

UNIVERZITET U NIŠU
GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET
NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

15.06.2015	
09	117/12

Na osnovu Odluke Nastavno-naučnog veća Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu od 06.03.2015. broj 117/12 imenovana je Komisija za pregled i ocenu doktorske disertacije mr Dušana Cvetkovića, dipl.inž.građ., pod nazivom: „**Uticaj geometrijskih elemenata puta, obima i strukture saobraćaja na određivanje referentnih vrednosti pri definisanju funkcionalne opravdanosti za intervenciju na putu**“, u sastavu:

1. dr **Dragan Lukić**, red. prof.
Građevinskog fakulteta u Subotici Univerziteta u Novom Sadu,
2. dr **Radojka Dončeva**, red. prof.
Građevinski fakultet Univerziteta u Skoplju,
3. dr **Goran Mladenović**, vanr. prof.
Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu.

U skladu sa navedenom Odlukom, imenovana Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

o pregledu i oceni doktorske disertacije
mr Dušana Cvetkovića, dipl.inž.građ.

Kandidat mr Dušan Cvetković, dipl.inž.građ. predao je Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu doktorsku disertaciju pod naslovom:

"UTICAJ GEOMETRIJSKIH ELEMENATA PUTA, OBIMA I STRUKTURE SAOBRAĆAJA NA ODREĐIVANJE REFERENTNIH VREDNOSTI PRI DEFINISANJU FUNKCIONALNE OPRAVDANOSTI ZA INTERVENCIJU NA PUTU"

Urađena doktorska disertacija sadrži 7 poglavlja, koja su definisana nazivima: Uvod, Predmet istraživanja, Prethodna znanja i iskustva, Metodologija istraživanja, Analiza istraživanja, Primena rezultata istraživanja na Propise za projektovanje puteva i Zaključak.

Disertacija je obrađena na 93 strane u okviru kojih je priloženo 37 slika, 34 tabele i 88 naslova literature, koji sadrže podatke o vrednostima ulaznih parametara u vezi sa rezultatima eksperimentalnih istraživanja uticaja geometrijskih elemenata puta na brzinu u slobodnom toku, kao i rezultata eksperimentalnog istraživanja uticaja obima i strukture saobraćaja na brzinu u slobodnom toku. Pored toga kao ulazni parametar za upoređenje rezultata istraživanja su i važeći Propisi za projektovanje puteva u poglavljima koja se bave

voznom dinamikom i propisanim nivoima saobraćajne usluge za pristupne, sabirne, vezne i daljinske puteve u svim kategorijama terena.

Analizom ulaznih podataka prikupljenih eksperimentalno - teorijskom metodologijom, dobijeni rezultati istraživanja prikazani su u šestom i sedmom poglavlju.

Sadržaj disertacije

Prvo, uvodno poglavlje, ukazuje da je funkcionalno vrednovanje važan i nezaobilazan korak prilikom ocenjivanja i odlučivanja u sistemu planiranja optimalnog razvoja i korišćenja putne mreže.

Funkcionalno vrednovanje opravdanosti ulaganja u izgradnju ili rekonstrukciju daje odgovor na pitanje, postoji li opravdana potreba ili ne za preduzimanje odgovarajućih tehničkih mera na postojećoj putnoj mreži ili nekom njenom delu za poboljšanjem odvijanja saobraćaja.

Osim toga, disertacija definiše kriterijume za rezerve kapaciteta pri određenom nivou saobraćajne usluge, a pri izradi Generalnih i Idejnih projekata, rekonstrukcija ili novih putnih pravaca. Ovo posebno ima značaj za planiranje budućeg saobraćaja po isteku planskog perioda eksploatacije puta.

Kriterijumi za funkcionalnu opravdanost su formirani na osnovu vrednosti eksploatacione brzine saobraćajnog toka u realnim okolnostima saobraćaja, kao dinamički kriterijum, a zatim i na bazi odnosa protoka i kapaciteta puta q/C .

