

ANALIZA EFEKATA PREVENTIVNIH RADARSKIH MJERAČA NA POŠTOVANJE OGRANIČENJA BRZINE NA DIONICI MAGISTRALNOG PUTA M-1

Vladimir Ilić¹ Vuk Bogdanović² Milan Andrijašević³ Boško Matović⁴ Filip Perović⁵

¹ Saradnik u nastavi, Univerzitet Crne Gore – Mašinski fakultet Podgorica, Bulevar Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica;

² Redovni profesor, Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića br. 6, Novi Sad;

³ Rukovodilac Sektora za saobraćaj, Opština Bar, Bulevar revolucije 1, 85000 Bar

⁴ Docent, Univerzitet Crne Gore – Mašinski fakultet Podgorica, Bulevar Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica;

⁵ Master inženjer saobraćaja, Univerzitet Crne Gore – Mašinski fakultet Podgorica, Bulevar Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica.

Rezime: Prekoračenje dozvoljene brzine kretanja predstavlja jedan od najčešćih oblika nepropisnog ponašanja vozača u naseljenim mjestima. U cilju smanjenja rizika nastanka od saobraćajnih nezgoda usljed neprilagođene brzine, primjenjuju se različite mjere i tehnike za smirivanje saobraćaja. U radu je ispitan efekat preventivnih radarskih mjerača brzine na poštovanje ograničenja brzine kretanja vozila. Istraživanje je sprovedeno u opštini Bar, na magistralnom putu oznake M-1, na dionici Bar–Ulcinj, koja prolazi kroz naselje, prije i nakon njihovog postavljanja. Kao referentni podaci korišćena su mjerenja iz juna 2024. godine, kada su na lokaciji bile primijenjene samo vibracione trake. Tom prilikom obuhvaćeno je 472 vozila, snimljenih iz vazduha pomoću drona. Utvrđeno je da vibracione trake dovode do smanjenja brzine kretanja vozila za 4.93 km/h, ali da 79.2% vozača i dalje prekoračuje dozvoljenu brzinu. Zbog toga je izvršena uporedna analiza nakon postavljanja preventivnih radarskih mjerača brzine i ocijenjeni su njihovi efekti u kombinaciji sa vibracionim trakama.

Ključne reči: brzina, inženjerske mjere, vibracione trake, preventivni radarski mjerači brzine, DataFromSky

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF PREVENTIVE RADAR SPEED ENFORCEMENT DEVICES ON SPEED LIMIT COMPLIANCE ON A SECTION OF THE M-1 STATE ROAD

Vladimir Ilić¹ Vuk Bogdanović² Milan Andrijašević³ Boško Matović⁴ Filip Perović⁵

¹ Teaching Associate, University of Montenegro, Faculty of Mechanical Engineering, Bulevar Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Montenegro;

² Full Professor, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Serbia;

³ Head of the Traffic Department, Municipality of Bar, Bulevar revolucije 1, 85000 Bar, Montenegro;

⁴ Assistant Professor, University of Montenegro, Faculty of Mechanical Engineering, Bulevar Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Montenegro;

⁵ MSc in Traffic Engineering, University of Montenegro, Faculty of Mechanical Engineering, Bulevar Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Montenegro.

Abstract: (Exceeding the prescribed speed limit represents one of the most common forms of unlawful driver behavior in urban areas. In order to reduce the risk of traffic accidents caused by inappropriate speed, various traffic calming measures and techniques are applied. This paper examines the effect of preventive radar speed measurement devices on compliance with vehicle speed limits. The research was conducted in the Municipality of Bar, on the M-1 state road, along the Bar–Ulcinj section, which passes through a populated area, both before and after their installation. Reference data were obtained from measurements conducted in June 2024, when only rumble strips were implemented at the study location. On that occasion, a total of 472 vehicles were recorded using aerial drone footage. The results indicate that rumble strips

¹ Vladimir Ilić, vladimiri@ucg.ac.me

reduce vehicle speed by 4.93 km/h; however, 79.2% of drivers still exceed the prescribed speed limit. Therefore, a comparative analysis was performed following the installation of preventive radar speed measurement devices, and their effects in combination with rumble strips were evaluated.

