

# ODREĐIVANJE BEZBEDNE BRZINE NA PUTEVIMA U CILJU ADEKVATNOG INFORMISANJA VOZAČA

## DETERMINATION OF ROADS SAFE SPEED FOR APPROPRIATE DRIVER INFORMATION

Svetozar Kostić<sup>1</sup>; Vladica Popović<sup>2</sup>; Nenad Šaulić<sup>3</sup>; Aleksandar Jovanović<sup>4</sup>

XII Simpozijum  
"Veštačenje saobraćajnih nezgoda  
i prevare u osiguranju"

**Rezime:** Rezultati mnogih istraživanja ukazuju na nesumnjiv uticaj brzine u nastajanju saobraćajnih nezgoda i veličinu njihovih posledica. Zvanična statistika evidentira neprilagođenu brzinu kao direktni uzročnik blizu polovine nezgoda. I pored određenih manjkavosti domaćih evidencija, neosporna je činjenica da je brzina jedan od bitnih faktora bezbednosti saobraćaja koja je direktno ili indirektno prisutna u nastajanju gotovo svih nezgoda. Cilj ovog rada je da definiše brzine koje su merodavne za informisanje vozača o brzini koje bi trebalo da se pridržava kako bi bezbedno i udobno prošao određenu deonicu puta.

**KLJUČNE REČI:** BEZBEDNA BRZINA, INFORMISANJE VOZAČA, BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

**Abstract:** The results of many studies point to the undoubted influence of the emerging traffic accidents and size of their consequences. Official statistics record unadjusted speed as a direct cause of nearly half of the accidents. Despite certain shortcomings of local records, it is certainly true that the speed of one of the important factors of traffic safety that is directly or indirectly present in the making nearly all accidents. The aim of this paper is to define the speeds that are valid to inform drivers about the speed that you should adhere to in order to safely and comfortably passed a certain section of road.

**KEY WORDS:** SAFE SPEED, DRIVER INFORMATION, TRAFFIC SAFETY

<sup>1</sup> Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad

<sup>2</sup> Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad

<sup>3</sup> Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad

<sup>4</sup> Saobraćajni fakultet, Beograd, caki1987@gmail.com

## 1. UVOD

Jedan od prvih koraka u nastojanjima da se ublaži uticaj prevelike ili neprilagođene brzine<sup>5</sup> na nastanak saobraćajnih nezgoda je definisanje samog pojma bezbedne brzine. Već sama činjenica da se u projektovanju i upravljanju saobraćajem koristi niz pojmova o brzini kao što su: ograničena, preporučena, maksimalna, 95%, 85%, srednja, prosečna, računaska, projektna, bezbedna, prilagođena, granična itd. ukazuje na kompleksnost postavljenog zadatka. S druge strane za pravilno utvrđivanje veličine prilagođene brzine potrebno je sagledati uticaj niza faktora sistema vozač-vozilo-put (V-V-P), odnosno sva relevantna stanja sistema na koje vozač mora da reaguje smanjenjem brzine.

U osnovi problema adekvatnog definisanja bezbedne brzine leže koncepcijske nesuglasice stručnjaka različitih profila (saobraćajne, građevinske, psihološke, mašinske struke) ali i prisutna mimoilaženja u okviru jedne struke. Po pravilu, svaka struka predimenzioniše jedan od elemenata sistema vozač-vozilo-put, dok ostale prihvata kao konstantne, prosečne i sl. S druge strane ima nastojanja da se definisana bezbedna brzina za pojedinačne slučajeve, konkretnog vozača, vozilo i ostale poznate parametre, generališe za celu populaciju vozača. Ovako definisane bezbedne brzine nisu prihvatljive za većinu vozača i ne odgovaraju stvarnim potrebama saobraćaja.

Brojne i složene situacije u saobraćaju, mnoštvo poznatih i nepoznatih uticaja okoline, iznenadne promene i sl. zahtevaju od vozača izuzetno znanje i veštinu ili krajnju obazrivost i de-fanzivnu vožnju. U takvim okolnostima bezbedno učestvovanje u saobraćaju je gotovo nemoguće bez odgovarajuće pomoći i dobre informisanosti svih učesnika u saobraćaju. Nasuprot ovom zahtevu, stanje saobraćajne informatike je dosta loše. Na znatnom delu putne mreže ona je zapuštena, zastarela i uništena. Ovaj epilog se i mogao očekivati, imajući u vidu da se dobar deo i to najznačajnije signalizacije (ograničenja brzine, zabrane sl.) postavljao bez jasno utvrđenih i preciznih kriterijuma. Vozači su gubili poverenje u ovakvu signalizaciju, sve su je manje poštovali, pa je njen značaj bio sve manji. Sa tim su se mirili i nadležni organi za kontrolu i regulisanje saobraćaja, jer ni oštrija kaznena politika nije obezbedila veće poštovanje saobraćajne signalizacije.

Imajući sve ovo u vidu neophodno je povratiti poverenje vozača u signalizaciju, što se može postići samo novim i kvalitetnijim informisanjem. Potrebni su jasni, sveobuhvatni i precizni kriterijumi, koji bi omogućili homogenizaciju i potrebnu standardizaciju signalizacije na našim putevima. U ovom smislu ovaj rad predstavlja jedan od priloga u stvaranju osnova i naučnih postavki za izgradnju savremenog sistema saobraćajne informatike na putevima.

