

Analiza brzine pešaka na signalisanim pešačkim prelazima

NIKOLA V. BARAĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

ORCID: 0009-0008-7906-0589

STAMENKA R. STANKOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-0943-6412

Stručni rad

UDC: 656.1-051(497.11)

DOI: 10.5937/tehnika2603291B

Korišćenje merodavne vrednosti brzine pešaka prilikom definisanja rada svetlosnih signala na signalisanoj raskrsnici je od izuzetne važnosti u pogledu bezbednosti i efikasnosti pešačkih tokova. U radu je utvrđena merodavna vrednost brzine pešaka (15-i percentil brzine pešaka), kao i faktori koji utiču na brzinu pešaka. Istraživanjem na terenu utvrđeno je da se vrednost 15-og percentila brzine pešaka kreće u intervalu 1,101 – 1,135 m/s. Kao najznačajniji uticajni faktor izdvojen je faktor trenutka prelaska ulice, gde je utvrđeno da se pešaci koji prelaze ulicu tokom zaštitnog vremena kreću značajno većim brzinama od ostalih pešaka. Dobijeni rezultat ukazuje da je preporučena vrednost brzine pešaka od 1,2 m/s značajno veća od merodavne brzine pešaka utvrđene na terenu.

Ključne reči: brzina pešaka, uticajni faktori, signalisana raskrsnica

1. UVOD

Pešačenje predstavlja osnovni vid kretanja svih korisnika saobraćajnog sistema, jer svako kretanje u svom lancu ima komponentu pešačkog kretanja. Pešačenje kao vid kretanja sve češće predstavlja osnovu politike održivog razvoja [1].

Prema podacima iz 2015. godine u Beogradu se 26.4% kretanja obavlja pešačenjem. Takođe, 15.8% svih putovanja su kraća od 10 minuta zbog čega se navodi da pešačenje može imati bitnu ulogu u realizaciji mobilnosti u gradu [2].

S druge strane pešaci kao učesnici u saobraćaju predstavljaju najranjiviju kategoriju korisnika. U periodu od 2017. do 2021. godine u Beogradu je zabeleženo 22.7 smrtnih slučajeva pešaka na milion stanovnika. Udeo poginulih pešaka u ukupnom broju žrtava saobraćajnih nezgoda u Beogradu bio je 42%, što je 2 puta veća vrednost nego u zemljama Evropske unije (21%) [3].

Ovaj rad je motivisan pretpostavkom da preporučena vrednost parametra brzine pešaka u inženjerskoj praksi u Srbiji ne odgovara brzinama pešaka na terenu.

Zbog toga je cilj ovog rada bio da se utvrdi merodavna vrednost brzine pešaka, kao i faktori koji utiču na brzinu pešaka.

2. BRZINA PEŠAKA

Optimizacija svetlosnih signala predstavlja postupak u kome se za definisane ulazne podatke utvrđuju optimalne vrednosti parametara rada signala. Pored ostalih ulaznih podataka, ulazni podaci koji se tiču pešačkih tokova su zaštitna vremena između pešaka i vozila i minimalna zelena vremena pešaka [4].

Zaštitno vreme obezbeđuje bezbednu tranziciju između uzastopnih faza. Prilikom prelaska između faza, saobraćajni tokovi iz aktuelne faze gube pravo prolaska, dok tokovi iz nastupajuće faze dobijaju pravo prolaska raskrsnicom.

Zaštitno vreme između dva konfliktna toka je vremenski interval od početka signalnog pojma koji znači zabranu prolaska za tok koji gubi, do početka signalnog pojma koji znači dozvoljen prolaz za tok koji dobija pravo prolaska raskrsnicom. Prema domaćim preporukama zaštitno vreme u slučaju da vozački tok gubi pravo prolaska kroz raskrsnicu, a pešački tok dobija pravo prolaska raskrsnicom se računa po formuli [4]:

$$\Delta t_{V-P} = \frac{L_V}{V_V} + 1 \quad (1)$$

gde su:

Adresda autora: Nikola Barać, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305

e-mail: nikola.barac12345@gmail.com

Rad primljen: 28.04.2026.

Rad prihvaćen: 08.05.2026.

