

**ANALIZA UTICAJA ZONA SA ZABRANOM PRETICANJA NA TROŠKOVE GORIVA
ANALYSIS OF THE IMPACT OF NO PASSING ZONES ON VEHICLE FUEL COSTS**Jelena Nišić, Nenad Ruškić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ I TRANSPORT**

Kratak sadržaj – Osnovni zadatak svakog saobraćajnog projekta jeste unapređenje uslova odvijanja saobraćaja na putnoj mreži. Na tri dionice dvotračnih puteva koje su analizirane u ovom radu, uočena je mogućnost smanjenja procenta zona sa zabranom preticanja, izmjenom horizontalne signalizacije na segmentima dionice gdje je utvrđena optimalna preticajna preglednost. U prvom dijelu rada izvršena je analiza uslova odvijanja saobraćaja na postojećoj i na novoprojektovanoj varijanti sve tri posmatrane dionice. Rezultati te analize su korišteni kao ulazni podaci za ekonomsko vrednovanje projektnog rješenja, gdje su analizirane uštede u troškovima goriva.

Ključne reči: Dvotračni putevi, preticanje, vrednovanje projektnih rješenja

Abstract – The primary task of traffic and transportation planning is to improve the conditions of traffic and level of service on the entire road network. On three sections of two-lane highways, which were analyzed in this paper, the possibility of reducing the percentage of no passing zones was noticed, by changing the horizontal signalization on the segments of road section where the clear visibility for overtaking was determined for one direction of the two-way highway. In the first part of the paper, the analysis of traffic conditions on the existing and on the newly designed variants of all three observed road sections was performed. The results of this analysis were used as input data for the economic evaluation of the project solutions, where the savings in fuel costs were analyzed.

Keywords: Two-way highways, overtaking possibilities, evaluation of project solutions

1. UVOD

Dvotračni putevi su najzastupljeniji elementi putne mreže svih država. Zbog primarne uloge i karaktera dvotračnih puteva, struktura vozila u saobraćajnom toku je raznovrsna, gdje su osim putničkih automobila zastupljena i teretna vozila, autobusi i rekreativna vozila čije se tehničke karakteristike međusobno razlikuju.

Posljedica ovoga jeste javljanje potrebe za preticanjem sporijeg vozila, što je jedna od najopasnijih i najzahvatljivijih radnji na dvotračnim putevima.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nenad Ruškić, vanr. prof.

Nivo usluge dvotračnih puteva određuje procenat zastupljenosti zona dozvoljenog preticanja, koje pored karakteristika trase, zavise od preticajne preglednosti. Preticajna preglednost je dužina na kojoj je moguće bezbjedno preticanje sporijeg vozila ispred sebe i predstavlja zbir dužine koje pređe vozilo koje vrši preticanje i vozilo koje mu ide u susret, u vremenu koje omogućava vozaču koji vrši preticanje da osmotri situaciju, ubrza i postigne preticajnu brzinu, pretekne preticano vozilo i bezbjedno se vrati u svoju saobraćajnu traku [1].

U ovom radu su analizirane tri dionice dvotračnih puteva, Ruma- Irig, Aljinovići- Sjenica i Krst-Zavlaka, na kojima je uočena mogućnost poboljšanja kvaliteta usluge. Naime, na posmatranim dionicama je prilikom provjere preticajne preglednosti u pojedinačnim krivinama uočeno da u pojedinim zonama zabrane preticanja vozila (odsjeci dionica sa neisprekidanom razdjelnom linijom), postoji mogućnost bezbjednog izvođenja manevra preticanja za vozila iz samo jednog smjera dionice. Ovakvi segmenti dionica bi prema "Pravilniku o saobraćajnoj signalizaciji" trebali biti označeni udvojenom kombinovanom razdjelnom linijom, koja omogućava vozilima iz jednog smjera dionice da vrše preticanje. Zabrana preticanja na segmentima putne mreže na kojima objektivno ne postoji potreba za zabranom, dovodi do nepovoljnih uslova odvijanja saobraćaja kao što su vožnja u koloni, smanjene brzine, povećano vrijeme putovanja, povećane frustracije vozača što nepovoljno utiče na bezbjednost odvijanja saobraćaja i dovodi do pada nivoa usluge na posmatranoj dionici. U radu je izvršena uporedna analiza dvije varijante posmatranih dionica dvotračnih puteva. Prva varijanta predstavlja postojeće stanje dionica, a druga varijanta predstavlja novoprojektovana rješenje sa izmjenjenom horizontalnom signalizacijom.