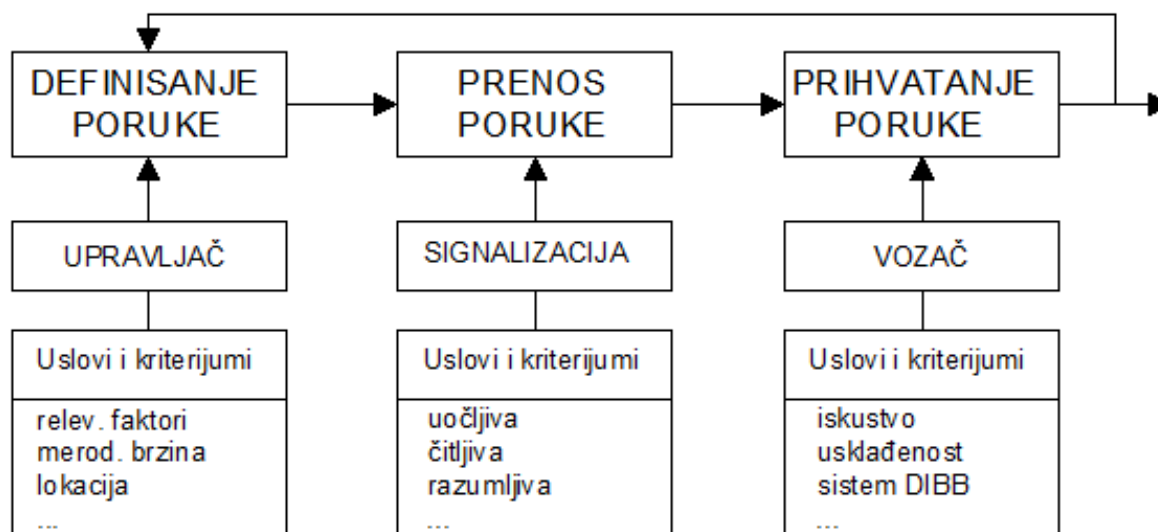
## 2. POLAZNE OSNOVE

Na slici 1. prikazan je informativni lanac prenosa poruka u sistemu V-V-P. U ovom lancu od upravljača, odnosno davaoca informacije, do vozača postoji više faza - karika, a najznačajnije su definisanje poruke, njeno signaliziranje i prihvatanje od strane vozača. Svaka faza mora biti korektno definisana kako bi na kraju vozač prihvatio poruku i postupio po datim naredbama i preporukama.

Navedeni proces dobija poseban značaj kada se ima u vidu činjenica da saobraćajnim sistemom, u manjoj ili većoj meri, upravlja više organa (opština, MUP, inspekcija),

<sup>5</sup> Zvanično usvojena terminologija o brzini kao uzroku saobraćajne nezgode

zajednica, organizacija, kao i novoformiran upravljač javnog puta.



Slika 1. Informativni lanac prenosa poruke u sistemu V-V-P

Tu su i radne i komunalne organizacije za održavanje puteva, koje se ujedno staraju i o signalizaciji. Ako se uzmu u obzir i brojne projektne organizacije koje, najčešće u skladu sa svojim iskustvom i stručnim potencijalom projektuju saobraćajnu signalizaciju, shvata se koliki broj subjekata bez jedinstvenih kriterijuma, učestvuje u formiranju informacionog sistema na putevima.

S druge strane, jedan je vozač koji treba u konačnom da prihvati poruku i postupi po njoj. A on, suočen sa brojnim nelogičnostima i nedostacima signalizacije, u neizgrađenom sistemu informisanja, počinje da sumnja u informativne poruke, proverava njihovu tačnost i sve više gubi poverenje. Propisima i standardima u dobroj meri definisan je sam oblik, boja i veličina znakova, što je doprinelo da uočljivost, čitljivost i razumljivost nisu osnovni problemi nepoštovanja signalizacije, ali zato znatno se veća pažnja mora posvetiti definisanju informativnih poruka i njihovom prihvatanju od strane vozača.

U postojećem sistemu signalisanja postoje izvesni kriterijumi za informisanje vozača o bezbednim brzinama. U osnovi se grešilo što su se o brojnim i složenim situacijama i uticajnim faktorima vozači informisali sa jednim, eventualno dva znaka. Vozaču je neophodno dati više repera o bezbednim brzinama za bitna stanja sistema V-V-P kako bi on, shodno svojim sposobnostima i karakteristikama vozila, mogao pravilno da prilagodi brzinu. U tom kontekstu realna je tvrdnja da: "Adekvatno definisanje i signalisanje merodavne bezbedne brzine za relevantna stanja sistema V-V-P je uslov da vozači prihvate informativne poruke i bezbedno voze".

Prilikom definisanja brzine koja će biti prihvatljiva za najveći broj vozača i koja omogućava bezbedno kretanje, u svim uslovima saobraćaja, potrebno je uzeti u obzir brojne uticajne parametre kao što su:

- psihofizičko stanje vozača (iskustvo, starost, rizik prihvatanja brzine, agresivnost, emocionalna nestabilnost, zamor itd.),
- karakteristike i stanje vozila (vrsta i kategorija, stanje pneumatika, kočnica i drugih uređaja, opterećenost, itd.)
- osobine i karakteristike puta (krivine, raskrsnice, priključci, putni objekti, širina kolovoza, ravnost i rapavost kolovoza, preglednost itd.),

- struktura i karakteristike toka (protok, gustina, interval, sleđenje, neravnomernost, prisustvo pešaka, mešoviti saobraćaji itd.),
- karakteristike okruženja (vremenske i svetlosne prilike, vidljivost, izgrađenost okoline, topografija itd.).

Već sama brojnost parametara koji utiču na brzinu ukazuje na ukupnu složenost postavljenog zadatka, pa je neophodno da se prethodno preciziraju polazne osnove, odnosno svrha definisanja bezbedne brzine. Određivanje teorijske osnove bezbedne brzine omogućiće pravilnu selekciju svih uticajnih faktora.

### 3. KRITIČKA ANALIZA POSTOJEĆIH DEFINICIJA BRZINE

Veliki broj definicija brzine u saobraćaju na putevima je realna neminovnost, imajući u vidu brojne interese i potrebe raznih korisnika. I sam zakonodavac je problemu brzine posvetio posebnu pažnju u cilju unapređenja bezbednosti saobraćaja, zaštite čovekove sredine, smanjenja potrošnje goriva i sl. Brzina zaslužuje pažnju i pri projektovanju puteva, optimizaciji protoka saobraćaja, veštačenju saobraćajnih nezgoda, vaspitno-obrazovnom radu itd. Zato su se brojni stručnjaci, različitog profila i na svim nivoima, angažovali na rešavanju ovog problema.