L_V – rastojanje od linije zaustavljanja do konfliktne tačke za vozački tok koji gubi pravo prolaska raskrsnicom (m),

V_V – brzina vozačkog toka koji gubi pravo prolaska raskrsnicom (m/s).

U slučaju da pešački tok gubi, a vozački tok dobija pravo prolaska raskrsnicom zaštitno vreme utvrđuje se izrazom [4]:

$$\Delta t_{V-P} = \frac{L_P}{V_P} - \frac{L_V}{V_V} + 1 \quad (2)$$

gde su:

L_P – rastojanje koje je potrebno pešaku da prođe konfliktnu tačku, tj. dužina pešačkog prelaza (m),

V_P – brzina pešačkog toka (m/s),

L_V – rastojanje od linije zaustavljanja do konfliktne tačke za vozački tok koji gubi pravo prolaska raskrsnicom (m),

V_V – brzina vozačkog toka koji gubi pravo prolaska raskrsnicom (m/s).

Minimalna vrednost stvarnog zelenog vremena definiše se na osnovu vremena reakcije na promenu signalnog pojma i minimalnog vremena za opsluživanje korisnika. Iako postoji više pristupa za određivanje minimalnog zelenog vremena za pešačke tokove, svi pristupi se zasnivaju na vrednosti količnika dužine pešačkog prelaza i brzine pešaka. Prema domaćim preporukama minimalno zeleno vreme se računa na sledeći način [4]:

$$Z_{min,peš} = \frac{L_P}{V_P} \text{ za } L_P \leq 12 \text{ m} \quad (3)$$

$$Z_{min,peš} = 0,5 * \frac{L_P}{V_P} \text{ za } L_P > 12 \text{ m} \quad (4)$$

U formulama (2), (3) i (4) vidi se da zaštitno vreme u slučaju pešak – vozilo i minimalno zeleno vreme pešačkih tokova zavise od dužine pešačkog prelaza i od brzine pešaka. Dužina pešačkog prelaza kao parametar zavisi od geometrijskih karakteristika raskrsnice i načina regulisanja, i može se usvojiti iz plana horizontalne i vertikalne signalizacije.

S druge strane, brzina pešaka je empirijski parametar koji se utvrđuje istraživanjem na terenu. Pored prikupljanja informacija o brzinama pešaka potrebno je izabrati merodavnu vrednost brzine. Ukoliko bi se brzina odredila u odnosu na najkritičnijeg korisnika tj. u odnosu na korisnika sa najmanjom brzinom, to bi značilo da se svi ostali pešaci kreću većom brzinom. Ovakav pristup sa sobom nosi probleme po pitanju efikasnosti i bezbednosti sistema. Ukoliko bi se kao merodavna brzina koristila prosečna brzina, to bi značilo da se blizu 50% korisnika kreće brzinom manjom od merodavne. Ovakav pristup takođe nije idealan. S tim u vezi, da bi se na adekvatan način odredila merodavna vrednost brzine pešaka, u praksi

se najčešće koristi vrednost 15-og percentila brzine pešaka. Ovako izabrana vrednost podrazumeva da se samo 15% pešaka kreće brzinom koja je jednaka ili manja od definisane.

Preporuke o brzinama pešaka razlikuju se od zemlje do zemlje, međutim istraživanja u svetu su pokazala da realna brzina pešaka utvrđena na terenu ne odgovara uvek brzini pešaka koja je usvojena prilikom definisanja rada svetlosnih signala na raskrsnici. Takođe, u zavisnosti od lokacije istraživanja utvrđeno je da različiti faktori utiču na brzinu pešaka.

3. PREGLED LITERATURE

Prema domaćim preporukama na teritoriji Srbije najčešće se koristi vrednost brzine pešaka od 1,2 m/s, a preporučeno je korišćenje manjih vrednosti brzine pešaka ukoliko postoji značajan udeo starih ili osoba sa poteškoćama u kretanju [4]. Slične preporuke nalaze se i u američkom priručniku MUTCD [5], dok se po nemačkim RiLSA [6] uputstvima preporučuje vrednost brzine pešaka od 1,2 m/s ali se eksplicitno naglašava da ona može da varira u rasponu od 1,0 do 1,5 m/s.