Drugo poglavlje, Predmet istraživanja, definiše referentne vrednosti na osnovu kojih se utvrđuje funkcionalna opravdanost za intervenciju na putu u obliku vrednosti eksploatacione brzine i iskorišćenosti kapaciteta puta, odnosno apstrahovanog kvalitativnog kriterijuma nivoa saobraćajne usluge NU . Na osnovu napred navedenog, autor konkretizuje predmet istraživanja na uticaj geometrijskih elemenata puta i obima i strukture saobraćaja na eksploatacionu brzinu saobraćajnog toka V_e i iskorišćenost kapaciteta puta pri datoj veličini saobraćajnog toka q/C .

Imajući u vidu prirodu eksploatacione brzine saobraćajnog toka V_e i njene zavisnosti od niza objektivnih i subjektivnih okolnosti, jer uključuje i ljudski faktor, istraživanje je bazirano na rezultatima dobijenim na osnovu eksperimenata u prirodnim i realnim okolnostima. Rezultati su dobijeni za uticaj geometrijskih elemenata puta na brzinu u slobodnom toku, za uticaj obima i strukture saobraćaja na kapacitet puta i vremenski zastoje zbog veličine saobraćajnog toka.

Treće poglavlje se sastoji iz tri dela: Vrednovanje, Istraživanje brzine u slobodnom toku i Nivo saobraćajne usluge.

U delu Vrednovanje, izložena je problematika vrednovanja projekata puteva u našoj inženjerskoj praksi, a koja je kod nas prvi put definisana 1974. godine.

Aktivnija uloga vrednovanja, istaknuta je 1984. godine i elaborirana u monografiji pod nazivom "Vrednovanje u optimiziranju planova i projekata puteva", gde se definiše postupak funkcionalnog vrednovanja pri izradi Predfizibiliti studija u Generalnim projektima i Fizibiliti studijama Idejnih projekata.

Nakon toga na stručnim skupovima i u časopisima je bilo više radova na ovu temu, sve do 1994. godine kada je profesor Dr. Lj. Kuzović objavio monografiju pod nazivom "Vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže".

Od posebnog značaja je proračun kapaciteta puta C i brzine u slobodnom toku V_s i definisanje potrebnog nivoa saobraćajne usluge na prvu i ciljnu godinu eksploatacije u skladu sa značajem puta.

Usvajanjem u Srbiji novih Propisa za projektovanje puteva, 2011. godine, uveden je pojam Nivoa saobraćajne usluge prema funkcionalnoj klasifikaciji puteva, sa zahtevanim referentnim vrednostima eksploatacione brzine.

U delu Istraživanje brzine u slobodnom toku, prikazan je kratak istorijat istraživanja uticaja geometrijskih elemenata puta i ličnosti vozača na brzinu kretanja vozila. Prikazani su prvi rezultati inž. ORLEY-a iz 1937. godine, čije istraživanje je uticalo da se u Nemačkoj donesu propisi RAL 1937. godine, gde se uvodi pojam najčešće brzine, koja je promenljiva. Sledeći propisi RAL 1958. i RAL 1959. uvode pojam računске brzine u kritičnim elementima puta. U Švajcarskoj i Francuskoj je u tehničkim propisima 1969 godine uveden pojam brzine za proračun graničnih elemenata puta i brzine u povoljnijim elementima puta.

U našim propisima je uveden pojam računске brzine, kao konstante za ceo put, u inženjersku praksu, 1957. godine, a propisi iz 1969. godine zadržali su isti pojam. U periodu do 1980. godine, više autora se zalagalo za uvođenje pojma brzine u slobodnom toku, koja je promenljiva, pa su tek naši Propisi iz 1980. godine, delimično usvojili taj podatak, kao veličinu pod nazivom "očekivana brzina".

U međuvremenu su na Građevinskom fakultetu u Nišu izvedena opsežna eksperimentalna istraživanja u prirodnim okolnostima za "utvrđivanje uticaja elemenata puta na brzinu u slobodnom toku", a rezultati su objavljeni u doktorskoj disertaciji profesora D. Damjanovića. 1980. godine. Te rezultate je koristio i Dr. Lj. Kuzović za konačno definisanje svih pojmova u vezi brzine u inženjerskoj praksi prilikom vrednovanja puteva i to: Brzina u slobodnom toku. V_{SL} , Računska brzina V_R , Eksploataciona brzina V_e , Brzina pri kapacitetu V_c i Brzina pri zahtevu za protokom V_F . Navedeni pojmovi za brzine i eksperimentalni rezultati za brzinu u slobodnom toku su korišćeni pri izradi ove disertacije.