Sa manje ili više uspeha u određenim oblastima, kao što su planiranje [4], projektovanje puteva [6, 9], zaštita čovekove sredine [7], definisani su potrebni pojmovi o brzinama. Međutim, u bezbednosti saobraćaja, gde su izraženi brojni različiti uticaji sistema vozač-vozilo - put na ovom planu se nije daleko otišlo.

Parcijalna sagledavanja ove problematike su i dovela do situacije da imamo brojne definicije o istom pojmu, nekada i međusobno suprotne, pa čak i različite nazive za isti pojam.

Najveći broj definicija brzine, koje se sreću u stručnoj literaturi, mora se sistematizovati prema određenim oblastima primene na:

1. Zakonske definicije brzina
  - a) Vozač je dužan da brzinu kretanja vozila prilagodi osobinama i stanju puta, vidljivosti, preglednosti, atmosferskim prilikama, stanju vozila i tereta, gustini saobraćaja i drugim saobraćajnim uslovima, tako da vozilo može blagovremeno da se zaustavi pred svakom preprekom, koju pod datim uslovima, može da vidi ili ima razloga da predvidi, odnosno da vozilom upravlja tako da ne ugrožava bezbednost saobraćaja (ZOBS, član 42) [7].
  - b) Dozvoljena: brzina koja je određena saobraćajnim znakom postavljenim na putu.
  - c) Maksimalno dozvoljena: najveća dozvoljena brzina za određenu vrstu puta.
  - d) Ograničena: brzina koja je propisana za određenu kategoriju vozila (ZOBS, član 45).
  - e) Preporučena: brzina koja se saobraćajnim znakom preporučuje za određenu deonicu puta.
  - f) Računska ( $V_r$ ): je usvojena teorijska vrednost brzine koja služi za izračunavanje geometrijskih elemenata trase i poprečnog profila puta tako da u potpunosti bude osigurana bezbednost vožnje [6].

## 2. Prilagođena brzina

- a) Prilagođena ( $V_{85\%}$ ): predstavlja 85% trenutne brzine na mernom preseku u uslovima slobodnog saobraćajnog toka [9].
- b) Odgovarajuća (prilagođena): brzina kretanja pri kojoj bi vozač određenih sposobnosti i psihofizičkog stanja u određenom vozilu mogao bezbedno da prođe određenim delom puta [8].
- c) Ona brzina koja omogućava vozaču da blagovremeno može da zaustavi vozilo sa kojim upravlja pred svakom preprekom koju pod datim uslovima može da predvidi [5].
- d) Ona brzina koju utvrđuje sud, a veštak je izračuna, definiše kao "bezbednu" ili "uslovno bezbednu" za situaciju i uslove koji su prethodili nezgodi [11].

## 3. Bezbedna i uslovno bezbedna brzina

- a) Brzina kojom se može bezbedno kretati vozilo u datoj situaciji na putu, da bi ga vozač mogao blagovremeno zaustaviti pred svlakom preprekom koju je u datim uslovima mogao očekivati [11].
- b) Bezbedna (odgovarajuća): je ona brzina kretanja vozila pri kojoj i ispod koje vozač može ili je mogao izbeći sudar ili udar u prepreku na određenoj udaljenosti uslovljenoj preglednošću, vidljivošću i zavisno od dinamike kretanja ostalih učesnika u saobraćaju, a u kontekstu konkretnih uslova određivanja saobraćaja i faktičkog reagovanja vozača ako je postojalo [5].
- c)  $V_{ub}$ : brzina pri kojoj bi vozač mogao da izbegne sudar ili nezgodu zaustavljanjem vozila ispred mesta gde se na putu pojavila iznenadna i nepredvidiva *prepreka* samo u slučaju da je u trenutku pojave te opasnosti vozio svoje vozilo baš tom brzinom [11].
- d) Uslovljena ( $V_u$ ): je takva brzina kojom bi trebalo da bude vožen automobil za konkretne uslove saobraćajne situacije, koje vozač vidi ili treba da predvidi, pa da bi bio u mogućnosti da automobil bezbedno zaustavi ili vozi za date uslove.

## 4. Brzina u projektovanju puteva

- a) Osnovna brzina ( $V_o$ ): predstavlja prolazni programski parametar koji pokazuje Nivo Usluge određenog putnog pravca pri merodavnom saobraćajnom opterećenju -  $Q_{mer}$  i približno je jednaka srednjoj brzini saobraćajnog toka.
- b) Računska brzina ( $V_r$ ): je teorijska vrednost koja služi za proračun graničnih geometrijskih elemenata koji se mogu primeniti u projektovanju puteva. Njome se praktično određuje donja granica projektnih elemenata u najsloženijim terenskim uslovima datog puta.
- c) Projektna brzina ( $V_p$ ): primenjuje se za dimenzionisanje određenog elementa puta, saobraćajne i građevinske opreme, kao i za vrednovanje varijantnih rešenja ako je sigurna i udobna vožnja u slobodnom saobraćajnom toku.
- d) Granična (u krivini): brzina pri kojoj počinje bočno zanošenje vozila u krivini pri datoj vrednosti koeficijenta trenja, poluprečnika krivine i poprečnog nagiba [6].

Zakon o bezbednosti saobraćaja problem prilagođene brzine nije u potrebnoj meri definisao. On obavezuje vozača da brzinu kretanja vozila podesi brojnim stanjima sistema

V-V-P tako da vozilo može blagovremeno da zaustavi pred svakom preprekom koju, pod datim uslovima može predvideti. Očigledno da sa aspekta vozača nije ni približno definisano šta su to prepreke koje se pod datim uslovima mogu predvideti. Posebno je pitanje da li se pri prilagođavanju brzine mora vršiti samo zaustavljanje vozila. Šta je sa brojnim situacijama (ulazak u krivinu, izbegavanje pešaka i sl.) u kojima vozač ne mora kočenjem da prilagođava brzinu, odnosno gde kočenjem može da stvori i nepovoljniju situaciju?