U prvom dijelu rada izvršena je kapacitativna analiza i analiza nivoa usluge posmatranih varijanti dionica. Zadatak ovog dijela rada je bio da se provjeri da li će novoprojektovana varijantna rješenja dovesti do unapređenja uslova odvijanja saobraćaja na posmatranim dionicama, a ujedno su rezultati ove analize poslužili kao ulazni podaci za drugi dio rada gdje je izvršena analiza troškova goriva koji nastaju na obe varijante dionica.

2. DVOTRAČNI PUTEVI HCM 2000

U radu je korišten postupak analize nivoa usluge posmatranih dionica dvotračnih puteva klase I, prema priručniku HCM 2000. Problematika koja se istražuje u ovom radu, zahtjeva parcijalnu analizu smjerova dvotračnih puteva. Ključni parametri koji opisuju nivo

usluge na dvotračnim putevima su prosječna brzina putovanja i procenat vremena provedenog u slijeđenju sporijih vozila. Utvrđivanje prosječne brzine putovanja se vrši na osnovu brzine slobodnog toka, zahtjevanog protoka putničkih automobila u analiziranom smjeru, zahtjevanog protoka iz suprotnog smjera i procenta zona zabrane preticanja u analiziranom smjeru, a na osnovu jednačine 2.1.

$$ATS_d = FFS_d - 0.0125(v_d + v_o)f_{np} \quad (2.1)$$

Sledeći korak analize jeste utvrđivanje procenta vremena provedenog u slijeđenju. PTSF se utvrđuje na osnovu zahtjevanog protoka putničkih automobila u analiziranom smjeru, protoka iz suprotnog smjera i procenta zona sa zabranom preticanja. Procenat vremena provedenog u slijeđenju se utvrđuje na osnovu jednačine 2.2 [2].

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np} \quad (2.2)$$

U poglavlju 3 prikazani su rezultati analize uslova odvijanja saobraćaja i nivoa usluge posmatranih dionica dvotračnih puteva.

3. ANALIZA NIVOA USLUGE POSMATRANIH DIONICA

Kapacitativna analiza je vršena uz primjenu softvera HCS (Highway Capacity Softver). Podaci o saobraćaju na posmatranim dionicama Ruma- Irig, Aljinovići- Sjenica i Krst- Zavlaka su dobijeni sa automatskih brojača.

3.1. Analiza dionice Ruma- Irig

Dionica Ruma-Irig (slika 3.1.) predstavlja dio državnog puta 21, I B reda. Na postojećoj varijanti posmatranog odsjeka dionice (dužine 1 km) velika je zastupljenost zona sa zabranom preticanja, gdje je čak 73% dionice obilježeno neisprekidanom linijom, koja označava zonu zabrane preticanja vozila. Izmjenjenom horizontalne signalizacije prema projektnom rješenju, taj procenat se smanjuje na 47 % u smjeru A i 55 % u smjeru B.



Slika 3.1. Putni pravac Ruma- Irig [4]

Uporednom analizom postojeće i novoprojektovane varijante posmatrane dionice uočene su promjene u vrijednostima osnovnih parametara ATS i PTSF. Procenat

vremena provedenog u slijeđenju sporijeg vozila smanjen je za 4,1 % u smjeru A, a u smjeru B je smanjen za 1,5 %.

3.2. Analiza dionice Aljinovići- Sjenica

Dionica Aljinovići- Sjenica (slika 3.2.) nalazi se na državnom putu prvog reda, broj 27, koji se u cjelosti prostire na području Središnje Srbije. Sa ove dionice je za analizu izdvojen odsjek dužine 2 km, na kome je čak 91% dužine dionice obilježeno neisprekidanom linijom. Kao i na prethodno analiziranoj dionici, i ovdje je izmjenom horizontalne signalizacije prema projektnom rješenju, taj procenat smanjen i to na 78% u smjeru A i 73% u smjeru B.