U Australiji se obično koristi vrednost od 1,2 m/s sa izuzetkom od 1,0 m/s za lokacije sa velikim udelom starih osoba ili osoba sa poteškoćama u kretanju. Međutim, postoje jurisdikcije koje koriste vrednost 1,5 m/s kao ulazni podatak za brzinu pešaka, a u nekim slučajevima se koriste posebne vrednosti za brzinu pešaka tokom zelenog vremena i tokom zaštitnog vremena koje iznose 1,2 m/s i 1,5 m/s respektivno [7] [8].

Tarawneh M. S. (2001) sproveo je istraživanje brzina pešaka u Jordanu koje je obuhvatilo 12 signalisanih raskrsnica i oko 3500 pešaka. Zabeležena prosečna brzina pešaka i 15-i percentil brzine pešaka bili su 1,34 i 1,11 m/s. Analizom prosečnih brzina u zavisnosti od uticajnih faktora utvrđeno je da starost, pol, veličina grupe pešaka i dužina pešačkog prelaza utiču na brzinu pešaka [9].

Goh B. H. i dr. (2012) istraživali su brzine pešaka u Kuala Lumpuru na uzorku od 1579 pešaka na signalisanim i nesignalisanim raskrsnicama. Od 1579 brzina pešaka njih 907 je prikupljeno na signalisanim raskrsnicama. Prosečna brzina i 15-i percentil iznosili su 1,31 i 1,09 m/s. Pored toga, utvrđeno je da pol i starost utiču na brzinu pešaka [10].

Istraživanje u Melburnu koje su sprovedi Truong L. i dr. (2018) obuhvatilo je 2 signalisane raskrsnice sa ukupno 673 pešaka u uzorku. Dobijeni su rezultati za prosečnu brzinu i 15-ti percentil brzine pešaka od 1,49 i 1,25 m/s respektivno. Takođe je uočeno da postoje značajne razlike u brzini pešaka tokom trajanja zelenog vremena i tokom zaštitnog vremena [11].

Zafri N. M. i dr. (2019) sprovedli su istraživanje u Daki na uzorku od 560 pešaka od kojih je 208 bilo na signalisanim raskrsnicama. Prosečna brzina na signalisanim pešačkim prelazima bila je 1,39 m/s, dok je 15-i percentil brzine bio 1,15 m/s [12].

Tabela 1. Pregled literature

Autor	Godina	Prosečna vrednost (m/s)	15-i percentil (m/s)	Uticajni faktori
Domaće preporuke	2020	-	1,2	starost pešaka
MUTCD preporuke	2023	-	1,2	starost pešaka
RiLSA preporuke	2015	-	1,2	starost pešaka
Austroads preporuke	2019	-	1,2	starost pešaka
Tarawneh M. S.	2001	1.34	1,11	starost, pol, veličina grupe pešaka, dužina pešačkog prelaza
Goh B. H. i dr.	2012	1.31	1,09	pol, starost
Truong L. i dr.	2018	1.49	1,25	trenutak prelaska
Zafri N. M. i dr.	2019	1.39	1,15	-

4. METODOLOGIJA

Za potrebe analize brzine pešaka sprovedeno je terensko istraživanje brzina pešaka. Podaci o brzinama pešaka su prikupljeni na 3 signalisane raskrsnice u Beogradu:

- raskrsnica Francuske ulice i ulice Braće Jugovića (R1),
- raskrsnica Bulevara kralja Aleksandra i ulice Gospodara Vučića (R2),
- raskrsnica Beogradske ulice i Krunske ulice (R3).

Lokacije su izabrane tako da obuhvate centralnu gradsku zonu, obod centralne gradske zone i područje van centralne gradske zone. Takođe, lokacije su birane tako da obuhvate sve starosne grupe pešaka i različite namene površina u okruženju pešačkih prelaza.

Prikupljanje podataka je sprovedeno u petak 12. septembra 2025. godine između 13:30 i 17:30 časova. Na svakoj od lokacija je izvršeno snimanje 60 minuta pri suvim vremenskim uslovima. Proces prikupljanja podataka obavljen je u dve faze. U prvoj fazi

napravljen je video snimak na terenu, dok su u drugoj fazi pregledanjem snimka izdvojeni potrebni podaci u bazu podataka.