Keywords: speed, traffic engineering measures, rumble strips, preventive radar speed enforcement devices, DataFromSky

1. UVOD

Negativne posljedice odvijanja saobraćaja, u prvom redu saobraćajne nezgode, sve više opterećuju svakodnevni život. Prema izvještaju Svjetske zdravstvene organizacije, broj poginulih lica u saobraćajnim nezgodama u 2021. godini iznosio je oko 1,19 miliona. Saobraćajne nezgode su 12. po redu uzrok smrti, posmatrajući sve starosne kategorije, dok su vodeći uzrok smrti djece i mladih u saobraćaju [1]. Prema podacima Ministarstva unutrašnjih poslova, u toku 2024. godine, u Crnoj Gori dogodilo se 6.649 saobraćajnih nezgoda, u kojima je lakše povrijeđeno 2.480 lica, teško povrijeđeno 598 lica, dok je poginulo njih 75 [2].

Kretanje nepropisnom (neprilagođenom) brzinom predstavlja jedan od najčešćih pojava oblika nepropisnog ponašanja učesnika u saobraćaju, koje je u uskoj vezi sa nastankom saobraćajnih nezgoda, nerijetko sa težim poslasticama. Kada je riječ o povećanju brzine kretanja vozila za samo 1%, ono dovodi do povećanja smrtnosti pješaka za čak 11%, ukoliko dođe do kontakta sa vozilom.[3].

Pojava prekoračenja dozvoljenih brzina kretanja je naročito izražena u Crnoj Gori. Prema rezultatima istraživanja indikatora performansi bezbjednosti saobraćaja u Crnoj Gori iz 2025. godine, utvrđeno je da brza vožnja predstavlja ozbiljan problem bezbednosti saobraćaja. Naime rezultati pokazuju da je više od polovine posmatranih vozača (52.8%) prekoračilo najveću dozvoljenu brzinu kretanja. Prosječna brzina kretanja vozila iznosi 55.7 km/h, dok je prosječna brzina prekoračenja 63.1 km/h [4].

U cilju smanjivanja rizika za nastanak saobraćajnih nezgoda usled prekoračenja brzine, primjenjuju se različite tehnike i mjere. Neke od njih su povezane sa preventivnim, a neke sa represivnim mjerama. U inženjerskoj praksi se kao najčešće primjenjivane mjere koriste: vještačke izbočine ("ležeći policajci"), platforme, vibracione (zvučne) i optičke trake, šikane (horizontalna devijacija putanje kretanja), mini kružne raskrsnice, kao i preventivni radarski mjerači brzine.

U okviru ovog rada izvršeno je ispitivanje efekata preventivnih radarskih mjerača brzine na poštovanje ograničene brzine kretanja vozila. Istraživanje je obavljeno na dionici magistralnog puta M-1, dionica Bar-Ulcinj, koji predstavlja trasu državnog puta koji prolazi kroz naselje.

Cilj rada je da se ispituju efekti postavljenih radarskih mjerača brzine, na način što je izvršena uporedna analiza izmjerenih brzina vozila prije i nakon postavljenih radarskih mjerača brzine. Za vrijednost brzina prije postavljenih radarskih mjerača uzete su u obzir brzine koje su izmjerene u junu 2024. godine, kojom prilikom je obuhvaćeno 472 vozila, snimljenih uz pomoć drona. Tom prilikom je utvrđeno da prosječna brzina kretanja vozila, posmatrano za oba smjera iznosi 60.44 km/h. Minimalna izmjerena vrijednost brzine kretanja iznosi 25.12 km/h, dok maksimalna izmjerena brzina kretanja iznosi 127.15 km/h [5]. Na osnovu izmjerenih brzina, izvršena je uporedna analiza i data je ocjena efekata postavljenih preventivnih radarskih mjerača brzine.

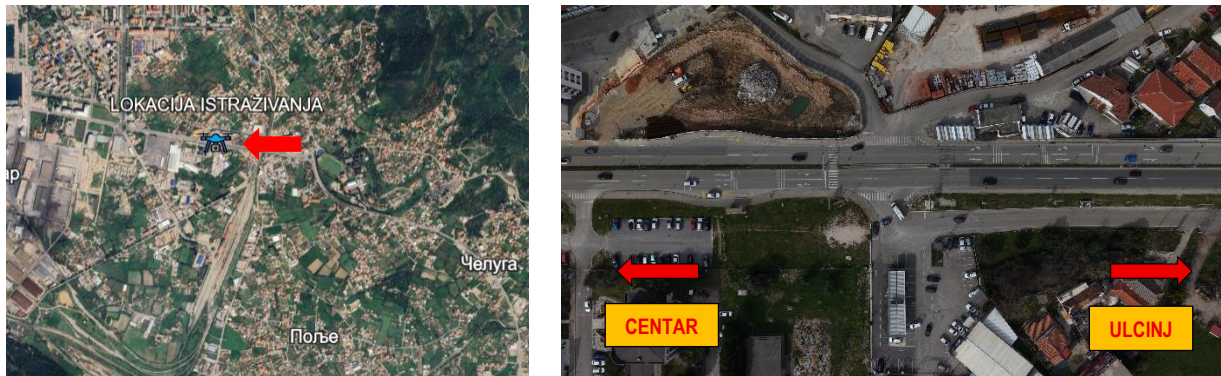
Preventivni radarski mjerači brzine pripadaju grupi sredstava za smirivanje saobraćaja kojima se preventivno utiče na ponašanje vozača, odnosno ukazuje se na potrebu poštovanja ograničenih brzina kretanja. Princip rada uređaja se sastoji u mjerenju trenutne brzine kretanja nailazećeg vozila, nakon čega se izmjerena brzina prikazuje na ekranu (koji može biti izrađen u LCD ili LED) tehnologiji, te ispisivanja određene poruke – ako je vozilo prekoračilo brzinu „USPORI“, a ako se vozilo kreće u opsegu dozvoljene brzine ispisuje se tekst: „HVALA“.

2. ISTRAŽIVANJE

2.1. Metodologija i cilj istraživanja

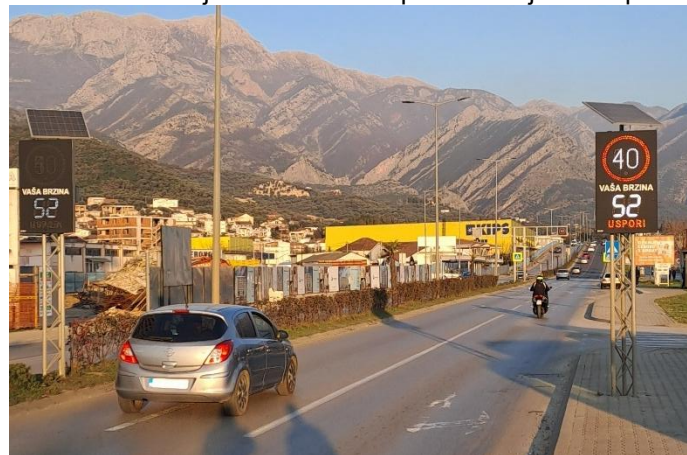
Istraživanje je realizovano u ulici JNA, koja predstavlja trasu državnog (magistralnog) puta M-1, dionica Bar – Ulcinj, na teritoriji opštine Bar. Saobraćajnica na kojoj je realizovano istraživanje se sastoji od dvije kolovozne trake, fizički odvojene razdjelnim ostrvom, sa po dvije saobraćajne trake za kretanje u jednom smjeru. Iz oba smjera postavljena su po dva preventivna radarska mjerača brzine (u razdjelnom ostrvu i na trotoaru). Preventivni radarski mjerači brzine su postavljeni u kombinaciji sa vibracionim trakama na kolovozu, koje su postavljene prije radarskih mjerača. Sama zona na kojoj je vršeno istraživanje se nalazi u zoni pješačkog

prelaza i trokrake raskrsnice sa ulicom kraljice Jelene Anžujске i ulicom Petra Vojvodića, a brzina kretanja vozila je saobraćajnim znakom ograničena na 40 km/h. Prikaz makro i mikro lokacije istraživanja je dat na Slici br. 1.



Slika 1. Makro i mikro prikaz lokacije istraživanja
Source: Autor i Google Earth

Izgled ugrađenih preventivnih radarskih mjerača brzine na predmetnoj dionici prikazan je na slici 2.



Slika 2. Izgled preventivnih radarskih mjerača brzine na lokaciji istraživanja
Source: Autor

Neophodni podaci za sprovođenje istraživanja prikupljeni su pomoću video snimka, sačinjenog uz pomoć drona. Korišćena je letilica marke DJI Air 3S, koja omogućava snimanje video materijala visoke rezolucije iz vazduha (Slika 3). Dron je opremljen naprednim dvostrukim kamerama, uključujući glavnu kameru sa senzorom visoke rezolucije (do 48 Mpix za fotografije), kao i dodatnu telefoto kameru za detaljnije snimanje sa udaljenosti. Maksimalna brzina kretanja drona iznosi približno 19 m/s, što omogućava brzo i efikasno mijenjanje pozicije tokom snimanja. Zahvaljujući stabilizacionom sistemu (3-osni gimbal) i naprednim senzorima za izbjegavanje prepreka, obezbijeđen je stabilan i kvalitetan video zapis. Dron takođe podržava snimanje video materijala u rezoluciji do 4K/60fps ili višoj, u zavisnosti od režima snimanja.



Slika 3. Letilica korišćena za potrebe istraživanja
Source: <https://www.dji.com/global/air-3s>

Snimak potreban za sprovođenje istraživanja je sačinjen u subotu, 14.03.2026. godine, u popodnevnom časovima, pri čemu je dron bio pozicioniran na visini od oko 120 m od ravni kolovoza, a snimano je u ortogonalnoj projekciji. Za vrijeme snimanja vremenski uslovi su bili povoljni, vrijeme vedro i bez vjetrova. Sačinjeni snimak, dužine oko 30 minuta, je kasnije obrađen u programskom paketu "DataFromSky", pomoću koga se došlo do potrebnih podataka o brzinama kretanja vozila u saobraćajnom toku, kao i vrijednostima njihovog usporenja prilikom prolaska dionicom na kojoj su postavljeni radarski uređaji. Prednost ovakvog načina prikupljanja podataka u saobraćaju ogleda se u činjenici da prikupljeni podaci oslikavaju realne uslove odvijanja saobraćaja, jer učesnici u saobraćaju nisu svjesni da su predmet snimanja u datom trenutku, pa nema nikakve promjene ponašanja.

Za potrebe sprovođenja cilja istraživanja, u softveru DataFromSky su definisani poprečni presjeci na saobraćajnici i na istima su bilježene brzine kretanja vozila. Presjeci (gejtovi) su definisani prije i poslije pozicije na kojem se nalaze mjerači, tako da su ukupno definisana četiri poprečna presjeka (po 2 za svaki smjer) (Slika 4). Posmatrana je vrijednost brzine kretanja prilikom prolaska kroz ulazni i izlazni poprečni presjek, kao i vrijednost usporenja koje je realizovano između presjeka. U snimku je obrađeno ukupno 725 vozila u oba smjera, od toga 317 vozila u smjeru od Ulcinja prema centru, a 408 vozila od centra grada prema Ulcinju. Od ukupnog broja ispitivanog uzorka, 701 vozilo je ostvarilo usporenje između ulaznog i izlaznog gejta [5].



Slika 4. Prikaz gejtova definisanih u softveru DataFromSky
Source: Autor

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U nastavku su prikazani rezultati istraživanja koji se odnose na analizu brzina kretanja vozila na predmetnoj dionici, analizu brzine na ulaznom i izlaznom gejtu, kao i vrijednost usporenja vozila. Takođe, izvršena je uporedna analiza izmjerenih vrijednosti brzina kretanja vozila prije i poslije postavljenih radarskih mjerača. Statistička obrada podataka izvršena je u softveru „Statistica“.

3.1. Analiza brzina kretanja vozila

Kao što je prethodno navedeno, dozvoljena brzina kretanja vozila na predmetnoj dionici iznosi 40 km/h. Ispitivanjem je utvrđeno da srednja vrijednost izmjerenih brzina iznosi 57.00 km/h u smjeru ka Centru, i 46.38 km/h u smjeru ka Ulcinju. Najmanja izmjerena brzina kretanja u oba smjera su približno iste i iznose 15.54 km/h u smjeru ka Centru i 15.03 km/h u smjeru ka Ulcinju. Maksimalna izmjerena brzina iznosi 98.70 km/h i izmjerena je u smjeru ka Centru. U tabeli broj 1 su prikazana osnovna obilježja izmjerenih brzina kretanja vozila.