Slika 3.2. Putni pravac Aljinović- Sjenica [4]

Analizom obe varijante dionice uočeno je smanjenje procenta vremena provedenog u slijeđenju sporijeg vozila za 6,5% u smjeru A i 7,6% u smjeru B.

3.3. Analiza dionice Krst- Zavlaka

Dionica dvotračnog puta Krst- Zavlaka (slika 3.3.) predstavlja dio državnog puta 29. Na postojećoj varijanti posmatrane dionice dvotračnog puta Krst- Zavlaka, dužina neisprekidane linije, koja označava zonu zabrane preticanja vozila, iznosi 760m, što čini 76% dužine posmatranog odsjeka dvotračnog puta. Sa druge strane, na novoprojektovanoj varijanti, sa izmjenjenom horizontalnom signalizacijom, izvršen je novi proračun zona sa zabranom preticanja. Dužina neisprekidane linije je u oba smjera smanjena na 625 m, što predstavlja 63% dužine posmatranog odsjeka dvotračnog puta.

Kao i na prethodne dvije dionice, i ovdje dolazi do redukovanja vremena koje vozila provedu u vožnji u koloni iza sporijih vozila. Procenat vremena provedenog u slijeđenju sporijeg vozila je za smjer A smanjen za 2,8% , a za smjer B je smanjen za 2,4%.



Slika 3.3. Putni pravac Ruma- Irig [4]

4. EKONOMSKO VREDNOVANJE

Pod pojmom vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže podrazumijeva se procedura ocjenjivanja i odlučivanja u sistemu osmišljavanja optimalnog razvoja i korištenja putne mreže [3].

Ekonomskim vrednovanjem se utvrđuje da li je opravdano ulagati novac u novoprojektovana varijantna rješenja posmatranih dijelova putne mreže. Ovim postupkom se utvrđuju troškovi projekta, gradnje i eksploatacije.

Troškovi eksploatacije vozila su troškovi koji koje vozač napravi u toku korištenja svoga vozila i one variraju sa pređenim kilometrima. Ovi troškovi obuhvataju troškove goriva, maziva, rezervnih dijelova, pneumatika, troškove održavanja i tako dalje. Troškovi eksploatacije vozila variraju u zavisnosti od kategorije vozila, stanja kolovoza i brzine kretanja vozila.

Rezultati kapacitivne analize i analize nivoa usluge postojećih i novoprojektovanih varijanti posmatranih dionica su pokazali, da pored promjena u vrijednostima parametra PTSF, nastaju i promjene u vrijednostima prosječnih brzina kretanja na pomenutim varijantama dionica, što se odražava na promjene u troškovima goriva.

Cilj ovog rada jeste da se utvrdi da li su novoprojektovane varijante dionica, na kojima je uočeno povećanje prosječne brzine kretanja, u odnosu na postojeće varijante, donijele društvu neku društvenu korist.

Stoga se pristupilo analiziranju troškova goriva koje vozila ostvare na postojećim varijantama i na novoprojektovanim varijantama dionica, na kojima je povećana mogućnost preticanja sporijih vozila, a time i prosječna brzina kretanja vozila.

U radu je primjenjen makroskopski pristup analizi troškova eksploatacije vozila. Metodologija ovog pristupa podrazumijeva primjenu obrasca 4.1 za proračun troškova goriva [3].

$$Ti = JP_i * CG * PGDS_i * L * 365 \quad (4.1)$$

Gdje su:

T_i - troškovi goriva posmatrane kategorije vozila (PA, BUS, LT, ST, TT ili AV),

JP_i - jedinična potrošnja goriva za posmatranu kategoriju vozila,

C_G -cijena goriva,

$PGDS_i$ - prosječan godišnji dnevni saobraćaj posmatrane kategorije vozila,

L - dužina dionice na kojoj se vrši proračun troškova.

Odnos brzine i troškova eksploatacije dat je kvadratnom funkcijom čiji je oblik prikazan obrascem 4.2.

$$JP = a + b * V + c * V^2 \quad (4.2)$$

Gdje su:

JP - jedinična potrošnja goriva po km

V - brzina vozila

a , b , i c - koeficijenti čije vrijednosti se razlikuju za svaku kategoriju vozila a zavise od indeksa ravnosti kolovoza i tipa terena.