Za svakog pešaka na raskrsnicama su prikupljeni sledeći podaci:

- lokacija raskrsnice,
- pol pešaka,
- starost pešaka,
- veličina pešačke grupe,
- dužina pešačkog prelaza,
- trenutak prelaska pešaka u toku ciklusa, tj. korišćenje zaštitnog vremena, i
- brzina prelaska pešačkog prelaza.

U tabeli 2 prikazane su promenljive i moguće vrednosti promenljivih. Lokacija pešaka može biti Francuska – Braće Jugovića (R1), Bulevar kralja Aleksandra – Gospodara Vučića (R2) i Beogradska – Krunska (R3). Pol pešaka, starost pešaka i veličina grupe pešaka kojoj određeni pešak pripada određeni su neposrednom ocenom sa video snimka. Pol pešaka beležen je isključivo kao muški ili ženski, dok su pešaci svrstavani u 3 grupe u zavisnosti od starosti: mlađi od 13 godina, od 13 do 65 godina i stariji od 65 godina. Promenljiva veličina pešačke grupe kojoj pešak pripada beležena je kao ">1" ukoliko se u grupi nalazi više od jednog pešaka, dok je u slučaju da pešak nije deo grupe ljudi ubeležena vrednost "1". Dužina pešačkog prelaza podrazumeva da li je pešački prelaz na kom je zabeležen prelazak pešaka duži ili kraći od 12 metara i kao takva može da uzme vrednosti duži od 12 metara ili kraći od 12 metara. Ova promenljiva je definisana u skladu sa domaćim preporukama za proračun minimalnog zelenog vremena. Dužina svakog pešačkog prelaza određena je korišćenjem postavljene horizontalne signalizacije. Trenutak prelaska pešaka u toku ciklusa tj. korišćenje zaštitnog vremena beleži u kom trenutku je pešak započeo i završio svoj prelazak. Ova promenljiva može da uzme vrednosti Zeleno – Zeleno (ukoliko je pešak započeo i završio prelaženje za vreme trajanja zelenog signalnog pojma na pešačkoj lanterni), Zeleno – Crveno (ukoliko je pešak započeo prelaženje tokom zelenog signalnog pojma, a završio tokom zaštitnog vremena) i Crveno – Crveno (ukoliko je pešak i počeo i završio prelazak u toku zaštitnog vremena). Pešaci koji su počeli ili završili prelazak tokom crvenog signalnog pojma van zaštitnog vremena nisu obuhvaćeni uzorkom. Brzina prelaska pešačkog prelaza utvrđena je kao količnik dužine pešačkog prelaza i vremena prelaska pešačkog prelaza. Vreme prelaska pešačkog prelaza određeno je prilikom obrade video snimka korišćenjem štoperice.

U skladu sa ciljem istraživanja tokom obrade podataka utvrđeni su prosečna brzina pešaka i 15-i percentil brzine pešaka. Za obe statistike su osim tačkaste ocene

utvrđene njihove standardne greške i 95% interval poverenja. Na kraju su testirane hipoteze o jednakosti srednjih vrednosti brzine pešaka, odnosno provereno je da li određeni faktori utiču na vrednost prosečne brzine pešaka.

Tabela 2. Promenljive i njihove vrednosti

Lokacija	R1 R2 R3
Pol	Muški Ženski
Starost	< 13 godina 13 - 65 godina > 65 godina
Grupa pešaka	Da (više od 1 pešaka) Ne (1 pešak)
Dužina pešačkog prelaza	duži od 12 metara kraći od 12 metara
Trenutak prelaska	Zeleno - Zeleno Zeleno - Crveno Crveno - Crveno
Brzina	$\frac{s}{t}$

Da bi se utvrdila prosečna brzina pešaka korišćena je formula:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (5)$$

dok je za standardnu grešku ove statistike korišćena formula:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

gde su:

s – standardno odstupanje iz uzorka,

n – veličina uzorka.