S druge strane moramo se zapitati koliko smo vozačima približili i objasnili pojedina stanja sistema V-V-P. Kako će oni podešavati brzinu kretanja vozila u krivinama sa brojnim skrivenim nedostacima (nedovoljna rapavost kolovoza, nedostatak prelazne krivine, nepravilan poprečni nagib ili vitoperenje kolovoza, nedovoljna preglednost i sl.)? Za koliko smanjiti brzinu na vlažnom kolovozu, noću ili po kiši? Kako voziti "Yuga", "Peglicu" ili "Mercedes" i to pri raznim stanjima tehničke ispravnosti i opterećenja vozila? Koje ga opasnosti očekuju u mešovitom saobraćaju itd.? Možda je dovoljna postojeća obuka "savesnih" i "stručnih" instruktora, ili će uz malo sreće potrebna znanja steći samostalno u vožnji.

I pored prisutnih nedorečenosti, zakonsku definiciju prilagođene brzine prihvatio je veći broj autora, [5, 8] s tim što neki uvode i pojam bezbedne brzine. Pored činjenice da oba pojma ne definišu sve situacije u kojima treba prilagođavati brzinu, od autora do autora mešaju se pojedini pojmovi i definicije, tako da se može shvatiti da se radi o istoj brzini samo sa više naziva.

Pored već istaknutih generalnih primedbi, detaljnijom analizom navedenih definicija uočava se da najveći broj definicija, prilagođenu ili bezbednu brzinu definiše za konkretnog vozača i konkretno vozilo. Pri izračunavanju ovih brzina uglavnom su poznate osnovna obeležja vozača (pol, godine, iskustvo, neke psiho-fizičke karakteristike i sl.), a za vozilo vrsta i tip, starost, stanje pneumatika, tehnička ispravnost i sl. Sa ovim parametrima može se dosta precizno izračunati tražena brzina, ali se njene vrednosti ne mogu generalizovati na celu populaciju vozača. Takođe, brzina se po pravilu, definiše za određeni deo puta i za date uslove konkretne saobraćajne situacije. Međutim, vrlo mali broj definicija i to uglavnom parcijalno, uzima u obzir promene puta i uticaje okoline kao neposrednu opasnost na koju vozač mora da reaguje smanjenjem brzine.

Kritička analiza postojećih definicija prilagođene bezbedne brzine ukazala je da se one najčešće definišu za određenog vozača i vozilo sa poznatim karakteristikama, u datim uslovima saobraćajne situacije, pri čemu vozač može blagovremeno da zaustavi vozilo pred svakom predvidivom preprekom ili da bezbedno prođe. Ako se prihvate stavovi određenih autora [11, 12] da je samo sud nadležan da utvrdi prilagođenu brzinu, onda se navedene konstatacije mogu prihvatiti za bezbednu ili uslovno bezbednu brzinu, koja bi se definisala kao: "Brzina kretanja konkretnog vozila u datoj saobraćajnoj situaciji, pri kojoj bi određen vozač mogao da bezbedno prođe ili izbegne neposrednu opasnost".

#### **4. TEORIJSKO DEFINISANJE BEZBEDNE BRZINE**

Dobar broj ograničenja razmotrenih definicija može se shvatiti kao nedostatak jasne svrhe, odnosno cilja za koje se određeni pojam definiše. U konkretnom slučaju, najveći broj definicija nastao je iz potreba veštačenja saobraćajnih nezgoda. Međutim, potrebe za odgovarajućim definisanjem brzine javljaju se i pri: projektovanju puteva, optimizaciji



protoka saobraćaja, unapređenja bezbednosti saobraćaja, zaštiti čovekove sredine, racionalizaciji potrošnje goriva, vaspitno-obrazovnom radu, itd.

Zavisno od navedenih potreba prisutne su i razlike u definisanju pojma brzine. U okviru cilja ovog rada, najšire gledano, svrha definisanja brzine je unapređenje bezbednosti saobraćaja. Uže, definisanje bezbedne brzine i to za potrebe neposrednog informisanja vozača. Za uspešnu realizaciju ove faze rada, korisno je prethodno utvrditi određene kriterijume, koji će omogućiti preciznije definisanje bezbedne brzine.

U odnosu na prethodnu definiciju, bezbedna brzina, kojom će se informisati vozači na putu (merodavna bezbedna brzina -  $V_{bm}$ ), mora biti definisana na drugim osnovama. Ona se ne može utvrđivati za konkretnog vozača, već za većinu, prosečnog ili sl. Slična situacija je i sa vozilom. Takođe, neophodno je signalisati najčešća i najuticajnija stanja sistem V-V-P i to na što konkretnijim delovima putne mreže. U ovom smislu, polazni kriterijumi za definisanje merodavne bezbedne brzine bili bi:

- I. Brojnost populacije vozača/vozila,
- II. Značaj uticaja,
- III. Učestalost uticaja,
- IV. Definisanoost lokacije i situacije,
- V. Stepenn opasnosti.

I - Merodavnu bezbednu brzinu treba shvatiti kao reper vozačima za izbor adekvatne brzine shodno njihovom iskustvu, psihofizičkim karakteristikama, performansama vozila i sl. Dati reperi su posebno značajni za vozače motivisane za brzu vožnju i to pri nepovoljnim uslovima i graničnim promenama karakteristika puta. S druge strane uvek je prisutan određeni procenat vozača koji su sportski nastrojeni, sa izraženim sposobnostima, iskustvom, dobrim vozilom i sl. Ova grupa vozača ne može biti reper za definisanje bezbedne brzine, a s obzirom na njihove sposobnosti i oni ne predstavljaju ugroženu kategoriju. Zato merodavnu bezbednu brzinu treba definisati za ostalu populaciju vozača, što veću, ali ne stopostotnu. Veći broj autora, pa i propisi nekih zemalja, usvojili su 85% brzinu vozila u smernom preseku kao bezbednu i dovoljno prihvatljivu za većinu vozača.

II - Zakonska regulativa predviđa informisanje vozača o brzinama čije su vrednosti zaokružene na deset, eventualno pet kilometara na čas (40, 50, 60). Mišljenja su da preciznije informisanje ne bi imalo efekta, jer vozači nisu u toj meri osetljivi, a u tim granicama se kreću i greške brzinomera. Zato uticajna stanja sistema V-V-P, koja deluju na smanjenje brzine manje od 10 (5) km/h ne treba signalisati.

III - Učestalost pojavljivanja neke promene na putu može da bude značajan faktor pri definisanju sistema informisanja o bezbednim brzinama. Kao što je već istaknuto, kod projektovanja puteva, elementi se dimenzionišu za najnepovoljnije stanje površine kolovoza (mokar-klizav). Ovo stanje se javlja u toku godine 8-12% od ukupnog vremena, pa se postavlja pitanje koje su bezbedne brzine za znatno veći deo godine, kada su povoljnija stanja površine kolovoza. Takođe, treba imati u vidu da učestalije pojave na putu vozači bolje poznaju, tako da potrebe za njihovim informisanjem mogu da budu manje.

IV - Da bi se omogućilo efikasno informisanje vozača o pojedinim uticajima poželjno je da

su ona što preciznije određena u prostoru pa i vremenu. Ograničenja brzine na deonicama od nekoliko kilometara ili informisanje o više uzastopnih krivina nisu se pokazale kao efikasne informacije. Takođe, saobraćajna signalizacija o deci na putu za vreme raspusta ili o poledici u letnjim mesecima nemaju odgovarajućeg efekta. Zato treba težiti da se informacije o bezbednim brzinama konkretizuju za što uže lokacije puta i saobraćajne situacije, sa jasnim i potpunim objašnjenjem razloga ograničenja ili prepreke.

V - Jedan broj stanja sistema V-V-P neće biti dovoljno izraziti samo preko bezbedne brzine. Njihovi uticaji mogu biti složeni, sa izraženim promenama i oscilacijama, što sve ukupno može dovesti do ozbiljnog ugrožavanja bezbednosti saobraćaja. Zato najšire gledano, prilikom definisanja bezbednih brzina, a posebno celovitog sistema informisanja, mora se uzeti u obzir i ukupan stepen opasnosti, odnosno ugroženosti jednog mesta.

Navedeni polazni kriterijumi dobrim delom su odredili i sam postupak određivanja merodavne bezbedne brzine. Zato se ona može definisati kao: "brzina koju realizuje 85% vozača na određenom delu puta, za relevantna stanja sistema V-V-P, a služi za neposredno informisanje vozača".

## 5. KRITERIJUMI ZA DEFINISANJE MERODAVNE BEZBEDNE BRZINE

Da bi se bliže odredili relevantni faktori koji definišu merodavnu bezbednu brzinu vršena su i određena istraživanja na našim putevima. Autori su zajedno sa Institutom za saobraćajnice i geodeziju Građevinskog fakulteta u Beogradu izvršili eksperimentalnu proveru na devet krivina, radijusa od 50 do 750 m. Obuhvaćeni su uslovi: dan-noć i suv-mokar kolovoz, kao i uslovi preglednosti, vidljivosti i dr. U drugoj fazi istraživanja proveren je i uticaj opšteg i pojedinačnog ograničenja brzine, odnosno odgovarajuće signalizacije za opasne krivine. Tokom istraživanja snimana je brzina vozila u slobodnom toku i konfliktne situacije, a paralelno je vršena i anketa vozača o uočljivosti i poštovanju signalizacije. Za svako uticajno stanje snimljen je reprezentativni uzorak vozila i vozača.

Analiza dobijenih podataka potvrdila je uticaj sledećih faktora na bezbednu brzinu:

- F<sub>1</sub> - radijus krivine, R (m),
- F<sub>2</sub> - usklađenost susednih krivina, (R<sub>1</sub>/R<sub>2</sub>),
- F<sub>3</sub> - poprečni nagib, i<sub>p</sub> (%),
- F<sub>4</sub> - koeficijent otpora klizanja, f,
- F<sub>5</sub> - dužina preglednosti, L<sub>p</sub> (m),
- F<sub>6</sub> - svetlosne i atmosferske prilike - vidljivost,
- F<sub>7</sub> - ravnost kolovoza, A<sub>h</sub> (cm),
- F<sub>8</sub> - širina kolovoza, B<sub>k</sub> (m),
- F<sub>9</sub> - ograničenje brzinom,
- F<sub>10</sub> - specifični faktori iznenađenja.

To su uglavnom parametri koji opisuju osnovne karakteristike krivina, stanje površine kolovoza, atmosferske i svetlosne prilike, kao i opštu sigurnost posmatranog mesta. Dobijeni rezultati istraživanja ukazuju da se za određivanje merodavne bezbedne brzine u osnovi može koristiti propisana funkcionalna veza brzine i radijusa u obliku [6]:



$$V_b = 11,27 \sqrt{R(f_r + i_{pk})} \quad (\text{km/h}) \quad (1)$$

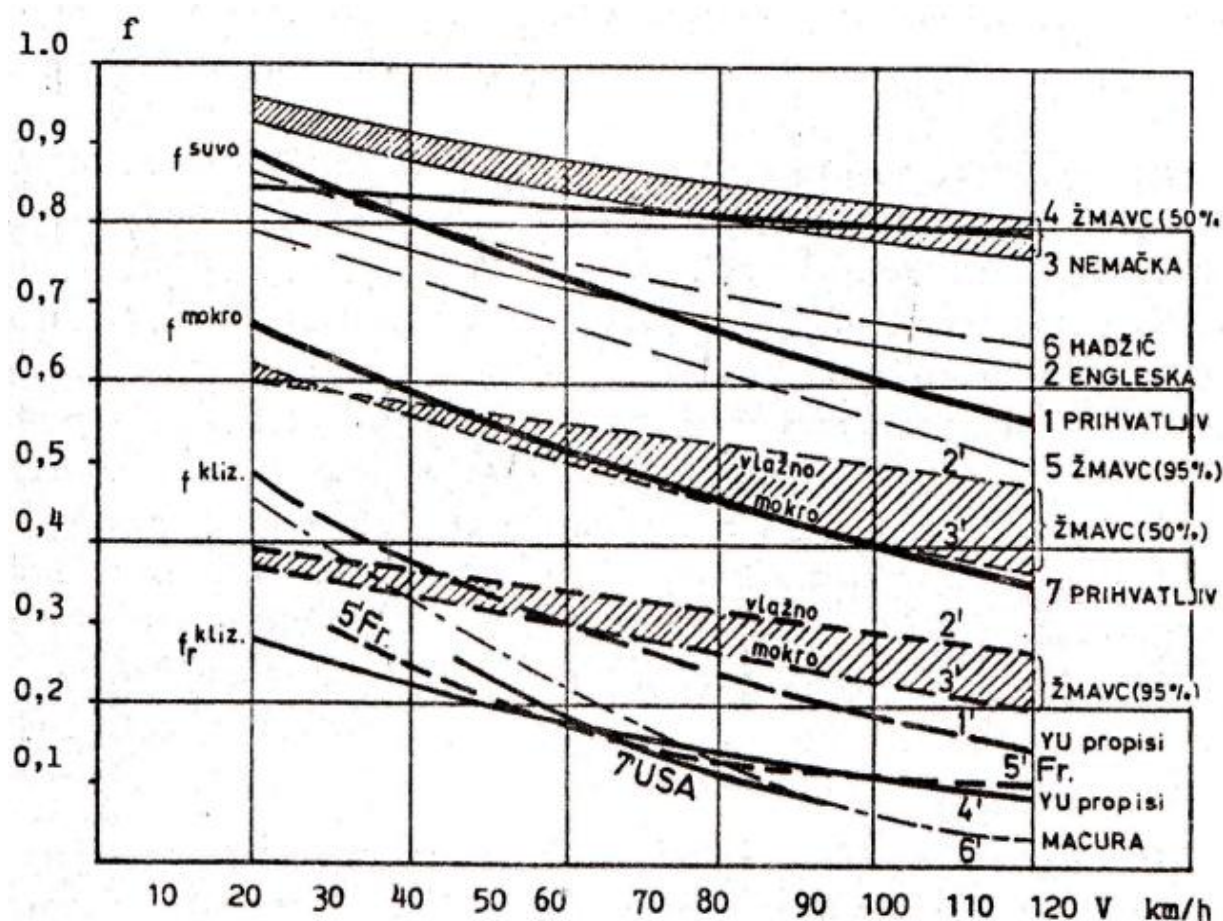
gde su:

$f_r$  - radijalna komponenta koeficijenta otpora klizanju

$i_{pk}$  - veličina poprečnog nagiba kolovoza u krivini

Međutim, za izračunavanje bezbedne brzine, propisane vrednosti koeficijenta radijalnog otpora klizanju mogu se prihvatiti samo za vrlo nepovoljno stanje površine kolovoza (klizav), dok je neophodno definisati njegove vrednosti za stanje suvog i vlažnog kolovoza.

Na sl. 2 prikazane su vrednosti koeficijenta otpora klizanja u funkciji brzine na osnovu rezultata više istraživanja. Pored kompleksnih istraživanja suvog kolovoza u Nemačkoj (kriva 3) i Engleskoj (kriva 2) prikazani su i rezultati ispitivanja naših puteva od strane Žmavca (krive 4 i 5) i Hadžića (kriva 6). Za stanje vlažnog i mokrog kolovoza, takođe su prikazana ispitivanja Žmavca (krive 2 i 3) i Macure (kriva 6) i propisane vrednosti u našoj zemlji (krive 1 i 4), Francuskoj (kriva 5) i SAD (kriva 7). Detaljnom analizom svih specifičnosti navedenih istraživanja, uzimajući u obzir sva ograničenja u pogledu različite mirko i makro teksture i starosti kolovoza, vrste pneumatika, debljine vodenog filma i sl., utvrđene su prihvatljive vrednosti koeficijenta otpora kotrljanja u našim uslovima i to za uslove suvog, vlažnog i mokrog kolovoza (krive 1 i 7, odnosno 1' i 4').

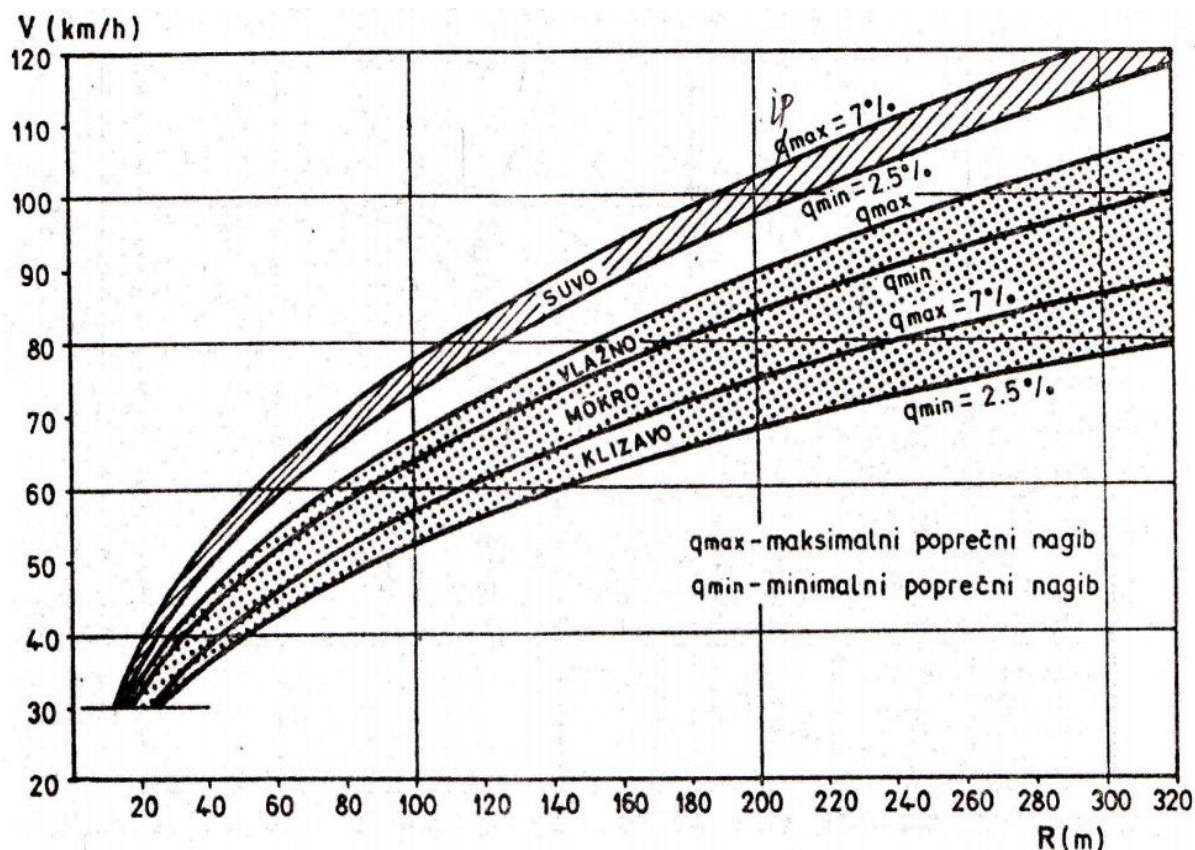


Slika 2. Zavisnost brzine i prihvatljivog koeficijenta otpora klizanja na osnovu rezultata istraživanja kod nas i u svetu

Problemu utvrđivanja koeficijenta prijanjanja posvećena su brojna istraživanja vršena za potrebe projektovanja i održavanja puteva, međutim ona su uglavnom usmerena na utvrđivanje kritičnih granica, pri nepovoljnim stanjima površine kolovoza. Za potrebe ovog rada, zantno su značajnija ona istraživanja koja su sprovedena na našim putevima i to za razna stanja površine kolovoza [16, 17]. Međutim, kada se uzmu u obzir prisutne promene koeficijenta prijanjanja u funkciji brzine, mikro i makro teksture, debljina vodenog filma, vrste i stanja penumatika i dr., onda i pored brojne literature nije lako normirati njegove vrednosti za praktičnu primenu.

Na osnovu definisanih vrednosti koeficijenta otpora kotrljanja odnosno njegove radijalne komponente, izračunate su bezbedne brzine u funkciji radijusa krivine. Na sl. 3 prikazan je dijagram za utvrđivanje ove brzine i to za različita stanja kolovoza (suv-vlažan-mokar) i različite vrednosti poprečnog nagiba kolovoza ( $i_{p_{min}}$  -  $i_{p_{max}}$ ).

Upoređenjem ovako dobijenih brzina sa snimljenim brzinama u sprovedenom istraživanju, uočavaju se dva karakteristična područja. Za krivine radijusa ispod  $R < 200$  m izračunate brzine za suv kolovoz su na nivou 85-90 % izmerenih brzina. Za veće radijuse od  $R > 200$  m izračunate brzine su gotovo na nivou maksimalne snimljene brzine, što je nesumnjivo posledica i opšteg ograničenja brzine. Na mokrom kolovozu, izmerene brzine se uglavnom uklapaju u proračunate vrednosti brzina ili se nalaze nešto ispod njih, što je sa aspekta bezbednosti saobraćaja pozitivno.



Slika 3. Dijagram za određivanje "merodavne bezbedne brzine" u funkciji radijusa i stanja površine kolovoza

Tokom istraživanja u izvesnoj raeri potvrđen je i uticaj ograničene preglednosti na brzinu saobraćajnog toka. Na jednom broju krivina dužina preglednosti bila je ograničena, čak i ispod zaustavnog puta. Međutim, izmerene brzine bile su nešto manje od utvrđene funkcionalne zavisnosti, te se može zaključiti da vozači ne shvataju u dovoljnoj meri značaj ograničene preglednosti. A njen uticaj na bezbednu brzinu ne treba posebno doka-

zivati, posebno kada je manja od zaustavnog puta. U tim situacijama dužina preglednosti je osnovni ograničavajući faktor bezbedne brzine. To je posebno prisutno u krivinama većeg radijusa, koje omogućavaju veće brzine, ali se zbog mogućih prepreka na putu (odron, pešak, zaustavljeno vozilo i sl.) brzina mora ograničiti na veličinu koja omogućava bezbedno zaustavljanje.

Samo izračunavanje bezbedne brzine u zavisnosti od dužine preglednosti nije poseban problem. Dužina preglednosti predstavlja raspoloživi zaustavni put vozila koji se sastoji iz puta reagovanja i puta kočenja:

$$L_p = S_Z = S_r + S_k^6 \text{ (m)} \quad (2)$$

odnosno:

$$L_p = \frac{V \cdot t_r}{3,6} + \frac{V^2}{245,3 \cdot (f_t \pm 0,01 \cdot s)} \text{ (m)} \quad (3)$$

gde su:

$t_r$  - vreme reagovanja sistema V-V (sec)

$f_t$  - koeficijent tangencijalnog otpora kotrljanju

$s$  - uzdužni nagib (%)

Međutim, prisutne su vidne razlike u definisanju koeficijenta otpora klizanju, odnosno njegove tangencijalne komponente, jer se zaustavljanje realizuje u krivini, pa je ovaj koeficijent delom angažovan na savlađivanju centrifugalne sile. Za najnepovoljnije stanje površine kolovoza (klizavo) Naši propisi daju precizne vrednosti koeficijenta tangencijalnog otpora kotrljanju [6]. Za utvrđivanje njegove vrednosti na suvom i vlažnom kolovozu korišćeni su podaci o ukupnom koeficijentu prijanjanja sa sl. 2. i teoretska postavka o njegovoj podeli na radijalnu i tangencijalnu komponentu u funkciji brzine (po Krempelu) [18].

Ostali faktori (atmosferske prilike, ravnost i širina kolovoza, itd.) imaju zapažen uticaj na brzinu, ali oni deluju na širem potezu te su prvenstveno presudni kod izbora "generalne" brzine za vožnju na jednom putu. Međutim, na konkretnom mestu ovi uticaji, ako se javu u nekom karakterističnom obliku, (voda na kolovozu, izmaglica, poledica, neravnina ili udarna rupa, suženje, itd) mogu delovati kao faktor iznenađenja, zato se moraju uzeti u obzir kod definisanja merodavne brzine i ako se njihov nepovoljan uticaj ne može u kratkom roku otkloniti, moraju se na odgovarajući način signalisati.

## 6. ZAKLJUČAK

Postoji neophodnost definisanja merodavnih brzina za bezbedno učestovanje u saobraćaju i u radu je izvršena kritička analiza postojećih definicija brzina koje se koriste. Teoretske nepreciznosti i nepotpunosti ovih definicija zahtevali su da se uvede nov pojam "merodavna brzina" i "bezbedna brzina" definisana na jasno utvrđenim kriterijumima. Time

<sup>6</sup> Sa neznatnom greškom u izrazu je zanemaren otpor vazduha. Takođe se dozvoljava inteviziranje kočenja u opasnim situacijama.



je ostvaren prvi korak u kvalitetnom informisanju vozača o brzinama koje mu omogućavaju bezbedno učestvovanje u saobraćaju.

Na bazi sprovedenih istraživanja na našim putevima u radu je prikazan celovit metod za definisanje brzina i kvantifikovanje uticaja relevantnih faktora u sistemu vozač-vozilo-put. Uticaj ovih faktora treba na odgovarajući način signalisati vozačima kako bi u "informativnom lancu" vozači na najbolji način prihvatili signalisane brzine.

Zato je neophodno definisati jedinstvene kriterijume za projektovanje i postavljanje saobraćajne signalizacije. U tom cilju potrebno je primeniti dinamički sistem informisanja o bezbednim brzinama (sistem DIBB) koji bi se neposredno verifikovao u brojnim saobraćajnim situacijama prihvaćanjem od strane vozača. Ovaj sistem mora da omogućiti istovremeno signalisanje više merodavnih brzina za najuticajnije stanja (suvo-mokro-klizavo-noć itd), kao i dinamičko informisanje u više faza, što obezbeđuje njegovo bolje prihvatanje od vozača. Paralelno, treba projektovati i nove informativne poruke i signalne oblike koji bi omogućili informisanje vozača o svim uticajnim stanjima u sistemu vozilo-vozač-put.

## 7. LITERATURA

- [1] Kostić, S., "Istraživanje mogućnosti i efekata signalisanja bezbedne brzine na putevima van naseljenih mesta", doktorska disertacija, Beograd, 1994.
- [2] Kostić, S., "Brzina kao faktor bezbednosti drumskog saobraćaja", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1994.
- [3] Mcura, D., "Dimenzionisanje horizontalnih krivina puta na osnovu psiholoških faktora", Savez društva za puteve Jugoslavije, Beograd, 1982.
- [4] Kuzović, L.J. i Đorđević, T., "Osnovni pojmovi brzine u planiranju puteva, njihova međuzavisnost i uslovljenost od puta i saobraćaja", Ceste i mostovi, 6, Zagreb, 1997.
- [5] Lakić, V., "Brzina kretanja vozila u funkciji bezbednosti saobraćaja", Saobraćaj, 5, Beograd, 1983.
- [6] "Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta", Službeni glasnik, br. 50/2011.
- [7] "Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima", Službeni glasnik, br. 41/2009.
- [8] Đorđević, S., "Ograničavajući faktori pri odeđivanju prilagođenosti brzine kretanja vozila u odnosu na određenu saobraćajnu situaciju", II savetovanje o saobraćajno-tehničkom veštačenju nezgoda na putevima, Beograd, 1998.
- [9] Anđus, V., "Brzina voznje u krivinama", Institut za saobraćajnice i geodeziju, Beograd, 1986.
- [10] Lantschner, A., "Geschwindigkeit als entwurfparameter", IGV, Wien, 1979.
- [11] Dragač, R., "Prilog definisanju postupka za izradu ekspertiza o saobraćajnim nezgodama na putevima", doktorska disertacija, Beograd, 1984.
- [12] Vujanić, M., "Modeliranje kinetičkih analiza saobraćajnih nezgoda", doktorska disertacija, Zagreb, 1986.
- [13] Kostić, S., "Definisanje merodavne bezbedne brzine za potrebe informisanja vozača", Ceste i mostovi, 1, Zagreb, 1991.
- [14] Sršen, M., i ostali, "Hvatljivost asfaltnog zastora i sigurnost vožnje", Ceste i motori, 7-8, Zagreb, 1981.
- [15] Brengorth, M., Chevet, C., Laborde, J., "Glissance des chaussees et accidents de la circulation", Bull. Liaison Labo., 55, 1971.
- [16] Hamzić, R., "Uticaj hrapavosti kolovoza na bezbednost saobraćaja na putevima", XI kongres saveza društva za puteve Jugoslavije, Opatija, 1982.

- [17] Kresnik, I., i Leten, B., *"Prikaz rezultata merenja klizavosti kolnika u cestovnoj mreži SR Slovenije u 1984/1985. godini"*, XII kongres SDPJ, Bečići, 1986.
- [18] Katanić, J., i ostali, *"Projektovanje puteva"*, IRO građevinska knjiga, Beograd, 1993.
- [19] Kostić, S., *"Prilog novog sistema signalisanja dozvoljene (bezbedne) brzine na putevima"*, Bezbednost, 2, Beograd, 1990.