Deo Nivo saobraćajne usluge NU prikazuje istraživanja utvrđivanja kapaciteta puta i stepena iskorišćenja tog kapaciteta u toku planskog perioda eksploatacije puta, kao načina za vrednovanje projektnih rešenja, ali na bazi eksperimentalnih merenja.

Istraživanja su obavljena u više država SAD po specijalnoj metodologiji i trajala su više godina počev od 1965. godine, a objavljuvana su u monografijama HCM u više revidovanih izdanja (HCM 1965, HCM 1994, HCM 2000, HCM 2004, HCM 2010).

Prvi rezultati objavljeni su u HCM 65 sa primarnim pokazateljem u obliku odnosa kapaciteta i protoka q/C . Drugi zvanični rezultati, takođe na osnovu prethodnih i daljih eksperimenata i merenja, objavljeni su u HCM 1985. godine, gde se pored pomenutog odnosa q/C , određuje i brzina toka u idealnim uslovima puta i saobraćaja. Sledeće, treće izdanje HCM 1994. (Special report 209.), kroz modifikaciju metodologije istraživanja i analizu rezultata, konačno je definisao pojam nivoa saobraćajne usluge koji se i danas primenjuje prilikom vrednovanja projekata puta. Odnosno uvodi se nov pojam "vermenski zastoje" eksploatacione brzine u odnosu na brzinu u slobodnom toku u idealizovanim uslovima. Rezultati navedenih istraživanja prikazani su kroz tabele koje pokazuju umanjenje brzine u idealnim uslovima u odnosu na realne uslove. Nastavak daljih istraživanja su prikazana u navedenim izdanjima HCM-a.

U izdanju HCM 2010, postavljeni granični kriterijumi za nivo usluge i osnovni kapacitet C_0 izmenjeni su u odnosu na HCM 1994. dok je metodologija sa primenom faktora umanjenja osnovnog kapaciteta na realni kapacitet zadržana.

U ovoj disertaciji prihvaćena je nova, izmenjena, granična vrednost definisana u HCM 2010, dok je zadržana metodologija HCM 1994. Konkretnije metode za proračun kapaciteta puta, eksploatacione brzine i nivoa saobraćajne usluge, kod nas je u svojoj monografiji

prikazao profesor Dr. Lj. Kuzović i tom prilikom dao je odgovarajuće formule. Tako kapacitet deonice dvotračnog puta zavisi od: širine poprečnog profila, horizontalnog toka trase puta, uzdužnog nagiba, stanja kolovoza. Takođe dao je i izraz za eksploatacionu brzinu V_e , koja zavisi od brzine u slobodnom toku V_{SL} i brzine pri kapacitetu puta V_c na delu gde je dozvoljeno preticanje vozila. Pored toga dat je i izraz za brzinu pri zahtevu za protokom V_F kada je protok q veći od kapaciteta C , odnosno kada je $q/C > 1.00$.

U **četvrtom** poglavlju, "Metodologija istraživanja", posebna pažnja je posvećena primeni istraživačkih postupaka koji osiguravaju objektivnost dobijenih rezultata. Takav stav implicira da istraživanje bude zasnovano na rezultatima eksperimentalnih merenja i teorijskim analizama.

Imajući u vidu da je predmet istraživanja eksploataciona brzina vozila u realnim uslovima puta i saobraćaja, relevantne činjenice su podaci o uticaju geometrijskih elemenata puta na brzinu u slobodnom toku i uticaj obima i strukture saobraćaja na umanjenje te brzine kao ulaznog podatka za proračun eksploatacione brzine.