Za određivanje 95% intervala poverenja prosečne brzine korišćena je sledeća formula:

$$(\bar{x} - t_{\alpha} * \frac{s}{\sqrt{n}}, \bar{x} + t_{\alpha} * \frac{s}{\sqrt{n}}) \quad (7)$$

gde je t_{α} određeno iz izraza $P(|T| > t_{\alpha}) = \alpha$, pri čemu T ima Studentovu raspodelu sa $n - 1$ stepeni slobode, a $\alpha = 0,05$.

Određivanje 15-og percentila brzine pešaka počinje sortiranjem svih brzina od najmanje ka najvećoj vrednosti:

$$x_1 < x_2 < \dots < x_n \quad (8)$$

Nakon toga određuje se indeks, odnosno pozicija između koje dve vrednosti u nizu se nalazi 15-i percentil:

$$i = (n - 1) * \frac{15}{100} \quad (9)$$

Na kraju se 15-i percentil izračunava linearnom interpolacijom na sledeći način:

$$P_{15} = x_k + f * (x_{k+1} - x_k) \quad (10)$$

gde su:

$$k = [i],$$

$$f = i - k.$$

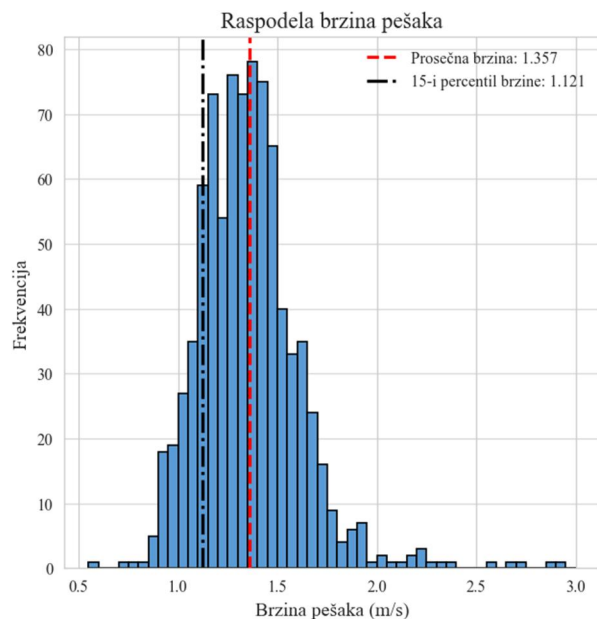
Za razliku od prosečne brzine, 15-i percentil je statistika čija raspodela uzorkovanja ne može jednostavno da se izvede analitički. Zbog toga standardnu grešku i intervale poverenja nije moguće lako izračunati standardnim parametarskim formulama. Za ocenu standardne greške i 95% intervala poverenja 15-og percentila korišćen je metod reuzorkovanja [19]. Metod reuzorkovanja podrazumeva višestruko uzorkovanje sa ponavljanjem iz postojećeg osnovnog uzorka, nakon čega se za svaki novi uzorak računa vrednost tražene statistike (u ovom slučaju 15-og percentila). Ovako dobijene vrednosti iz višestrukog uzorkovanja čine raspodelu uzorkovanja koja je bila nepoznata. Kada je poznata raspodela uzorkovanja statistike, standardna greška statistike je izračunata kao standardno odstupanje iz uzorka, dok je 95% interval poverenja dobijen uzimanjem središnjih 95% uzoračke raspodele. Za potrebe ovog rada je za ocenu izvučeno 10.000 novih uzoraka iz osnovnog uzorka.

Za testiranje hipoteza o jednakosti srednjih vrednosti korišćeni su Studentov t-test i jednofaktorski ANOVA test. U slučaju da faktor ima dve moguće vrednosti korišćen je Studentov t-test, dok je u slučaju da faktor ima više od dve moguće vrednosti korišćen jednofaktorski ANOVA test. U prvom slučaju korišćena je nulta hipoteza $H_0(\mu_1 = \mu_2)$ i alternativna hipoteza $H_a(\mu_1 \neq \mu_2)$, dok je u drugom slučaju korišćena nulta hipoteza $H_0(\mu_1 = \mu_2 = \mu_3)$ i alternativna hipoteza $H_a(\exists(\mu_i, \mu_j), i \neq j | \mu_i \neq \mu_j)$. Odluka o prihvatanju i odbacivanju nulte hipoteze doneta je korišćenjem p – vrednosti sa pragom značajnosti $\alpha = 0,05$.

