30	9	11	14	17	18	9					10	0
15:30-15:45	10	9	6	27	0	23					13	27
15:45-16:00	9	9	20	0	17	4					0	0
16:00-16:15	0	10	14	5	14	14					16	0
16:15-16:30	6	9	10	0	9	0					11	10
16:30-16:45	0	20	0	25	0	21					0	30
16:45-17:00	20	0	20	18	19	11					10	0
19:00-19:15							11	22				
19:15-19:30							0	0				
19:30-19:45							21	9				
19:45-20:00							16	8				
20:00-20:15							10	7				
20:15-20:30							13	10				
20:30-20:45							4	0				
20:45-21:00							6	8				

Preko podataka iz tablice, može se zaključiti da je prosječno zadržavanje 76,85 sekundi unutar sat vremena, odnosno preko jedne minute.

4.4. Pješaci i biciklisti

Na promatranom odsječku uočen je određeni broj pješaka i biciklista. S obje strane kolnika izgrađen je nogostup širine 1,6 metara, a biciklistička staza ili traka ne postoji. Ono što se posebno istaknulo prilikom brojanja je to da se većina biciklista vozi po nogostupu. Na idućem grafikonu može se točno vidjeti kretanje biciklista u pojedinim danima i satima.

Grafikon 3. Kretanje biciklista



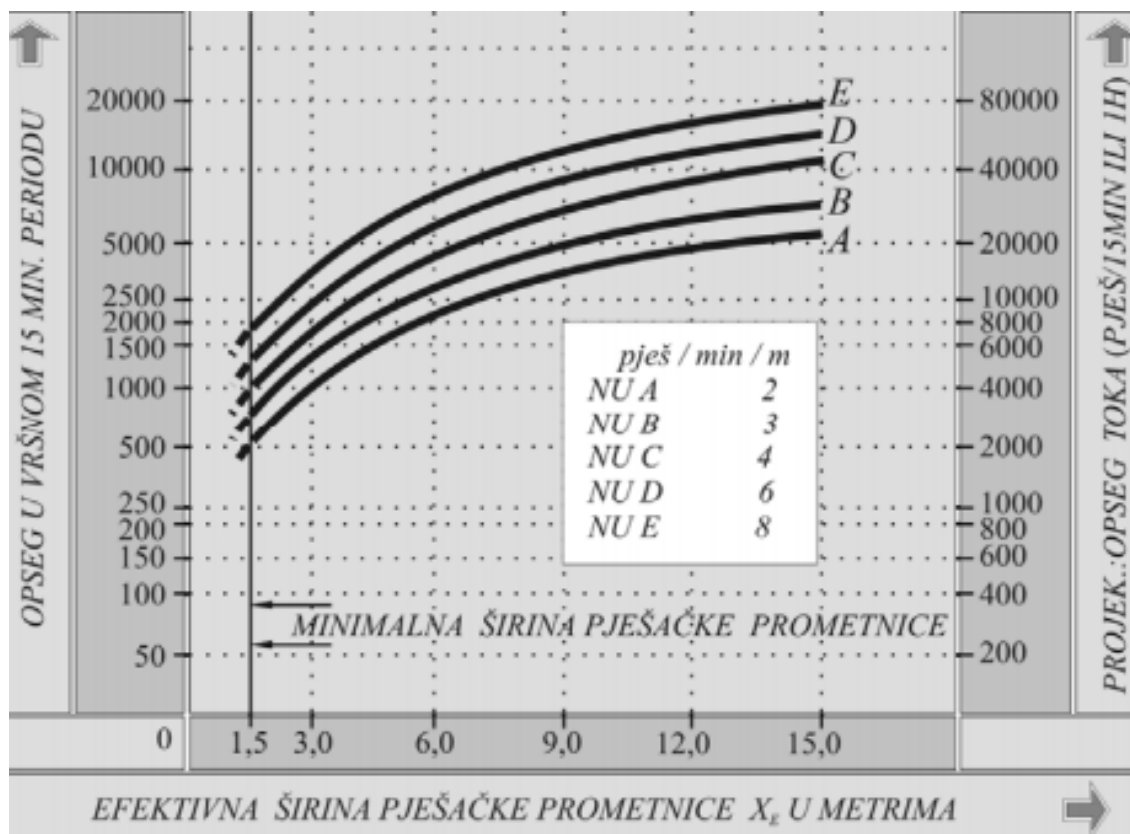
Prema Zakonu o sigurnosti prometa na cestama, vozači bicikla dužni su se kretati biciklističkom stazom ili biciklističkom trakom, a ako one ne postoje, što bliže desnom rubu kolnika. Kao što je vidljivo iz prethodnog grafikona, većina biciklista na Vukomerečkoj cesti ne poštuje taj Zakon, a razlozi tome mogu biti razni. Grafikon 4. prikazuje postotak biciklista koji voze po kolniku i nogostupu, izbrojanih ukupno kroz dane brojanja.

Grafikon 4. Omjer vožnje bicikla po kolniku i nogostupu



Kao što se može vidjeti iz grafikona, čak 91% biciklista koristi površinu namijenjenu kretanju pješaka za vožnju bicikla. Ostalih 9% kreću se kolnikom, a s obzirom na dimenzije prometnice, imaju velik utjecaj na propusnu moć i sigurnost prometa.

Primarne karakteristike pješačkog prometnog toka na pješačkim slične su karakteristikama toka vozila na odsječku ili dionici ceste. Da bi se izbjeglo ometanje pri prolasku dva pješaka, svaki od pješaka treba imati na raspolaganju najmanje 0,80 metara širine prometnice. Elementi za projektnu analizu širine pješačkih prometnica mogu se vidjeti na slici 28.[8]



Slika 28. Efektivna širina pješačke prometnice [8]

Na promatranom području širina nogostupa iznosi 1,60 metara, što je dovoljno za dva reda pješaka. Kod brojanja prometa, najveći zabilježeni broj pješaka u sat vremena je 43. Prema slici 27. to znači da je razina usluge za pješake A, odnosno najbolja moguća. No, ono što predstavlja problem je veliki broj biciklista koji se također kreću po površinama namijenjenim za pješake što pješacima izaziva osjećaj nesigurnosti.