Tabela 1. Obilježja brzina kretanja vozila po smjerovima [km/h]

	Obim uzorka [vozila]	Srednja vrijednost	Medijana	Minimum	Maksimum	Standardna devijacija
Smjer ka Centru	317	57.00	56.38	15.54	98.70	11.67
Smjer ka Ulcinju	408	46.38	45.30	15.03	78.77	10.92
Ukupno	725	51.02	50.68	15.03	98.70	12.42

Ovom prilikom je potrebno analizirati obilježja brzina kretanja vozila koja su ostvarila smanjenje brzina u zoni postavljenih radarskih mjerača brzine. Sva vozila koja su se kretala od Ulcinja prema Baru su ostvarila usporenje (317 vozila), dok je od vozila koja su se kretala od Centra prema Ulcinju njih 94.12% (384 vozila) smanjilo trenutnu brzinu kretanja nakon prolaska pored preventivnog radarskog mjerača brzine. Pri tome, srednja vrijednost usporenja u smjeru ka Centru iznosi 1.77 m/s^2 , a u suprotnom smjeru 0.89 m/s^2 . Minimalna vrijednost usporenja iznosi 0.02 m/s^2 , a maksimalna 3.89 m/s^2 . U Tabeli broj 2 su prikazana obilježja usporenja vozila po smjerovima:

Tabela 2. Obilježja usporenja vozila po smjerovima [m/s^2]

	Obim uzorka [vozila]	Srednja vrijednost	Medijana	Maksimum	Minimum	Standardna devijacija
Smjer ka Centru	317	-1.77	-1.63	-3.89	-0.39	0.70
Smjer ka Ulcinju	384	-0.89	-0.71	-3.79	-0.02	0.67
Ukupno	701	-1.28	-1.19	-3.89	-0.02	0.79

U Tabeli broj 3 prikazani su rezultati t-testa, kojim je ispitana hipoteza da li postoji statistički značajna razlika između brzina na ulaznom i izlaznom gejtju, posmatrano samo za vozila koja su između ova dva gejtja ostvarila usporenje (701 vozilo):

Tabela 3. Rezultati t-testa

Srednja vrijednost brzine na ulazu	Srednja vrijednost brzine na izlazu	T vrijednost	df	p	Stand.devijacija brzina na ulazu	Stand.devijacija brzina na izlazu
51.62 km/h	49.05 km/h	3.94	1400	0.000086	12.77 km/h	11.62 km/h

Rezultati t-testa pokazuju da postoji statistički značajna razlika između brzina kretanja vozila na ulaznom i izlaznom gejtju (p vrijednost od 0,000086 manja je od svih standardnih pragova značajnosti).

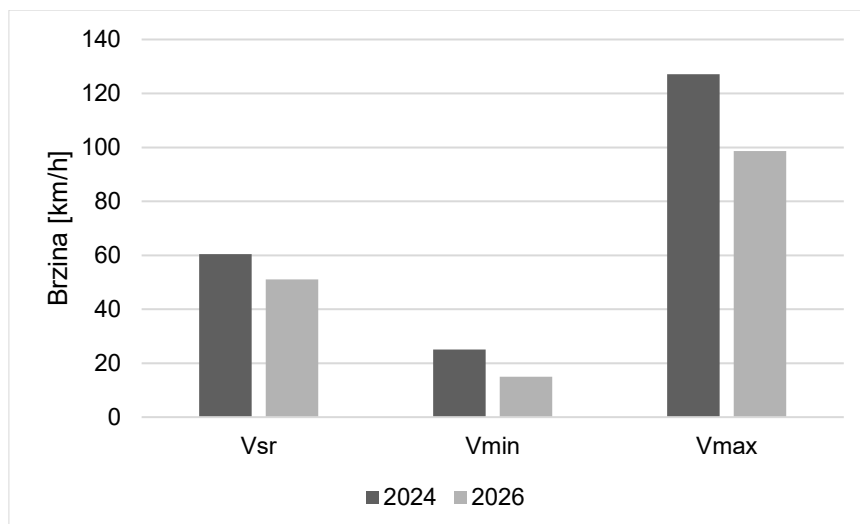
3.2. Analiza brzina kretanja vozila prije i poslije postavljenih radarskih mjerača brzine

Upoređujući izmjerene brzine kretanja vozila prije i poslije postavljenih preventivnih radarskih mjerača brzine, zaključuje se da je došlo do smanjenja prosječne brzine, kao i minimalnih i maksimalnih brzina kretanja vozila, u odnosu na prethodno snimanje brzina, koje je realizovano u toku 2024. godine.

Utvrđeno je da je došlo do smanjenja prosječne brzine kretanja za oko 15.60%, pri čemu se vrijednost minimalne brzine kretanja smanjila za oko 40.16%, a vrijednost maksimalno izmjerene brzine se smanjila za oko 22.40% (Slika 5). U tabeli 4 su prikazane uporedne vrijednosti karakterističnih obilježja.

Tabela 4. Uporedna analiza dobijenih rezultata

Period mjerenja	Obim uzorka [vozila]	Srednja brzina	Minimalna brzina	Maksimalna brzina
Jun 2024.	472	60,44	25,12	127,15
Mart 2026.	725	51,02	15,03	98,70



Slika 5. Uporedna analiza izmjerenih brzina prije i postavljanje radarskog uređaja

3. ZAKLJUČAK

Rezultati sprovedenog istraživanja pokazuju da su preventivni radarski mjerači doveli do smanjenja brzina kretanja vozila na dionici magistralnog puta M-1, dionica Bar – Ulcinj. Do navedenog zaključka se došlo sprovođenjem dva istraživanja. Prvo istraživanje je sprovedeno u junu 2024. godine, prije ugrađivanja radarskih mjerača na navedenoj dionici. Tom prilikom je obuhvaćeno ukupno 472 vozila. Prosječna izmjerena brzina kretanja za oba smjera je iznosila 60.44 km/h, pri čemu je utvrđena minimalna brzina kretanja od 25.12 km/h, a maksimalna izmjerena brzina iznosila je 127.15 km/h [5].

Istraživanje koje je realizovano nakon postavljanja radarskih mjerača je ukazalo na sledeće: srednja vrijednost izmjerenih brzina kretanja vozila u oba smjera iznosi 51.02 km/h, minimalna izmjerena brzina iznosi 15,03 km/h, a maksimalna brzina kretanja vozila iznosi 98.70 km/h.

Prethodno navedeni pokazatelji upućuju na zaključak da su preventivni radarski mjerači doveli do smanjenja brzine kretanja vozila na istraživanoj dionici. Međutim, maksimalna, a i prosječna brzina kretanja, je iznad propisane (dozvoljene) brzine, što ukazuje da je na konkretnoj lokaciji potrebno primjeniti i druge saobraćajno-tehničke mjere za smanjenje brzine kretanja vozila u zoni pješačkog prelaza.

Literatura

- [1] Global Status Report on Road Safety 2023 (1st ed). (2023). World Health Organization.
- [2] Ministarstvo unutrašnjih poslova Crne Gore. (2025). Izvještaj o stanju bezbjednosti saobraćaja na putevima za 2024. godinu. Uprava policije.
- [3] Kruszyna, M., & Matczuk-Pisarek, M. (2021). The Effectiveness of Selected Devices to Reduce the Speed of Vehicles on Pedestrian Crossings. *Sustainability*, 13(17), 9678. <https://doi.org/10.3390/su13179678>
- [4] Matović, B.; Damjanović, M.; Vujadinović, R.; Mičić, S.; Grdinić Rakonjac, M.; Ilić, V.; Perović, F. (2025). Studija indikatora performansi bezbjednosti saobraćaja u Crnoj Gori za 2025. godinu. Ministarstvo saobraćaja, Podgorica
- [5] Andrijašević, M., Ilić, V., Matović, B., Bogdanović, V., Vujadinović, R. (2024) Istraživanje efekata vibracionih traka na smanjenje brzine kretanja vozila u zoni pješačkih prelaza. Konferencija o tehnikama saobraćajnog inženjerstva -TESI 2024.
- [6] DJI (2024). *DJI Air 3S*. Dostupno na: <https://www.dji.com/global/air-3s> (pristupljeno 2026).