5. REZULTATI

Istraživanje je obuhvatilo 853 pešaka sa 3 signalisane raskrsnice. Raspodela brzina pešaka približno je simetrična i oblik raspodele približno odgovara normalnoj raspodeli. Međutim, kada su u pitanju najmanje i najveće vrednosti brzine pešaka postoje značajna odstupanja.

Ove vrednosti značajno se razlikuju od ostatka uzorka, međutim sa velikom pouzdanošću je poznato da vrednosti brzina nisu greške već oslikavaju brzine najkritičnijih korisnika. Odlučeno je da se ove vrednosti ne odstranjuju iz uzorka kako bi se u daljem proračunu dobili verodostojni rezultati koji uključuju i najsporije i najbrže korisnike sistema.



Slika 1 - Raspodela brzina pešaka

Prosečna brzina za sve pešake iznosi 1,357 m/s sa standardnom greškom ocene 0,009 m/s. Pored tačkaste ocene prikazan je i 95% interval poverenja prosečne brzine koji se kreće u rasponu (1,340, 1,375). Dobijeni rezultat veoma je sličan rezultatima koji su dobijeni u prethodnim istraživanjima [9] [10] [12]. Vrednost 15-og percentila brzine za sve pešake iznosi 1,121 m/s sa standardnom greškom statistike 0,009 m/s i 95% intervalom poverenja (1,101, 1,135). Ovaj rezultat manji je od preporučenih 1,2 m/s, ali je sličan rezultatima dobijenim u nekim od prethodnih istraživanja [9] [10] [12]. Za razliku od prethodnih istraživanja u ovom radu su prikazane standardne greške ocena. Potrebno je istaći da su vrednosti standardnih grešaka relativno male što znači da su utvrđene ocene parametara pouzdane.

Tabela 3. Prosečna brzina pešaka

Prosečna brzina (m/s)	Standardna greška (m/s)	95% interval poverenja
1,357	0,009	(1,340, 1,375)

Tabela 4. 15-i percentil brzine pešaka

15-i percentil brzine (m/s)	Standardna greška (m/s)	95% interval poverenja
1,121	0,009	(1,101, 1,135)

U tabeli 5 prikazani su rezultati testiranja hipoteza o jednakosti srednjih vrednosti brzine pešaka. Testirano je da li postoje razlike u prosečnim vrednostima brzine pešaka u zavisnosti od uticajnih faktora. Za potrebe testiranja hipoteza korišćeni su Studentov t – test u slučaju dva nezavisna skupa

podataka i jednofaktorski ANOVA test u slučaju više od dva nezavisna skupa. U oba slučaja prag značajnosti je bio $\alpha = 0,05$.

Rezultati pokazuju da pol, starost, veličina grupe pešaka i trenutak prelaska (zaštitno vreme) utiču na vrednost prosečne brzine pešaka, tj. postoje statistički značajne razlike u vrednostima prosečnih brzina ovih skupova.

U slučaju dužine pešačkog prelaza nema dovoljno dokaza da se odbaci hipoteza o jednakosti prosečnih brzina pešaka. Pretpostavlja se da je to posledica male raznovrsnosti dužina istraživanih pešačkih prelaza. Da bi se dobili verodostojniji rezultati potrebno je povećati raspon dužina pešačkih prelaza uključenih u uzorak.

Kada je u pitanju uticaj lokacije na prosečnu brzinu pešaka, takođe nema dovoljno dokaza da se odbaci hipoteza o jednakosti prosečnih brzina. Međutim, u ovom slučaju je p – vrednost veoma blizu kriterijumu ($0,0588 > 0,05$). Kao i u slučaju dužine pešačkog prelaza, da bi se dobili kvalitetniji rezultati potrebno je povećati broj raskrsnica, odnosno uzorkom bi se prikupile informacije o uticaju karaktera lokacije na prosečnu brzinu pešaka.

Dobijeni rezultati podudaraju se sa rezultatima dobijenim u istraživanjima u pregledu literature [9] [10] [11]. Jedini faktor koji odstupa od ostalih istraživanja je faktor dužine pešačkog prelaza. Izostanak uticaja ovog faktora pripisuje se malom broju različitih dužina pešačkih prelaza koje su bliske granici od 12 metara – dužine pešačkih prelaza na predmetnim raskrsnicama bile su 10, 11 i 14 metara.

Tabela 5. Uticaj faktora na brzinu pešaka

Faktori		Test statistika	<i>p</i> - vrednost
Dužina pešačkog prelaza	> 12 m	t = -1,387	0,1659
	< 12 m		
Starost	< 13	F = 45,416	0,0000
	13 - 65		
	> 65		
Pol	Muški	t = 3,901	0,0001
	Ženski		
Grupa pešaka	Da	t = -4,957	0,0000
	Ne		
Trenutak prelaska	Zeleno - Zeleno	F = 16,213	0,0000
	Zeleno - Crveno		
	Crveno - Crveno		
Lokacija	R1	F = 2,843	0,0588
	R2		
	R3		

Ako se pogledaju konkretne vrednosti prosečne brzine pešaka u odnosu na faktore lokacije i dužine pešačkog prelaza vidi se da se te vrednosti ne razlikuju značajno, odnosno ova dva faktora nemaju značajan uticaj na brzinu pešaka.

S druge strane, ako se pogledaju vrednosti prosečne brzine u zavisnosti od faktora starosti vidi se da se pešaci stariji od 65 godina u proseku kreću značajno manjom brzinom od ostalih pešaka.

Značajne razlike u vrednostima prosečnih brzina mogu se videti u zavisnosti od faktora pola pešaka i grupe pešaka. Rezultati pokazuju da muškarci u proseku ostvaruju veće brzine od žena na signalisanim pešačkim prelazima. Pretpostavka je da je ovaj rezultat posledica fizičkih karakteristika polova. Takođe, pešaci koji se kreću van grupe ostvaruju u proseku veće brzine od pešaka koji se kreću u grupi. Uočeno je da pešaci koji prelaze pešački prelaz u grupi imaju tendenciju da ujednačavaju svoje individualne brzine prelaska kako bi zajednički izvršili prelazak ulice.

Kada je u pitanju faktor trenutka prelaska primećena je značajna razlika u prosečnim brzinama pešaka koji su prelazak započeli tokom zelenog signalnog pojma i pešaka koji su prelazak započeli tokom zaštitnog vremena.

Tabela 6. Prosečna brzina pešačka u zavisnosti od uticajnih faktora

Faktori		n	Prosečna brzina (m/s)
Dužina pešačkog prelaza	> 12 m	288	1,340
	< 12 m	565	1,366
Starost	< 13	41	1,326
	13 - 65	711	1,390
	> 65	101	1,140
Pol	Muški	358	1,398
	Ženski	495	1,328
Grupa pešaka	Da	256	1,291
	Ne	597	1,385
Trenutak prelaska	Zeleno - Zeleno	749	1,348
	Zeleno - Crveno	72	1,341
	Crveno - Crveno	32	1,610
Lokacija	R1	312	1,385
	R2	288	1,340
	R3	253	1,343
Ukupno		853	1,357

Pretpostavka je da pešaci koji se odlučuju za prelazak tokom zaštitnog vremena procenjuju, na osnovu prethodnog iskustva, da imaju dovoljno vremena da pređu ulicu jer mogu da ostvare brzine veće od 1,2

m/s. Međutim, u praksi se pokazalo da njihova procena nije uvek precizna. U tom slučaju postoji opasnost od nastanka saobraćajne nezgode.