U nastavku poglavlja izvršen je proračun troškova goriva na obe varijante posmatranih dionica dvotračnih puteva. Troškovi su analizirani za baznu 2019. godinu. Dužina dionica L , koja je usvojena za analizu troškova goriva iznosi 10km. Za dionicu Irig- Ruma je usvojen stepen ravnosti kolovoza $IRI=2$, dok je za druge dvije dionice usvojena vrijednost stepena $IRI=5$. Za jediničnu cijenu goriva usvojena je jedinstvena vrijednost od 1,176 €/l.

5. PROGNOZA SAOBRAĆAJA ZA PLANSKU 2029. GODINU

Sa aspekta analize i vrednovanja saobraćajnih projekata, neophodni su podaci o postojećem saobraćajnom opterećenju na posmatranim putnim dionicama kao i podaci o budućem stanju na putnoj mreži. Postojeća saobraćajna opterećenja na putnoj mreži se jednostavno dobijaju, brojanjem saobraćaja na terenu. Prognozirano saobraćajno opterećenje daje buduće količine saobraćaja za koje treba obezbijediti odgovarajuće kapacitete putne mreže. Osnovni problem prognoziranja budućeg stanja jeste taj što postoji veliki broj faktora koji utiču na prognozu (demografija, politika razvoja zemlje, prostorno planiranje, izgradnja, povećanje proizvodnje i potrošnje, saobraćajna politika države i tako dalje), zbog čega prognoziranje saobraćaja spada u složene i rizične postupke.

Obrazac 5.1 predstavlja opšti obrazac za prognozu saobraćaja.

$$PGDS_i = PGDS_{BAZ} * FR_i \quad (5.1)$$

Gdje su:

$PGDS_i$ - prosječan godišnji dnevni saobraćaj u planskoj godini

$PGDS_{BAZ}$ - prosječan godišnji dnevni saobraćaj u baznoj godini

FR_i - faktor porasta saobraćaja u posmatranom vremenskom periodu

Postoje različite metode za prognoziranje budućeg stanja saobraćaja. Jedna od njih jeste metoda stope rasta, koja predstavlja relativno jednostavnu metodu prognoze, a koja je primjenjena u ovom radu za prognozu saobraćajnog opterećenja u narednih 10 godina, na posmatranim dionicama dvotračnih puteva.

Metodologija prognoziranja budućeg saobraćajnog opterećenja koja je primjenjena na sve tri dionice dvo-

tračnog puta koje su analizirane u ovom radu, zasnovana je na ekstrapolaciji trenda porasta saobraćaja iz perioda od 2015. do 2019. godine na budući desetogodišnji period.

Na osnovu dobijenih vrijednosti prosječnih faktora porasta saobraćaja na posmatranim dionicama u periodu od 2015. do 2019. godine, i uz pretpostavku da će se takav trend porasta saobraćaja nastaviti i u narednom desetogodišnjem periodu, prognozirane su vrijednosti PGDS-a koje su korištene za proračun troškova goriva na sve tri posmatrane dionice, u 2029. godini.

6. TROŠKOVI REALIZACIJE NOVOPROJEKTOVANIH VARIJANTI

Prilikom projektovanja novih varijantnih rješenja na putnoj mreži svake države, neophodno je utvrditi odnos koristi koje donosi novoprojektovana varijanta i troškova koji nastaju tokom realizacije iste.

Praksa je pokazala da je za unapređenje kvaliteta uslova odvijanja saobraćaja na putnoj mreži, često neophodno izgraditi nove ili rekonstruisati postojeće dijelove putne mreže, sprovođenjem građevinskih radova koji iziskuju velike troškove (zamjena kolovozne konstrukcije, izmjena geometrije saobraćajnica, rekonstrukcija raskrsnica, izgradnja mostova i tunela i slično).

Novoprojektovana varijantna rješenja posmatranih dionica Ruma- Irig, Aljinovići- Sjenica i Krst- Zavlaka pružaju mogućnost poboljšanja kvaliteta uslova odvijanja saobraćaja uz obavljanje radova malog obima. Nove varijante dionica podrazumijevaju samo izmjenu horizontalne signalizacije na pojedinim segmentima dionica. Postojeća geometrija putnih dionica ostaje nepromijenjena čime su izbjegnuti visoki troškovi gradnje.

Promjena horizontalne signalizacije podrazumijeva označavanje isprekidane linije 5+10m uz postojeću neisprekidanu liniju, čime se formira udvojena kombinovana razdjelna linija.

Radovi na izmjeni horizontalne signalizacije se obavljaju u sklopu redovnog održavanja i zaštite puteva. Metod proračuna troškova izrade horizontalne signalizacije koji je korišten u ovom radu, zasnovan je na jediničnoj cijeni radova i jediničnoj cijeni materijala po dužnom metru dvotračne saobraćajnice. Troškovi izvođenja kombinovane razdjelne linije su računati prema "Cjenovniku radova na redovnom održavanju puteva" kog izdaje JP "Putevi Srbije".

7. ZAKLJUČAK

Procjena opravdanosti investiranja novca u neki saobraćajni projekat vrši se na osnovu analize koristi koje bi nastale implementacijom tog projektnog rješenja, za društvo u cjelini i sa druge strane troškova realizacije posmatranog projekta. Koristi koje nastaju implementacijom projektnog rješenja moraju biti veće od troškova projekta da bi investicija bila ekonomski opravdana.

Rezultati analize troškova goriva koje ostvare vozila na postojećim i novoprojektovanim varijantama dionica, u posmatranoj 2019. godini su pokazali uštede u iznosu 42.700 €/godišnje na dionici Ruma- Irig, 600 €/godišnje na dionici Aljinovići- Sjenica i 11.200 €/godišnje na dionici Krst- Zavlaka.

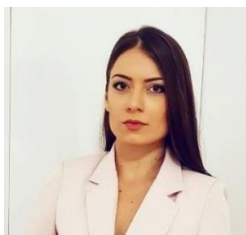
Analiza troškova goriva u 2029. godini pokazala je da bi implementacijom novoprojektovanih rješenja nastale uštede u iznosu 42.500 €/godišnje na dionici Ruma- Irig, na dionici Aljinovići- Sjenica 1300 €/godišnje i na dionici Krst- Zavlaka 16.000€. Konačno, za desetogodišnji eksploatacioni period nastala bi ušteda od oko 570.000 € na troškovima goriva. Sa druge strane, ukupni troškovi izmjene horizontalne signalizacije, koji nastaju na sve tri dionice koje su analizirane u ovom radu, iznosi približno 2.200 €.

Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti kao inicijantiva za dalja, detaljnija istraživanja ove problematike na putnoj mreži Srbije. Putna mreža Srbije je sačinjena od 16.844.287 km državnih puteva prvog i drugog reda. Na teritoriji Srbije, dvotračni putevi su najzastupljeniji elementi putne mreže. U radu je su analizirane samo tri dionice dvotračnih puteva na teritoriji Srbije, i utvrđeno je da bi se u narednom desetogodišnjem periodu mogle donijeti uštede u troškovima goriva od 570.000 €, implementacijom novoprojektovanih rješenja. Na cjelokupnoj putnoj mreži Srbije, sigurno postoji još dionica dvotračnih puteva sa istom problematikom koja je opisana u ovom radu, stoga bi uštede u troškovima goriva, koje nose sa sobom novoprojektovana rješenja, bile višestruko veće za društvo u cjelini.

8. LITERATURA

- [1] Javno preduzeće Putevi Srbije "Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji", Beograd 2012.
- [2] Bogdanović, V., Ruškić, N. "Kapacitet drumskih saobraćajnica", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2018.
- [3] Bogdanović, V. "Vrednovanje projekata", Priručnik sa predavanja, Novi Sad 2012.
- [4] <https://geosrbija.rs/>

Kratka biografija:



Jelena Nišić rođena je 1996. godine u Brčko Distriktu, Bosna i Hercegovina. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćajnog inženjerstva je odbranila 2020. godine. Kontakt: nisis_ftn@hotmail.com



Prof. dr Nenad Ruškić rođen je 1980. godine u Tuzli, Bosna i Hercegovina. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2013. godine.