4.5. Prostorno-planska dokumentacija

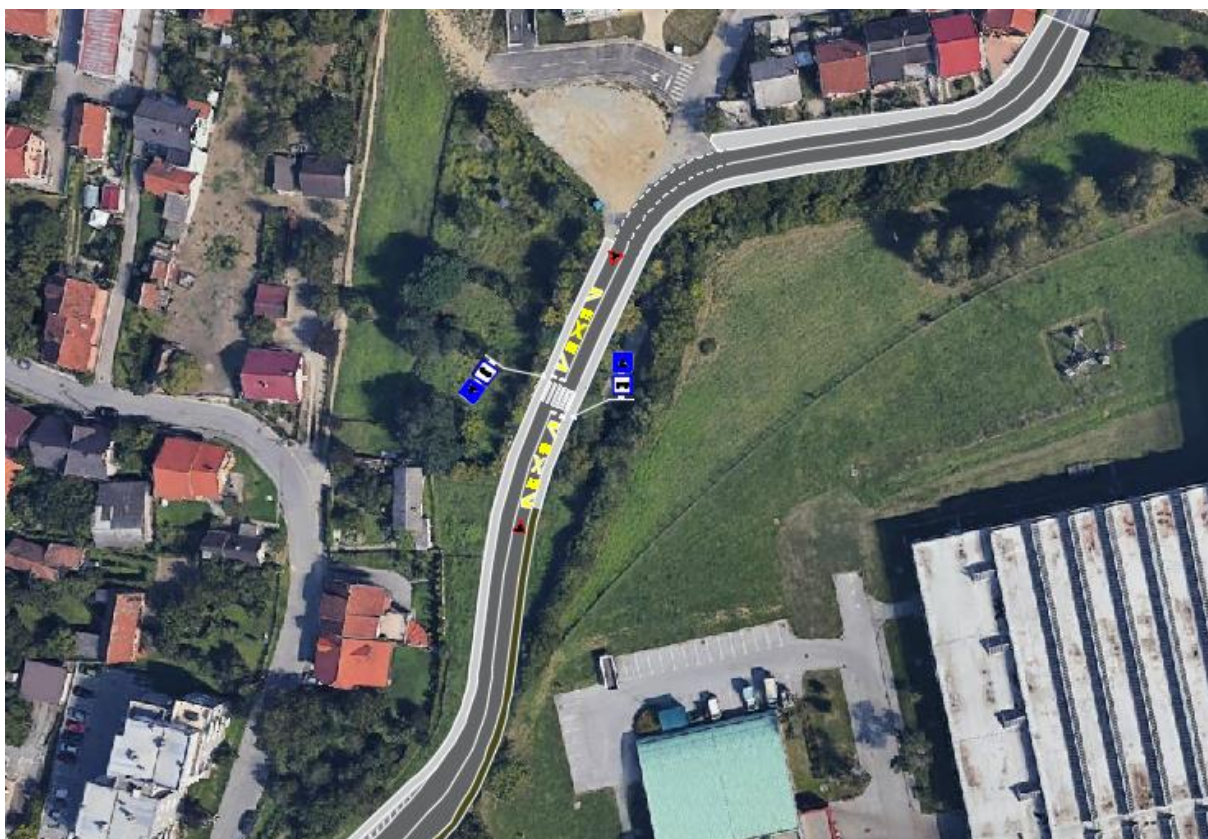
Prema Generalnom urbanističkom planu grada Zagreba, na promatranom području mogu se vidjeti neke promjene. Kao što je vidljivo na slici 29., predviđena je izgradnja nove prometnice koja bi bila kategorizirana kao glavna gradska ulica (svijetloplava linija). Zelena linija predstavlja biciklističku stazu, plava linija gradsku ulicu, a crvena linija koridore javno prometnih površina. No, ovakvo rješenje zahtijeva velika investicijska ulaganja kao i dug vremenski period realizacije. S druge strane, ovo rješenje u značajnoj mjeri pridonijelo bi povećanju propusne moći i sigurnosti prometa.



Slika 29. GUP grada Zagreba - promatrano područje [13]

5. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA PROMETNO-TEHNIČKIH ELEMENATA

Vukomerečka cesta ima propusnu moć koja ne zadovoljava današnje prometne potrebe. Naime, izgradnjom okolnih trgovačkih centara te spojem na Slavonsku aveniju, ovom prometnicom ide mnogo više vozila nego nekad. Problem kod ove ceste je taj što se ona nalazi u izgrađenom gradskom području te zbog toga na njoj nisu mogući neki veći zahvati. Cesta u svom većinskom dijelu ima prometne trakove širine 2,75 metara, što ima velik utjecaj na propusnu moć, a preporučena širina bila bi 3,00 metra. Na slici 30. može se vidjeti trenutno stanje dionice koja je najkritičnija na cijelom potezu.



Slika 30. Trenutno stanje

Signalizacija u prometu treba biti jednostavna, jasna, čitljiva, vidljiva, istoznačna, univerzalna, kontinuirana te postavljena u odgovarajućem opsegu. Signalizacija se može podijeliti na uspravnu (vertikalnu), tlocrtnu (horizontalnu) i svjetlosnu. [14] Na dionici prikazanoj na prethodnoj slici, na kolniku se nalaze iduće oznake: „Pješački prijelaz“, „Autobusno stajalište“ te natpis koji obavješćuje „Obilježen pješački prijelaz“. Zadnji natpis je

postavljen nedavno, ali je upitna njegova učinkovitost zbog preblizog postavljanja. Što se tiče vertikalne signalizacije, na stupu su postavljeni znakovi obavijesti „Obilježen pješački prijelaz“ i „Stajalište autobusa“.

Na navedenoj dionici problem predstavlja nedovoljno proširenje u zavojima. Na slikama 31. i 32. prikazane su trajektorije mjerodavnog vozila - zglobnog autobusa po smjerovima, gdje se može vidjeti kako je neophodno zahvaćanje traka za suprotni smjer. U tom slučaju, ostala vozila trebaju se zaustaviti kako bi propustila teška teretna vozila i autobuse.



Slika 31. Trajektorija smjer jug - sjever

Na slici 31. vidi se kako mjerodavno vozilo prolaskom kroz donji zavoj ostavlja 1,51 metra širine u nasuprotnom prometnom traku, a prolaskom kroz gornji zavoj 2,48 metara. U

donjem zavoju mimoilaženje s drugim vozilima nije moguće, dok je u gornjem moguće samo s osobnim automobilima.