6. ZAKLJUČAK

Istraživanjem brzina pešaka na teritoriji Beograda utvrđeno je da 15-i percentil brzine pešaka iznosi 1,121 m/s. Takođe, za razliku od istraživanja u pregledu literature u ovom radu je data intervalna ocena 15-og percentila brzine pešaka (1,101, 1,135) koja prikazuje varijabilnost ovog parametra. Na ovaj način dokazano je da je preporučena vrednost brzine pešaka od 1,2 m/s značajno veća od vrednosti izmerene terenskim istraživanjem. Zbog toga se trenutno oko 28% pešačka kreće brzinom manjom ili jednakom 1,2 m/s, što je skoro duplo veći procenat u odnosu na ciljnih 15%. Pored toga, utvrđeno je da nekoliko faktora utiče na brzinu pešaka od kojih se faktor trenutka prelaska ulice ističe kao najznačajniji.

Predlog ovog rada jeste da se razmotri promena preporučene vrednosti brzine pešaka. Rezultati ukazuju da bi ta vrednost trebalo da bude bliže vrednosti od 1,1 m/s. Takođe, zbog uticaja trenutka prelaska na brzinu pešaka trebalo bi razmotriti korišćenje različitih vrednosti parametra brzine pešaka za definisanje minimalnog zelenog vremena i za definisanje zaštitnog vremena. Preporuka je da se za definisanje minimalnog zelenog vremena koristi vrednost brzine pešaka između 1,0 i 1,1 m/s, dok bi za definisanje zaštitnog vremena trebalo uzeti u obzir vrednosti brzine pešaka blizu 1,5 m/s.

Buduća istraživanja trebalo bi da obuhvate veći broj signalisanih raskrsnica. Predmetni pešački prelazi trebalo bi da budu različitih dužina kako bi se na pravi način istražio uticaj dužine pešačkog prelaza na brzinu pešaka.

LITERATURA

- [1] N. Čelar, J. Kajalić, S. Stanković, *Regulisanje saobraćajnih tokova*, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2021.
- [2] *Plan održive urbane mobilnosti - Beograd*, Sekretarijat za saobraćaj; CEP; CeS.TRA, Beograd, 2020.
- [3] J. Davidovac, K. Lipovac, D. Pešić, B. Antić, Modern Preventive Tools for Improving Pedestrian Safety in Traffic, in *New Challenges for Sustainable Urban Mobility: Volume II.*, 2024.
- [4] N. Čelar, S. Stanković, J. Kajalić, *Osnove upravljanja svetlosnim signalima*, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2020.
- [5] Federal Highway Administration, *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*, 2023.

- [6] German Road and Transport Research Association, RiLSA, *Guidelines for Traffic Signals*, 2015.
- [7] Austroads, *Guide to Traffic Management Part 9: Traffic Operations*, 2020.
- [8] VicRoads, *Supplement to Austroads Guide to Traffic Management - Part 9 Traffic Operations*, 2015.
- [9] M. Tarawneh, Evaluation of pedestrian speed in Jordan with investigation of some contributing factors, *Journal of Safety Research*, 2001.
- [10] B. H. Goh, K. Subramaniam, A. Ali Mohamed, Pedestrian Crossing Speed: The Case of Malaysia, *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 2012.
- [11] L. Truong, R. Kutadinata, I. Espada, *Walking speeds for timing of pedestrian walk and clearance intervals*, 2018.
- [12] M. Zafri N., I. R. Atikul, A. Neelopal, Analysis of Pedestrian Crossing Speed and Waiting Time at Intersections in Dhaka, *Infrastructures*, vol. IV, no. 3, p. 39, 2019.
- [13] B. Efron, Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife, *The Annals of Statistics*, vol. VII, no. 1, pp. 1-26, 1979.

SUMMARY

ANALYSIS OF PEDESTRIAN SPEEDS AT SIGNALIZED CROSSWALKS

Using a representative pedestrian speed when defining the operation of traffic signals at signalized intersections is crucial for the safety and efficiency of pedestrian flows. This study determined the representative pedestrian speed (15th percentile of pedestrian speed) as well as the factors affecting pedestrian speed. Field measurements showed that the 15th percentile speed of pedestrians ranged between 1.101 and 1.135 m/s. The most significant influencing factor was the crossing time, where pedestrians crossing during the clearance interval were found to move significantly faster than others. The results indicate that the recommended pedestrian speed of 1.2 m/s is substantially higher than the representative pedestrian speed observed in the field.

Key Words: *pedestrian speed, influencing factors, signalized intersection*