Za uticaj konstruktivnih elemenata puta na brzinu u slobodnom toku, autor se odlučio na korišćenje činjenica dobijenih u naučnom eksperimentu jer je i sam kao koautor učestvovao u obradi podataka dobijenih merenjima u eksperimentu, pronalaženju najpogodnijih matematičkih izraza koji opisuju uočene zakonitosti, iz tog razloga autor je dosta prostora u radu posvetio i opisivanju okolnosti pri kojima su merenja obavljena i dobijenim regresionim obrascima. Autor je značajno učestvovao i u izradi monografije pod nazivom "Usklađivanje konstruktivnih elemenata puta prema očekivanoj brzini u slobodnom toku", koja je proistekla iz ovog eksperimenta i paralelno je napravio softverski paket za određivanje brzine u slobodnom toku, kontinualno, dužinom celog analiziranog putnog pravca, koji je uvećeo upotrebljivost ove metodologije u projektovanju puteva.

Pored napred navedenih podataka o brzini, za ovaj rad bili su neophodni i eksperimentalni rezultati uticaja obima i strukture saobraćaja na umanjenje brzine u slobodnom toku, kako bi se odredila eksploataciona brzina saobraćajnog toka na dvotračnim vangradskim putevima. Za ovaj rad uzeti su podaci iz najsveobuhvatnije i svetski priznate studije i eksperimenta koji se permanentno sprovodio u SAD od 1965. do 1994. godine, i dalje do danas. Na osnovu ovih podataka, autor je primenio granične vrednosti eksploatacione brzine i vremenskog zastoja po HCM 2010, dok se više orijentisao na metodologiju po HCM 1994 koja predmetne pokazatelje objašnjava efikasnije i u skladu sa razvojem putne mreže kod nas.

Peto poglavlje "Analiza istraživanja", definiše se postupak za proračun kapaciteta i određivanje nivoa saobraćajne usluge slobodne deonice dvotračnog vangradskog puta, i to u slučaju stabilnog saobraćajnog toka, odnosno eksploatacione brzine i vremenskog zastoja u odnosu na brzinu u slobodnom toku. Takođe su definisani slučajevi nestabilnog saobraćajnog toka, tj. dati su odgovori šta se događa kada je zahtev za protokom saobraćaja veći od kapaciteta puta $q/C > 1.00$ i drugi slučaj kada geometrijski, konstruktivni, elementi puta ne dopuštaju minimalnu brzinu pri kapacitetu puta od 3200 PA/h, koja iznosi 60 km/h.

Za potrebe inženjerske prakse pri projektovanju puteva, definisan je proračun eksploatacione brzine za slobodnu deonicu puta, kao normiranu (ponderisanu) vrednost prostorne brzine za ceo putni pravac sastavljen od više slobodnih deonica.

Na kraju ovog poglavlja, urađena su tri primera proračuna nivoa saobraćajne usluge, za stabilan saobraćajni tok, slučaj kada je $q/C \leq 1.00$, za nestabilan saobraćajni tok, kada je $q/C > 1.00$ i za slučaj serpentine kao kritičnog segmenta deonice za ostvarivanje brzine toka.

Šesto poglavlje "Primena rezultata istraživanja na propise za projektovanje puteva" u prvom delu sadrži odredbe Propisa koji se odnose na određivanje nivoa saobraćajne usluge kao normativne vrednosti i u njemu autor konstatuje:

- Brzina u slobodnom toku je, kako to Propisi navode, teorijska vrednost koja se dobija grafičkom superpozicijom grafika brzina pod uticajem radijusa horizontalnih krivina i grafika brzina pod uticajem podužnog nagiba puta. Takve vrednosti su u velikom raskoraku sa izmerenim vrednostima u eksperimentalnoj vožnji.
- Referentne vrednosti nivoa saobraćajne usluge prema funkcionalnoj klasifikaciji puteva i kategorijama terena su proizvoljno određene i u suprotnosti su sa suštinom i opšte prihvaćenim principima i vrednostima za ovu oblast, koja je bila i predmet analize u doktorskoj disertaciji.