Slika 32. Trajektorija smjer sjever - jug

Na slici 32. je pak obrnuto. Mimoilaženje nije moguće u gornjem zavoju gdje na raspolaganju ostaje samo 1,07 metara prometnog traka, dok je u donjem zavoju na raspolaganju 2,23 metra što omogućuje mimoilažanje s osobnim automobilima. Potrebno je napomenuti da kod donjeg zavoja na određenom dijelu nije izdignut nogostup, pa teška teretna vozila i autobusi mogu zahvatiti i taj dio kako bi olakšali prolazak zavojem. Također, bitno je napomenuti da trajektorije mjerodavnog vozila ovise i o sposobnosti i iskustvu vozača. Tako će neki vozači moći lakše proći zavojem, a drugi teže, upravljajući istim vozilom.

Na slici 33. prikazano je predloženo rješenje.



Slika 33. Prijedlog rješenja

Da bi se povećala propusna moć i sigurnost cestovnog prometa, predlaže se izgradnja ugibališta na autobusnom stajalištu „Sobolski put“. Također, preporučljivo bi bilo i proširenje kolnika kod dva obližnja zavoja. Ovo rješenje se predlaže zbog toga jer jedino u tom području postoji neizgrađen prostor koji može poslužiti upravo za to. Također, ovakvo rješenje znatno bi utjecalo na povećanje propusne moći i sigurnosti prometa. Naime, prema jednom istraživanju [15], došlo se do zaključka da izradom ugibališta umjsto stajališta na kolniku dolazi do povećanja kapaciteta prometnice za 23,4%. Na idućoj slici vide se trajektorije mjerodavnog vozila.



Slika 34. Trajektorije mjerodavnog vozila na novom rješenju

Na slici 34. prikazane su trajektorije mjerodavnog vozila za smjer jug-sjever i sjever-jug istovremeno. Dakle, kao što je vidljivo, novim rješenjem omogućilo bi se mimoilaženje dva zglobna autobusa, što u trenutnoj situaciji nije moguće. To se omogućuje proširenjem kolnika u zavojima.

Na slici 35. mogu se vidjeti katastarske čestice u neposrednoj blizini predloženog rješenja.



Slika 35. Katastarske čestice [16]

Navedena dionica nalazi se u katastarskoj općini Resnik. Predloženo rješenje osim na postojećem dijelu, nalazilo bi se i na česticama 2761/18, 2761/52 te 4929/10. Čestica 2761/18 ima 1105 m², a vodi se kao neplodno zemljište, zatim, čestica 2761/52 ima 445 m² a način uporabe je tvorničko dvorište te čestica 4929/10 ima 1275 m² te je evidentirana kao potok. Na svim navedenim česticama nije ništa sagrađeno tako da nije potrebno rušenje objekata u svrhu izgradnje rješenja.

Osim prethodnog dijela, predlažu se i neke promjene na raskrižju „Vukomerečka cesta - Ulica Siniše Glavaševića - Vukomerec ulica“. Trenutno stanje tog raskrižja prikazano je na slici 36.



Slika 36. Trenutno stanje - raskrižje [10]

Prema Generalnom urbanističkom planu grada Zagreba, područje u kojem se raskrižje nalazi definirano je stambenom i gospodarskom namjenom te zelenim površinama. Što se tiče energetskog sustava, ispod raskrižja prolazi plinovod. Strateška karta buke pokazuje da je najveća razina buke proizvedena od prometa na raskrižju tijekom dana i to 72,8 dB.

Na slici ispod može se vidjeti predloženo rješenje.



Slika 37. Prijedlog rješenja - raskrižje

U predloženom rješenju južni i istočni privoz ostali bi nepromijenjeni zbog eventualnih visokih troškova promjene te prostornih ograničenja. Na zapadnom privozu dodao bi se još jedan trak te bi tako sad bio poseban trak za lijevo skretanje, a zajednički za ravno i desno. Radijus između zapadnog i južnog privoza povećan je na 12 metara kako bi i teretna vozila mogla bez problema skrenuti desno. Na sjevernom privozu bio bi poseban trak za ravno i desno i poseban trak za ravno i lijevo. Zbog malog broja lijevih skretača, neće biti velikog ometanja vozila koja nastavljaju ravno. Također, na sjevernom privozu sad je postavljen pješački prijelaz te je asfaltiran dio nogostupa koji do sad nije bio asfaltiran. Raskrižje bi također bilo semaforizirano, ali s fiksnim ciklusom. Lijevo skretači na zapadnom i istočnom privozu bili bi u posebnoj fazi, što bi utjecalo na povećanje sigurnosti prometa. Na sjevernom

i južnom privozu postavila bi se dopunska strelica za lijevo skretanje. Dodavanje prometnih trakova utjecat će na povećanje propusne moći.

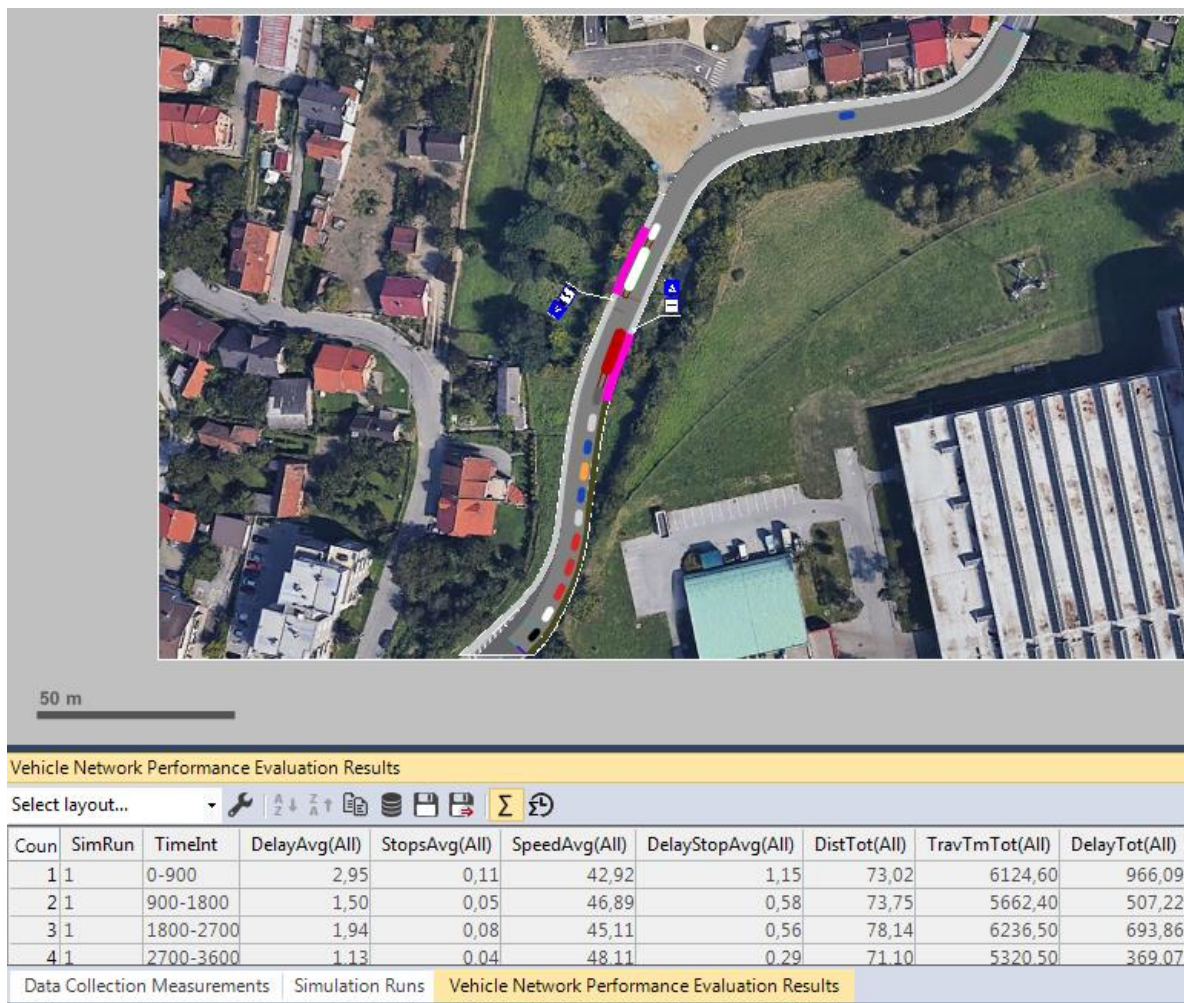
Kako bi ovo rješenje bilo izvedivo, potrebno je uklanjanje objekta na katastarskoj čestici 3090 površine 98 m², katastarske općine „Peščenica“. Također, obuhvatio bi se dio čestice 3181/1, ukupne površine 382628 m² koja je u svom većinskom dijelu oranica, a vodi se također kao vodozaštitno područje.

6. EVALUACIJA PREDLOŽENOG RJEŠENJA

Evaluacijom predloženog rješenja nastoji se predočiti u kojoj mjeri je predloženo rješenje bolje i učinkovitije od postojećeg stanja. Za potrebe ovog rada, evaluacija je izvršena pomoću mikroskopskog programskog alata PTV Vissim. PTV Vissim omogućuje točno simuliranje prometnih obrazaca, bilo da se radi o geometrijskim karakteristikama prometnica, prioritetima javnog gradskog prijevoza ili učincima prometne signalizacije. Vissim omogućuje prikazivanje svih sudionika u prometu i njihovih interakcija u jednom modelu. [17]

Kako bi se izradio ispravan model, potrebno je objasniti model slijeđenja vozila. Naime, preciznost mikrosimulacijskog modela u velikoj mjeri ovisi o kvaliteti modeliranja vozila, odnosno o metodi pomicanja vozila u mreži. Vissim primjenjuje psihofizički matematički model, koji je razvijen od strane njemačkog stručnjaka Wiedemanna. Osnovni princip tog modela temelji se na oponašanju konkretnih reakcija i odluka koje donosi vozač kada vozi iza drugog vozila. Kada vozač dostigne vozilo ispred sebe, on kreće kočiti u trenutku individualnog praga zamjećivanja sporijeg vozila ispred sebe. Budući da nije moguće odrediti točnu brzinu vozila ispred sebe, njegova će prilagođena brzina biti niža od brzine vozila koje je ispred. Zatim, vozač ponovno ubrzava vozilo dok ne postigne sljedeći prag zamjećivanja to jest percepcije, a proces se iterativno nastavlja s izmjenom ubrzavanja i kočenja. Razlikuju se dva modela slijeđenja vozila: Wiedemann 74 i Wiedemann 99. Wiedemann 74 prikladan je za ceste u naselju te je stoga korišten u ovom radu, a Wiedemann 99 prikladan je za ceste izvan naselja i autoceste. [18]

Za izradu simulacije postojećeg stanja i novog rješenja uzeto je prometno opterećenje popodnevnog vršnog sata. Na slici 38. prikazano je izvođenje simulacije u Vissim-u na postojećem stanju.



Slika 38. Simulacija - postojeće stanje

Izradom simulacijskog modela dobiveni su određeni rezultati. Simulacija je rađena u intervalima od po 900 sekundi odnosno 15 minuta za period od sat vremena. Prometovanje autobusa rađeno je prema važećem voznom redu linije 215 radnim danom. Prema slici 39. od 15:00 do 17:00 sati autobus prometuje u prosjeku svakih 10 minuta.

BROJ LINIJE: **215**

U PROMETU OD: 17.06.2019.

NAZIV LINIJE: **Kvaternikov trg - Trnava**

KVATERNIKOV TRG					RADNI DAN					TRNAVA				
sati	minute				sati	minute								
4	25	40			4	35	50							
5	00	15	30	45	5	05	20	35	50					
6	00	15	30	41	52	6	05	20	35	50				
7	04	15	26	37	49	7	01	12	24	35	46	57		
8	00	11	22	34	45	56	8	09	20	31	42	54		
9	07	19	30	41	52	9	05	16	27	39	50			
10	04	15	26	37	49	10	01	12	24	35	46	57		
11	00	11	22	34	45	56	11	09	20	31	42	54		
12	07	19	30	41	52	12	05	16	27	39	50			
13	04	15	26	37	49	13	01	12	24	35	46	57		
14	00	11	22	34	45	56	14	09	20	31	42	54		
15	07	19	30	41	52	15	05	16	27	39	50			
16	04	15	26	37	49	16	01	12	24	35	46	57		
17	00	15	30	45		17	09	20	35	52				
18	00	15	30	45		18	05	20	35	50				
19	00	15	30	45		19	05	20	35	50				
20	00	15	30	45		20	05	20	35	50				
21	00	15	30	45		21	05	20	35	50				
22	00	20	40			22	05	20	40					
23	00	40				23	00	20						
0						0	01							

Slika 39. Vozni red - linija 215

Nakon izvršene simulacije, dobiveni su određeni rezultati. Rezultati se mogu vidjeti u narednim tablicama.

Tablica 20. Podaci dobiveni simulacijom postojećeg stanja

	Prosječno vrijeme kašnjenja (s/voz)	Ukupno vrijeme kašnjenja (min)	Prosječno vrijeme kašnjenja prilikom zaustavljanja (s/voz)	Ukupno vrijeme kašnjenja prilikom zaustavljanja (min)	Prosječan broj zaustavljanja	Ukupan broj zaustavljanja	Prosječna brzina putovanja (km/h)	Ukupno vrijeme putovanja (h)
0-900 (s)	2,95	16,10	1,15	6,28	0,11	36,00	42,92	1,70
900-1800 (s)	1,50	8,45	0,58	3,29	0,05	16,00	46,89	1,57
1800-2700 (s)	1,94	11,56	0,56	3,35	0,08	30,00	45,11	1,73
2700-3600 (s)	1,13	6,15	0,29	1,57	0,04	14,00	48,11	1,48

Tablica 21. Rep čekanja u postojećem stanju

Vremenski period i smjer	Prosječna duljina repa čekanja (m)	Maksimalna duljina repa čekanja (m)	Broj vozila u repu
0-900 (s) J-S	3,31	69,90	21,00
0-900 (s) S-J	1,19	58,15	9,00
900-1800 (s) J-S	2,01	63,90	10,00
900-1800 (s) S-J	0,03	7,52	1,00
1800-2700 (s) J-S	2,38	70,55	18,00
1800-2700 (s) S-J	0,51	25,86	4,00
2700-3600 (s) J-S	0,92	58,80	7,00
2700-3600 (s) S-J	0,50	32,30	4,00

Na slici 40. može se vidjeti simulacija predloženog rješenja, a u tablici ispod podaci dobiveni tom simulacijom.

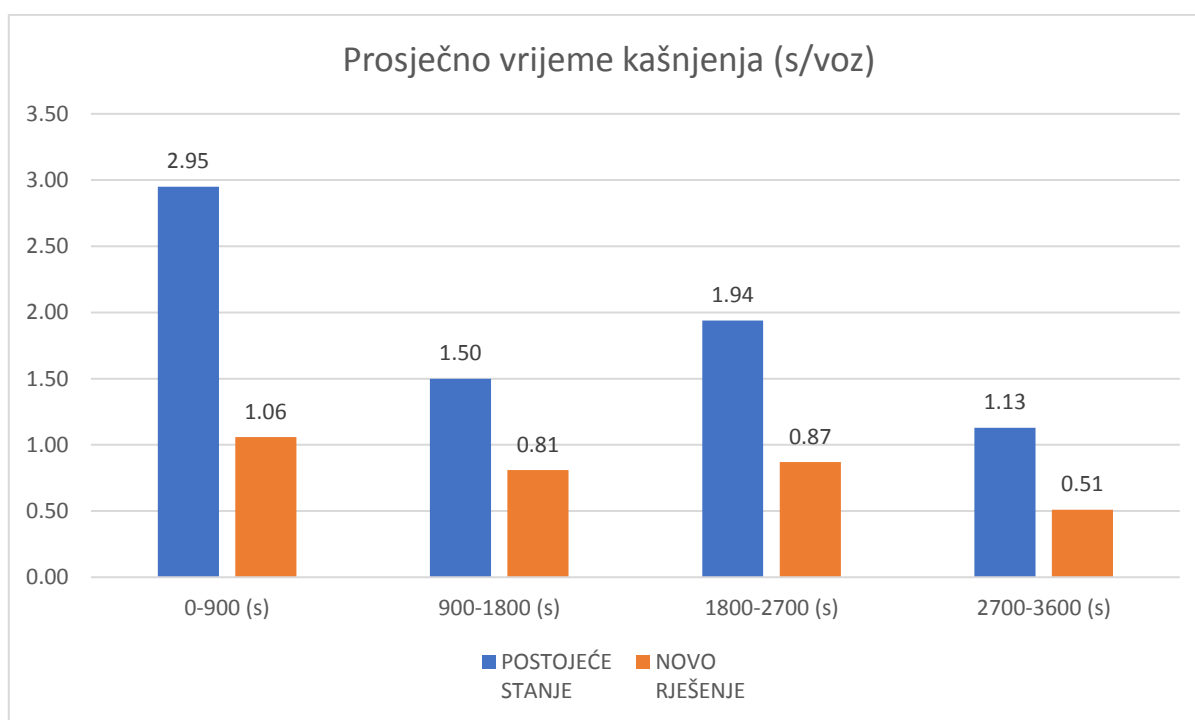


Slika 40. Simulacija - predloženo rješenje

Tablica 22. Podaci dobiveni simulacijom predloženog rješenja

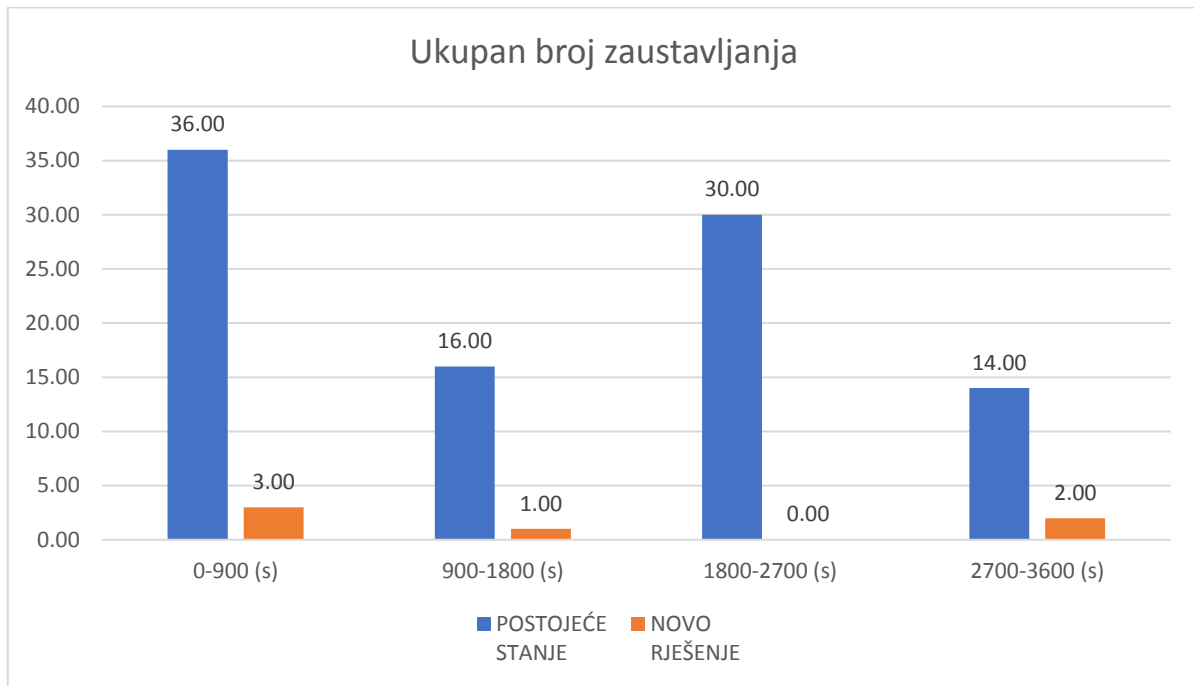
	Prosječno vrijeme kašnjenja (s/voz)	Ukupno vrijeme kašnjenja (min)	Prosječno vrijeme kašnjenja prilikom zaustavljanja (s/voz)	Ukupno vrijeme kašnjenja prilikom zaustavljanja (min)	Prosječan broj zaustavljanja	Ukupan broj zaustavljanja	Prosječna brzina putovanja (km/h)	Ukupno vrijeme putovanja (h)
0-900 (s)	1,06	5,78	0,02	0,10	0,01	3,00	47,65	1,49
900-1800 (s)	0,81	4,59	0,01	0,04	0,00	1,00	48,86	1,47
1800-2700 (s)	0,87	5,17	0,00	0,00	0,00	0,00	47,98	1,58
2700-3600 (s)	0,51	2,76	0,01	0,07	0,01	2,00	49,95	1,38

U predloženom rješenju ne dolazi do stvaranja repa čekanja. U narednim grafovima prikazana je usporedba podataka dobivenih simulacijom postojećeg stanja i predloženog rješenja.

Grafikon 5. Prosječno vrijeme kašnjenja

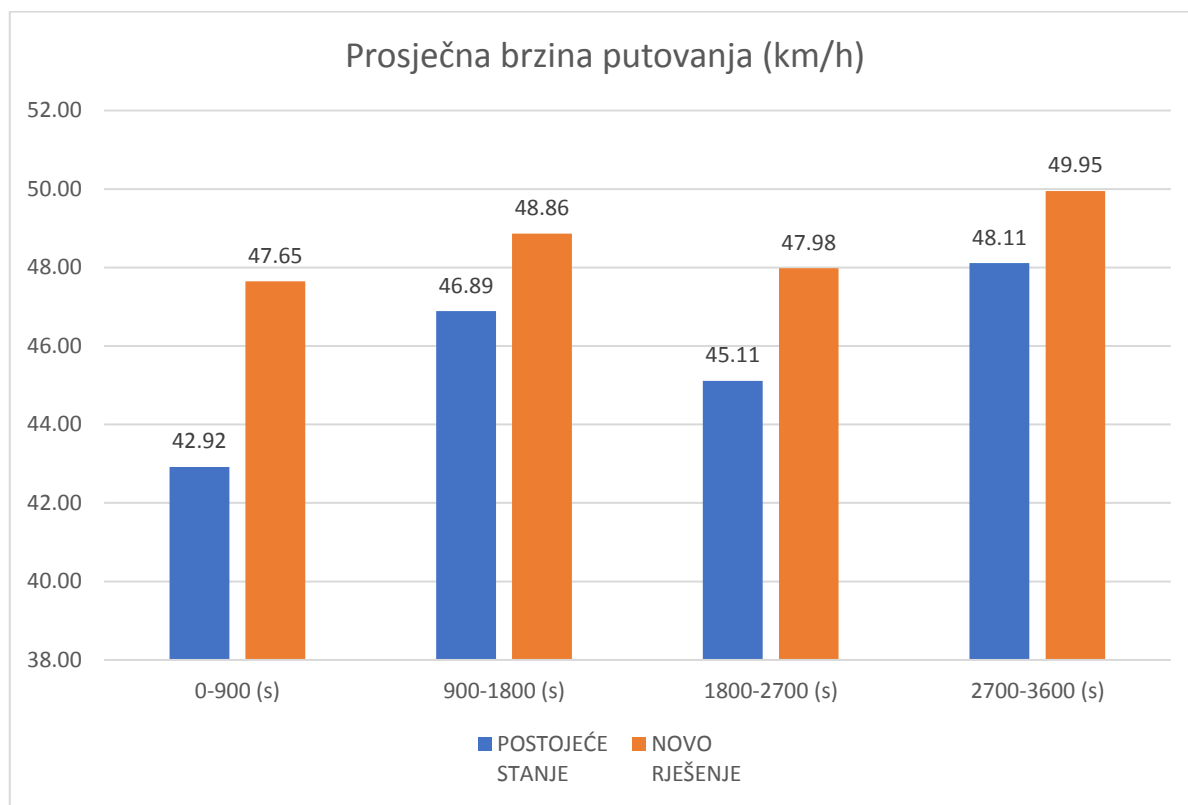
Prema grafikonu 5. vidi se kako se prosječno vrijeme kašnjenja znatno smanjuje kod novog rješenja. Naime, novo rješenje pridonijelo bi smanjenju prosječnog vremena kašnjenja za čak 56,8% u sat vremena.

Grafikon 6. Ukupan broj zaustavljanja



Promatrajući ukupan broj zaustavljanja, unutar sat vremena taj broj bi se smanjio s 96 na 6 odnosno za 93,75%. Ovakav rezultat objašnjava se time što kod novog rješenja vozila ne moraju čekati iza autobusa dok se vrši ukrcaj i iskrcaj putnika, već samo moraju usporiti prilikom ulaska autobusa u ugibalište i prilikom propuštanja istog kod izlaska s ugibališta.

Grafikon 7. Prosječna brzina putovanja



Još jedan od benefita koji bi se postigao novim rješenjem je povećanje prosječne brzine putovanja s 45,76 km/h na 48,61 km/h. Razlika nije naročito velika, ali je optimalna jer bi se većim brzinama utjecalo na sigurnost prometa.

7. ZAKLJUČAK

Prometno-tehnički elementi ceste imaju bitan utjecaj na propusnu moć i sigurnost cestovnog prometa. Izvedba adekvatnih prometno-tehničkih elemenata, kao što je širina prometnog traka, širina bankine i ostalo, lakša je kod javnih cesta jer ne postoje velika ograničenja u prostornom smislu. U gradovima postoji problem izgrađenosti zbog kojeg je ponekad teško uskladiti prometno-tehničke elemente. Također, kod projektiranja gradskih prometnica ne postoji pravilnik kao što je to slučaj kod javnih cesta, već se oblikovanje vrši prema određenim smjernicama, uklapajući prometnicu u ograničeni prostor. Ono što je jako bitno je vršiti odgovarajuće prognoze prometa te proučavati prostorno-plansku dokumentaciju, kako bi se dobio uvid u buduća prometna opterećenja, kako bi planirano rješenje bilo dugoročno održivo.

Vukomerečka cesta u prometnom smislu predstavlja ulicu. Propusna moć i stanje sigurnosti na navedenoj prometnici ne zadovoljava trenutne prometne uvjete. Naime, posljednjih godina došlo je do porasta broja vozila na toj prometnici zbog toga jer se u produžetku izgradio spoj na Slavonsku aveniju te su se izgradili trgovački centri. Zbog toga se protok vozila znatno povećao, a prometna infrastruktura je godinama ista. Prometnicu obilježavaju zavoji malih radijusa te nedovoljna proširenja kolnika u zavojima zbog čega je otežano mimoilaženje vozila, a pogotovo teških teretnih.

Još jedan nedostatak na prometnici su autobusna stajališta koja su smještena na kolniku. Stajalište „Sobolski put“ posebno je problematično jer se nalazi u neposrednoj blizini semaforiziranog raskrižja. Prilikom dužeg zadržavanja autobusa na stajalištu radi ukrcaja i iskrcaja putnika, primijećeno je da red vozila doseže samo raskrižje, koje postaje „blokirano“. S prometno-sigurnosnog stajališta, prilikom brojanja prometa primijećen je određeni broj vozila koja zaobilaze autobus dok je na stajalištu, čime se pješaci dovode u veliku opasnost s obzirom da se pješački prijelaz nalazi odmah ispred stajališta.

Prijedlog rješenja kojim bi se u određenom dijelu riješili navedeni problemi je izgradnja autobusnog ugibališta. Evaluacijom rješenja dobili su se podaci da bi se tim rješenjem prosječno vrijeme kašnjenja smanjilo za 56,8%, a ukupan broj zaustavljanja smanjio bi se s trenutnih 96 na samo 6 u satu. Također, predloženo je i proširenje kolnika u zavoju, tako da se omogući mimoilaženje dva mjerodavna vozila.

LITERATURA

- [1] Legac, I.: Cestovne prometnice I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [2] Zakon o sigurnosti prometa na cestama
<https://www.zakon.hr/z/78/Zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama> (Pristupljeno: travanj 2019.)
- [3] Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa – NN 110/2001
http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001_12_110_1829.html (Pristupljeno: travanj 2019.)
- [4] Legac, I.: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.
- [5] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [6] Božičević, J.; Topolnik, D.: Infrastruktura cestovnog prometa I i II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1996.
- [7] Kuzović, Lj.; Topolnik, D.: Kapacitet drumskih saobraćajnica, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [8] Dadić, I.; Kos, G.; Ševrović, M.: Teorija prometnog toka, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
- [9] Grad Zagreb. Preuzeto sa: <https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/13719> (Pristupljeno: lipanj 2019.)
- [10] Google Maps. Preuzeto sa: <https://maps.google.com/> (Pristupljeno: srpanj 2019.)
- [11] Korte, J. V.: Osnovi projektovanja gradskog i međugradskog putnog saobraćaja, Građevinska knjiga, Beograd, 1968.
- [12] ZET. Preuzeto sa: <http://www.zet.hr/prodaja/izvanredne-voznje/autobusi-i-kombi-vozila/tip-vozila-autobus-zglobni/292>; http://www.zet.hr/raspored-voznji/325?route_id=215 (Pristupljeno kolovoz 2019.)
- [13] Zagrebačka infrastruktura prostornih podataka. Preuzeto sa: <https://geoportals.zagreb.hr/Karta?tk=2> (Pristupljeno kolovoz 2019.)
- [14] Luburić, G.: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1- radni materijal za predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [15] Ben-Edigbe, J.: Determining Impact of Bus-Stops on Roadway Capacity, University of Technology, Malaysia, 2011. Preuzeto sa:
http://www.itrn.ie/uploads/sesB2_ID102.pdf (Pristupljeno kolovoz 2019.)
- [16] Katastar. Preuzeto sa: <https://www.katastar.hr/#/> (Pristupljeno srpanj 2019.)
- [17] PTV Group. Preuzeto sa: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-vissim/> (Pristupljeno srpanj 2019.)

[18] Jovanović, G.; Šraml, M.: Mikrosimulacije u prometu (radni udžbenik s primjenom VISSIM-a), Fakulteta za gradbeništvo, Maribor, 2014.

<http://gfosweb.gfos.hr/portal/images/stories/studij/sveucilisni-diplomski/simulacije-prometa-u-gradskoj-mrezi/Mikrosimulacije%20u%20prometu%20radni%20udzbenik%20s%20primjenom%20VISSIM-a.pdf>

POPIS SLIKA

Slika 1. Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste	3
Slika 2. Stupanj pojave prometne nesreće prije i poslije uvođenja traka za spora vozila	7
Slika 3. Protok vozila na presjeku ceste	10
Slika 4. Protok vozila na dionici ceste.....	10
Slika 5. Gustoća prometnog toka.....	11
Slika 6. Srednja prostorna brzina.....	12
Slika 7. Srednja vremenska brzina	12
Slika 8. Ovisnost srednje prostorne brzine i protoka o gustoći toka	13
Slika 9. Ovisnost srednje prostorne brzine toka o protoku.....	14
Slika 10. Vukomerečka cesta	19
Slika 11. Raskrižje Vukomerečka cesta - Resnički put.....	20
Slika 12. Autobusno stajalište "Resnički put" (A)	21
Slika 13. Autobusno stajalište "Resnički put" (B).....	22
Slika 14. Zavoji	23
Slika 15. Nepregledan zavoj.....	24
Slika 16. Autobusno stajalište "Vukomerečka 40".....	25
Slika 17. Kontejner postavljen na nogostup	26
Slika 18. Oštri zavoj	27
Slika 19. Kratka ravnina	28
Slika 20. Drugi zavoj.....	29
Slika 21. Autobusno stajalište "Sobolski put"	30
Slika 22. Noćna vidljivost	31
Slika 23. Neuređen nogostup.....	32
Slika 24. Raskrižje „Vukomerečka cesta - Ulica Siniše Glavaševića - Vukomerec ulica“	33
Slika 25. Mjesto brojanja prometa.....	36
Slika 26. Osnovni projektni uvjeti za gradske prometnice.....	42
Slika 27. Mjerodavno vozilo	45
Slika 28. Efektivna širina pješačke prometnice.....	49
Slika 29. GUP grada Zagreba - promatrano područje	50
Slika 30. Trenutno stanje.....	51
Slika 31. Trajektorija smjer jug - sjever	52
Slika 32. Trajektorija smjer sjever - jug	53
Slika 33. Prijedlog rješenja.....	54
Slika 34. Trajektorije mjerodavnog vozila na novom rješenju.....	55
Slika 35. Katastarske čestice	56
Slika 36. Trenutno stanje - raskrižje.....	57
Slika 37. Prijedlog rješenja - raskrižje.....	58
Slika 38. Simulacija - postojeće stanje	61
Slika 39. Vozni red - linija 215	62
Slika 40. Simulacija - predloženo rješenje	63

POPIS TABLICA

Tablica 1. Širina prometnog traka za razne projektne brzine	4
Tablica 2. Minimalne širine prometnih trakova u naseljima	4
Tablica 3. Broj prometnih nesreća u ovisnosti o širini kolnika	4
Tablica 4. Odnos širine rubnog traka i prometnog traka.....	5
Tablica 5. Odnos širine bankine i prometnog traka	6
Tablica 6. Broj prometnih nesreća u ovisnosti o širini bankine.....	6
Tablica 7. Razina usluge prema kategoriji prometnice	18
Tablica 8. Pa-jedinice.....	35
Tablica 9. Brojanje prometa 29.06.2019. (Subota) - 15:00-16:00 h (S-J)	36
Tablica 10. Brojanje prometa 29.06.2019. (Subota) - 15:00-16:00 h (J-S)	37
Tablica 11. Brojanje prometa 02.07.2019. (Utorak) - 15:00-16:00 h (S-J)	37
Tablica 12. Brojanje prometa 02.07.2019. (Utorak) - 15:00-16:00 h (J-S)	38
Tablica 13. Brojanje prometa 04.07.2019. (Četvrtak) - 15:00-16:00 h (S-J).....	38
Tablica 14. Brojanje prometa 04.07.2019. (Četvrtak) - 15:00-16:00 h (J-S).....	39
Tablica 15. Brojanje prometa 05.07.2019. (Petak) - 19:00-20:00 h (S-J).....	39
Tablica 16. Brojanje prometa 05.07.2019. (Petak) - 19:00-20:00 h (J-S).....	40
Tablica 17. Brojanje prometa 07.07.2019. (Nedjelja) - 16:00-17:00 h (S-J).....	40
Tablica 18. Brojanje prometa 07.07.2019. (Nedjelja) - 16:00-17:00 h (J-S).....	41
Tablica 19. Vrijeme stajanja autobusa na stajalištu (sekundi)	46
Tablica 20. Podaci dobiveni simulacijom postojećeg stanja.....	62
Tablica 21. Rep čekanja u postojećem stanju	63
Tablica 22. Podaci dobiveni simulacijom predloženog rješenja.....	64

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Protok vozila u vršnim i izvanvršnim satima	41
Grafikon 2. Faktor vršnog sata	44
Grafikon 3. Kretanje biciklista	47
Grafikon 4. Omjer vožnje bicikla po kolniku i nogostupu	48
Grafikon 5. Prosječno vrijeme kašnjenja.....	64
Grafikon 6. Ukupan broj zaustavljanja.....	65
Grafikon 7. Prosječna brzina putovanja	66

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Rezultati brojanja prometa - smjer sjever-jug

Prilog 2. Rezultati brojanja prometa - smjer jug-sjever

Prilog 3. Trenutno stanje

Prilog 4. Prijedlog rješenja



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

NAZIV:
 TRENUTNO STANJE

IZRADILA:
 ANDELA BRKLJAČA, 0319001400

BROJ PRILOGA: 3

DATUM: KOLOVOZ 2019.

MJERILO: 1:500



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

NAZIV:
 PRIJEDLOG RJEŠENJA

IZRADILA:
 ANDELA BRKLJAČA, 0319001400

BROJ PRILOGA: 4

DATUM: KOLOVOZ 2019.

MJERILO: 1:500



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski 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 _____ diplomskog rada
pod naslovom **Utjecaj prometno-tehničkih elemenata ceste na propusnu moć i
sigurnost cestovnog prometa**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 9.9.2019 _____

ABRUKIĆA

(potpis)