Autor je prihvatio vrednosti iz Propisa za eksploatacione brzine po kategorijama terena za ravničast, brdovit i planinski, na svim vrstama puteva (pristupni, sabirni, vezni i daljinski), ali ne kao determinističke vrednosti, jer po prirodi pojave one to ne mogu da budu, nego kao stohastičke vrednosti sa određenim opsegom. Na osnovu toga, autor je predložio novu tabelu, kao kriterijum za nivo saobraćajne usluge u skladu sa rezultatima analize u doktorskoj disertaciji.

Sedmo poglavlje "Zaključak" sadrži deset tačaka, u kojima se na početku konstatuje da postoji uticaj geometrijskih elemenata puta i strukture saobraćaja na određivanje referentnih vrednosti pri definisanju funkcionalne opravdanosti za intervencije na putu. U ostalim tačkama iznosi rezultate dobijene u analizi i na kraju u desetoj tački zaključuje: "Rezultati istraživanja, prema usvojenoj metodologiji, zasnovani su na činjenicama dobijenim u naučno organizovanim eksperimentima sa merenjem u prirodnim okolnostima puta i saobraćaja, pa se kao takvi mogu prihvatiti u inženjerskoj praksi projektovanja puteva."

Doprinos disertacije

Doktorska disertacija mr Dušana Cvetkovića dipl. inž. građ. je urađena na bazi činjenica koje su prikupljene kroz naučno organizovana eksperimentalna istraživanja u prirodnim okolnostima. Na taj način rezultati analize prikupljenih podataka, pored stručnog doprinosa inženjerskoj praksi imaju i značajan naučni doprinos u oblasti vrednovanja projekata rekonstrukcija i izgradnje novih puteva.

Stručni doprinos ogleda se u potpuno definisanom postupku određivanja eksploatacione brzine saobraćajnog toka kao osnove za određivanje nivoa saobraćajne usluge, kako slobodne deonice puta tako i celog putnog pravca sa više slobodnih deonica. Proračuni ove vrste u našoj inženjerskoj praksi nisu sprovedeni niti su mogli biti urađeni, jer novi Propisi to nisu omogućavali.

Poseban naučni doprinos predstavlja proučavanje stanja nestabilnog saobraćajnog toka na slobodnoj deonici ili nekom njenom delu, koje se redovno javlja u realnim uslovima odvijanja saobraćaja, kada je zahtev za protokom veći od kapaciteta puta ili kada elementi puta ne dopuštaju odvijanje saobraćaja brzinom pri kapacitetu stabilnog saobraćajnog toka. Autor je došao do novih saznanja o nestabilnom saobraćajnom toku i formulisao obrasce za proračun kapaciteta i brzine kretanja vozila u takvim okolnostima. Na kraju je sve postupke za stabilan i nestabilan saobraćajni tok prikazao kroz tri primera prilagođena primeni u inženjerskoj praksi.

Zaključak

Doktorska disertacija mr Dušana Cvetkovića, dipl.inž.građ. pod naslovom „**Uticao geometrijskih elemenata puta, obima i strukture saobraćaja na određivanje referentnih vrednosti pri definisanju funkcionalne opravdanosti za intervenciju na putu**“ analizira veoma aktuelnu problematiku u projektovanju i vrednovanju puteva te se može, kao takva, preporučiti u inženjerskoj praksi u oblasti projektovanja puteva.

Na osnovu napred izloženog, Komisija zaključuje da doktorska disertacija mr Dušana Cvetkovića, dipl.inž.građ. pod naslovom „**Uticao geometrijskih elemenata puta, obima i strukture saobraćaja na određivanje referentnih vrednosti pri definisanju funkcionalne opravdanosti za intervenciju na putu**“ predstavlja značajan i originalan naučni doprinos, pa sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom veću Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu da je prihvati i odobri za javnu odbranu.

Članovi komisije:



dr **Dragan Lukić**, red. prof.

Građevinskog fakulteta u Subotici Univerziteta u Novom Sadu



dr **Radojka Dončeva**, red. prof.

Građevinskog fakulteta Univerziteta u Skoplju,



dr **Goran Mladenović**, vanr. prof.

Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu