

НОВИ КОНЦЕПТ АНАЛИЗЕ КРЕДИБИЛИТЕТА ОГРАНИЧЕНИХ БРЗИНА

NEW CONCEPT OF SPEED LIMIT CREDIBILITY ANALYSIS

Владан Тубић¹, Јасмина Милошевић², Немања Степановић³, Светлана Миљуш⁴, Милош Петковић⁵

Резиме: Брзина саобраћајног тока представља један од главних узрока повећаног ризика од саобраћајних незгода и тежих последица, па због тога представља један од кључних фактора на који треба деловати у циљу повећања нивоа безбедности. Постављање ограничења је део система управљања брзинама, али неадекватно постављање ограничења у великој мери утиче на непоштовање истих. У овом раду је коришћењем аналитичких модела и метода, први пут представљен нови концепт анализе кредибилитета ограничених брзина, који је базиран на анализи експлоатационих брзина у функцији различитих класа протока. Укупно је анализирано 17 деоница са различитим карактером саобраћајних токова који се на њима реализују, од којих је на једној спроведено теренско истраживање. На основу резултата утврђено је да су на овај начин добијене вредности брзина ближе вредностима 85. перцентила брзине и вредностима брзине којима се крећу возачи у оквиру циљне групе на коју треба усмерити фокус и коју треба прилагодити систему управљања брзинама. На основу наведеног, закључује се да нови концепт представља адекватну меру за испитивање кредибилитета и дефинише основ за унапређење модела за прорачун експлоатационих брзина.

Кључне речи: кредибилитет ограничења, експлоатационе брзине, управљање брзинама, меродавни проток.

Abstract: Traffic flow speed is one of the main causes of the increased risk of traffic accidents and severe consequences, which is why it represents one of the key factors for the traffic safety level increase. Speed limit posting is key part of speed management, but inadequately posted speed limits causes their disregard. In this paper, using analytical models and methods, the new concept of speed limit credibility analysis, based on the analysis of operating speed in function of different traffic flow classes, is introduced. A total of 17 road segments with various traffic flow characteristics was analyzed, for one of which field research was conducted. It was found that the resulting values of speed are closer to traffic flow 85th speed percentile. Also, resulting values are closer to target drivers group which should be integrated in speed management policy. On the basis of the above mentioned, it can be concluded that the new concept represents an adequate measure for speed limit credibility analysis and defines the basis for further operating speed model improvement.

Keywords: speed limit credibility, operating speed, speed management, hourly design volume.

1. УВОД

Брзине спадају у ред основних параметара за описивање услова у саобраћајном току, односно представљају један од главних критеријума за оцену ефикасности (нивоа услуге) неке саобраћајне деонице. Изузетан значај имају и у проблему безбедности саобраћаја јер су утврђене веома јаке корелације између експлоатационих брзина и ризика од незгода, односно између брзина и последица незгода (Aarts and van Schagen, 2006; Elvik et al., 2004). Један од најчешће коришћених модела у безбедности саобраћаја је Nilsson's 'Power Model', који показује да повећање просечне брзине за 5 % доводи до повећања броја незгода са повређеним лицима за 10 % и повећања броја незгода са смртним исходом за 20 %. Међутим, велика дисперзија брзина возила у току има изразиту улогу у безбедности саобраћаја. Истраживања су такође показала да возачи, чија брзина у великој мери одступа од постављене ограничено брзине, имају већу шансу да учествују у саобраћајним незгодама (Solomon, 1964). Што је већа разлика у брзинама возила у саобраћајном току, већи је и број саобраћајних незгода (Aarts and Van Schagen, 2006; Montella et al., 2015) и тежина последица саобраћајних незгода (Yu and Abdel-Aty, 2014a, 2014b). Hashim (2006) је утврдио да апсолутна разлика између ограничења брзине и 85. перцентила брзине возила у току игра значајну улогу код саобраћајних

¹ Професор, др Владан Тубић, дипл. инж. саобраћаја, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, Војводе Степе 305, Београд, Република Србија, vladan@sf.bg.ac.rs

² Јасмина Милошевић, Агенција за безбедност саобраћаја, Булевар Михајла Пупина 2, Београд, Република Србија

³ Асистент, Немања Степановић, мастер инж. саобраћаја, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, Војводе Степе 305, Београд, Република Србија, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

⁴ Светлана Миљуш, Агенција за безбедност саобраћаја, Булевар Михајла Пупина 2, Београд, Република Србија

⁵ Петковић Милош, мастер инж. саобраћаја, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, Војводе Степе 305, Београд, Република Србија, milospetkovicds@gmail.com

незгода са погинулим или тешко повређеним лицима. Наиме, Hashim (2006) је у свом раду дошао до резултата да са повећањем ове разлике расте број саобраћајних незгода са погинулим и тешко повређеним лицима. До сличног закључка су раније дошли Milton and Mannering (1998).

Када се у горе наведеним закључцима говори о брзини, пре свега се мисли на појам експлоатационе брзине саобраћајног тока.

Од увођења појма експлоатационе брзине, постојао је проблем успостављања једне одговарајуће дефиниције. Према резултатима анкете коју су Fitzpatrick и сарадници (2003) спровели, као најшире прихваћена дефиниција експлоатационе брзине међу стручњацима у САД, издвојила се: Експлоатациона брзина је највећа укупна брзина којом возач може путовати на одређеном путу под повољним временским условима и преовлађујућим саобраћајним условима, без икаквог прекорачења безбедне брзине која је одређена пројектном брзином по деоницама (AASHTO, 1994; AASHTO, 1990).

У домаћој пракси, експлоатациона брзина се дефинише као просечна брзина саобраћајног тока у нормалним условима, тј. условима међусобног ометања учесника у саобраћају (Кузовић, 1977).

Експлоатационе брзине на двотрачним путевима зависе од многих фактора који се односе на возаче, возила, путно окружење, радијусе хоризонталних кривина, стопе закривљености, уздужне нагибе, дужине хоризонталних кривина, углове дефлексије, прегледности, факторе бочног трења и стања коловоза (Pratico & Giunta, 2012). Значај експлоатационе брзине и модела за анализу експлоатационих брзина је вишеструк. Како би се пронашло решење неконзистентности у пројектној и експлоатационој брзини, разна истраживања су уложила напоре да укључе експлоатациону брзину у процес пројектовања (Jiang et al, 2016). Многи модели су развијени како би се одредила експлоатациона брзина. Традиционални приступи су подразумевали предвиђање експлоатационих брзина засебно на кривинама и правцима. Само неколико аутора, развило је континуални модел експлоатационе брзине на узастопним елементима пута (Dell'Acqua & Russo, 2010).

У појединим земљама се, за постављање ограничења брзине на одређеном делу пута, користи концепт прилагођавања ограничења брзине стварним брзинама вожње, као што је 85. перцентил брзине. Нови концепт управљања брзинама и превазилажења проблема у саобраћајном току узрокованог дисперзијом брзина у току, подразумева анализе засноване на експлоатационим брзинама. Међу различитим постојећим мерама за процену конзистентности пројекта пута, приступ експлоатационе брзине се може назвати једном од најефикаснијих и квантификованих мера (Misaghi & Hassan, 2005). Конзистентност пројектовања за појединачни елемент пута може се проценити упоређивањем експлоатационе и пројектне брзине, као и одређивањем границе сигурности (Lamm et al, 1995).

До промене ограничења брзине може доћи из различитих разлога, притиска јавног мњења, радова на делу пута или промена у намени локалног земљишта. Као резултат, јавља се то да ново ограничење брзине више не одражава пројектну, као ни експлоатациону брзину. Разлика између пројектне и ограничене брзине утиче на безбедност, углавном због недостатака конзистентности у геометријском изгледу пута и усклађености геометријских карактеристика са очекивањима возача (Park & Saccomanno, 2010; Misaghi & Hassan, 2005). За смањење наведених негативних последица, пожељан је процес пројектовања који може обезбедити изглед трасе која за резултат има складнији однос између жељене односно реалне експлоатационе брзине, и постављеног ограничења брзине (Fitzpatrick et al, 2003). Веродостојно ограничење брзине се дефинише као ограничење које се поклапа са сликом коју креирају пут и услови у саобраћајном току (SWOV, 2012).

Један од разлога зашто возачи прекорачују постављена ограничења брзине управо се односи на кредибилитет постављеног ограничења брзине (Fildes and Lee, 1993; van Schagen et al., 2004). Возачи ће се вероватно придржавати ограничења брзине ако га сматрају реалним и одговарајућим за пут (Allsop & European Transport Safety Council, 1995). У прилог томе, Goldenbeld & van Schagen (2007) тврде да се генерално претпоставља да ће возачи поштовати ограничења брзине ако их сматрају разумним (логичним) или "кредибилним". Ако то није случај, може доћи до проблема неусклађености перцепције возача о одговарајућој брзини на одређеном делу пута и постављеног ограничења брзине, при којем, према Gardner & Rockwell (1983), возачи имају већу тенденцију да се пре ослањају на сопствене процене о одговарајућој брзини, него на постављено ограничење брзине. Постављена ограничења брзина која су већа или мања од оних које омогућавају путни и саобраћајни услови, већина возача игнорише (Parker et al, 2003). Ако ограничења брзине нису у складу са техничко-експлоатационим карактеристикама пута и путног окружења, возачи могу довести у питање систем

ограничења брзине у целини. Ову претпоставку је потврдило неколико студија. Kanellaidis et al. (1995) је закључио да је најважнији разлог за непоштовање ограничења то што возачи сматрају да ограничења брзине нису увек реална.

2. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Као што се из претходно изложеног може видети, ограничења брзине представљају важан елемент сваке политике управљања брзинама. Међутим, постављање ограничења брзина не значи аутоматски поштовање захтеваних брзина од стране возача. Прегледом релевантне литературе, која је истакла све проблеме не кредибилних ограничења брзина, уочена је потреба за спровођењем истраживања овог проблема на основу којих ће се донети одређени закључци, мере и препоруке. У процесу дефинисања темељних анализа везаних за различите аспекте који се обрађују у склопу овог рада, дефинисан је план активности, односно алгорита за спровођење анализе кредибилитета ограничених брзина.

Дефинисан алгоритам се састоји из 7 главних корака:

- **КОРАК 1:** Дефинисање подручја истраживања, меродавног периода и узорка;
- **КОРАК 2:** Утврђивање техничко-експлоатационих карактеристика деоница у утицајној зони аутоматских бројача саобраћаја;
- **КОРАК 3:** Анализа слободних брзина;
- **КОРАК 4:** Анализа експлоатационих брзина;
- **КОРАК 5:** Анализа прекорачења ограничених брзина;
- **КОРАК 6:** Утврђивање средње просторне брзине тока теренским истраживањем;
- **КОРАК 7:** Синтезна анализа.

Пре почетка било каквих анализа, у Кораку 1 неопходно је прецизно утврђивање просторног и временског подручја студије. У процесу истраживања посматрана је целокупна путна мрежа Републике Србије, а на основу услова у саобраћајном току, доминантних карактера саобраћајних токова и временских неравномерности саобраћајног оптерећења дефинисане су следеће класе путева које су посебно разматране:

- путеви са доминантно **даљинским** кретањима,
- типично **ванградски** путеви,
- путеви са доминантно **локалним** кретањима и
- путеви са доминантно **сезонским** (туристичким) кретањима.

Укупно је анализирано 17 деоница које представљају најбоље репрезенте сваке од наведених класа путева према карактеру токова. За сваку од класа изабране су по четири репрезентативне деонице, осим за класу са типично ванградским карактером за коју је изабрано пет деоница.

Анализирајући неопходан временски оквир и узорак, за истраживање је одабрана последња година (2016. год) за коју су доступни званични подаци Базе о бројању саобраћаја (коју објављује ЈП “Путеви Србије”). Наиме, Тубић и остали (2018) су показали да је, у анализама брзина на испитиваним аутоматским бројачима саобраћаја, дисперзија брзина по годинама јако ниска (од 0 до 2,41 у петогодишњем периоду), због чега је меродавно анализирати последњу доступну годину.

Како би се испитао кредибилитет ограничења брзина у зони АБС, неопходно је утврђивање детаљних техничко-експлоатационих карактеристика деоница, на основу ажурне и најновије Базе података о државним путевима (Корак 2). У питању су геометријске карактеристике трасе од којих директно зависи слободна брзина возила, као што су: осовина пута (минимални радијус хоризонталних кривина), подужни профил (максимални и просечни уздужни нагиби), попречни профил (ширина коловоза, број саобраћајних и ивичних трака итд.), ширина банкина итд. Фокус свих наведених анализа своди се на микро-зону АБС, односно на одсеке хомогених карактеристика пута, у дужинама од по 1000 m испред и иза микролокације аутоматских бројача саобраћаја. Реч је о зонама у којима долази до стабилизације брзине тока меродавне за очитвање на АБС.

Као што је већ наведено, слободна брзина је у директној функцији техничко-експлоатационих карактеристика. Корак 3 предвиђа прорачун слободних брзина применом модела који је развијен на Саобраћајном факултету, на основу бројних домаћих и иностраних истраживања (Кузовић, 2000).

Модел предвиђа испитивање техничко-експлоатационих карактеристика на слободну брзину сваке категорије возила, која директно утиче на капацитет и ниво услуге, али и на безбедност.

Корак 4 подразумева прорачун експлоатационе брзине која, за разлику од слободних које су директно зависности искључиво од техничко-експлоатационих карактеристика деоница, подразумева реалне брзине саобраћајног тока на које утичу и услови у току (проток возила, структура тока, временске неравномерности итд.). Ради испитивања кредибилитета ограничења брзина, експлоатациона брзина је најважнији показатељ јер репрезентује реално стање. Да би се обавила валидна анализа експлоатационих брзина, неопходно је испитивању прићи са неколико аспекта.

Први подразумева прорачун експлоатационе брзине је прорачун на основу модела. Постоји неколико модела за прорачун експлоатационих брзина тока, а као најчешће коришћени модели у иностраним и домаћим истраживањима примењују се HCM-ов (HCM, 2000) и линеарни модел (Кузовић, 2000). У овом раду је представљен и примењен нови концепт прорачуна V_e на основу линеарног модела заснован на пондерисаним вредностима класа часовних протока у функцији броја сати са одговарајућим вредностима саобраћајног оптерећења у периоду целе године (8760 сати).

Други аспект анализа експлоатационих брзина подразумева испитивање реалних брзина са АБС, на основу поменутог узорка. На овај начин могуће је утврђивање реалних просечних брзина тока али и 85. перцентила брзина. 85. перцентил брзине тока представља саставни део једне од најчешће коришћених метода за одређивање ограничења на путевима. На основу ових података, поређењем са брзинама добијених моделом, слободним и ограниченим брзинама, могуће је извести закључке о кредибилитету постављених ограничења.

Ради анализе кредибилитета ограничења брзина неопходно је спровести детаљно испитивање прекорачења брзина на предметном подручју истраживања (Корак 5). Анализу прекорачења брзина извршена је на основу података реалних експлоатационих брзина са АБС, који се налазе у Базе података о бројању саобраћаја.

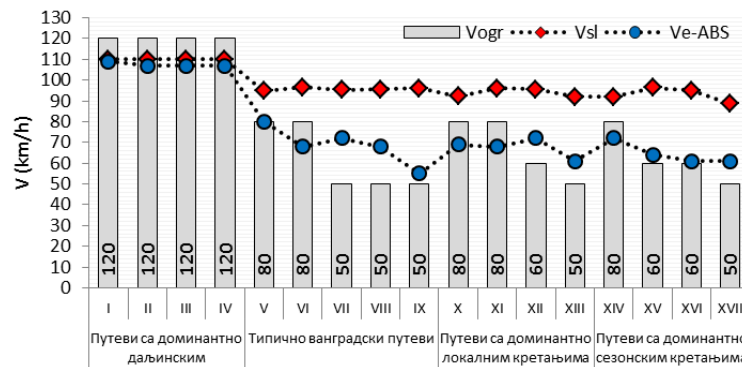
Како би се додатно испитали и верификовали услови у саобраћајном току, односно како би се поред анализе брзина на пресеку (средње временске брзине) спровеле и анализе брзине саобраћајног тока на целом хомогеном утицајном одсеку са АБС (средња просторна брзина), извршено је теренско истраживање, односно мерење брзина у реалним условима (Корак 6). Истраживање је спроведено модификованом Методом покретног осматрача, уз помоћ развијене апликације на андроид телефону. Реч је о апликацији развијеној на Саобраћајном факултету, која читава брзину уз помоћ GPS пријемника системом трилатерације, са фреквенцијом од 1 s.

На основу свих претходних корака (1-6) спроведена је синтезна анализа (Корак 7) која ће извршити поменути укрштања свих наведених параметара ради добијања закључка о кредибилитету постављеног ограничења на деоници, на основу којих је могуће предложити одговарајуће препоруке и предлоге. Посебан осврт, као што је већ поменуто, односи се на поређење слободних (V_{sl}), ограничених (V_{ogr}), експлоатационих брзина добијених на основу модела из HCM₂₀₀₀ у функцији 200-ог часа ($V_{eHCMq200}$), потом реалних експлоатационих брзина са аутоматских бројача саобраћаја (V_{eABS}), и експлоатационих брзина по линеарном моделу у функцији 200-ог часа (V_{eqm200}), као и у функцији класа часовних протока (V_{eklase}).

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У овом поглављу приказана је детаљна анализа и синтеза добијених резултата у оквиру истраживања. Пре свега анализиране су слободне брзине на предметним деоницама. Како би се сагледао утицај ограничених брзина на стварне брзине кретања возила, слободне брзине су упоређене са реалним брзинама очитаних са АБС-а (Слика 1). Може се уочити да код путева са доминантним даљинским кретањима (аутопутеви) постоји блискост између V_{sl} и V_{eABS} из разлога што су услови на овим путевима најприближнији практично идеалним условима и не постоје путне карактеристике које могу утицати на смањење брзине у току (критични уздужни нагиб, минимални радијус хоризонталне кривине, итд.). Међутим, код осталих класа путева се примећују драстичне разлике између V_{sl} и V_{ogr} , које достижу вредност и до 46 km/h. Овакви резултати могу указати на проблем кредибилитета самих ограничења и постојања могућности великог процента непоштовања ограничених брзина од стране корисника. Са друге стране, ригорозна ограничења, која су често у функцији безбедности саобраћаја или

прилагођавања пута потребама насеља, негативно утичу на ефикасност саобраћајног тока и из тог разлога долази до значајно мањих реализованих брзина, иако путне карактеристике дозвољавају кретање знатно већим брзинама. Управо то је идентификовано на појединим анализираним деоницама где су, као последица нижих вредности ограничења, реалне брзине у саобраћајном току, очитане са АБС-а, значајно ниже од прорачунатих брзина у слободном току.



Слика 1. Однос слободних, ограничених и реалних експлоатационих брзина очитаних са АБС-а

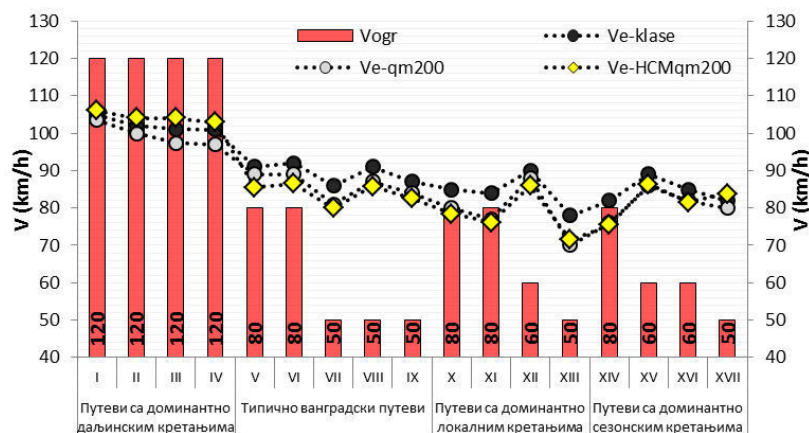
Извор: (Аутори)

Након генералне анализе слободних и реалних брзина, приступљено је анализи експлоатационих брзина добијених по линеарном моделу (V_{eqm200} и V_{eklse}) и по моделу из HCM₂₀₀₀-а (Слика 2).

Линеарни модел за прорачун V_e (образак 1) који се често примењује у пракси у обзир узима само једну вредност меродавног часовног оптерећења (нпр. 30-ог, 200-ог часа), док се притом занемарују, односно не узимају у обзир остали часови у току године које карактеришу знатно нижи нивои саобраћајног оптерећења.

$$V_e = [V_{sl} - q_m / C (V_{sl} - V_c)] \cdot \left[(1 - R) + \frac{R \cdot P}{100} \right] \text{ [km/h]} \quad (1)$$

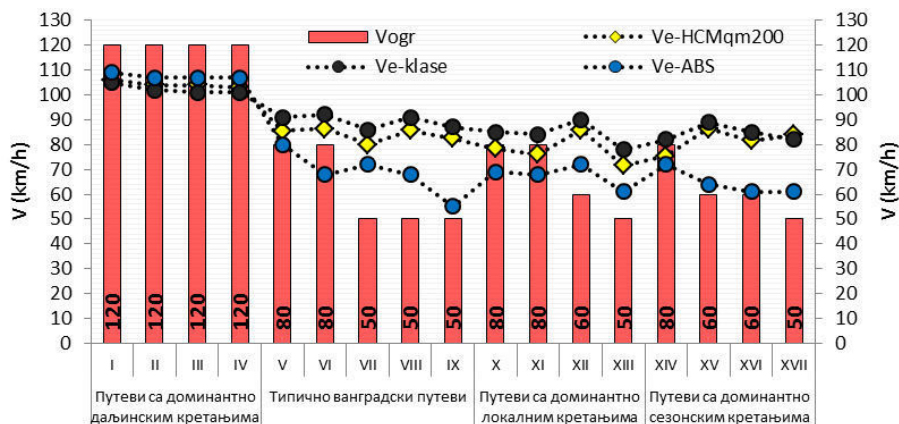
Управо ово може довести до низа дискутабилних стратешких одлука у процесу вредновања и креирања пројектних решења путева. Једини начин реалнијег представљања услова у саобраћајном току се може постићи укључивањем пондерисаних вредности класа часовних протока у функцији броја сати у процес прорачуна експлоатационих брзина. Овако добијене експлоатационе брзине карактеришу релативно више вредности у односу на вредности добијене у функцији јединственог меродавног протока. Ови резултати су и очекивани с обзиром да су у поступку прорачуна V_e укључени остали часови у току године које карактеришу значајно нижи нивои саобраћајног оптерећења. На овај начин је омогућено реалније описивање услова који владају у саобраћајном току, што потврђује и усаглашеност тренда између вредности експлоатационих брзина добијених по линеарном моделу у функцији класа протока и брзина добијених по HCM моделу.



Слика 2. Однос експлоатационих (по линеарном моделу и по HCM-у) и ограничених брзина

Извор: (Аутори)

Међутим, ограничење брзине на деоницама може имати значајан утицај на реализоване брзине у току, што се може видети на **Слици 3**. На путевима са доминантно даљинским кретањима, односно на аутопутевима, због приближно идеалних услова у саобраћајном току и смањеног утицаја ограниче брзине ($V_{ogr}=120$ km/h) на кретање возила, експлоатационе брзине добијене на основу оба модела су веома блиске реалним брзинама. Са друге стране, на осталим посматраним деоницама однос између анализираних брзина се значајно разликује у зависности од вредности ограничења.



Слика 3. Однос експлоатационих (по линеарном моделу у функцији класа, по HCM-у, са АБС-а) и ограничених брзина
 Извор: (Аутори)

У првом случају (деонице IX, XV и XVI) забележене брзине на аутоматским бројачима су значајно ниже од вредности прорачунатих експлоатационих брзина по линеарном моделу у функцији класа протока и по HCM-у, али су уједно и усаглашене са ограниченим брзинама. Ово указује на то да и поред повољних карактеристика пута на поменутим деоницама услови у току онемогућавају реализовање већих брзина. Овакав проблем је са једне стране карактеристичан за деонице ванградских путева које пролазе кроз насеље, јер су у том случају присутни другачији, неповољнији, услови у саобраћајном току. Са друге стране, нарочито на сезонским, односно туристичким путевима веома је чест случај да возачи одржавају континуитет у вожњи и након делова пута са нешто лошијим техничко-експлоатационим карактеристикама настављају да возе нижим брзинама и на деловима пута са повољним карактеристикама (на којима су и лоцирани бројачи који бележе брзину кретања). Поред тога, ниже брзине на овим путевима од оних које су у складу са карактеристикама пута, могу бити и последица сврхе путовања. Другим речима, сезонски путеви се најчешће користе код путовања са сврхом рекреације или разоноде, те возачи једноставно свесно возе нижим брзинама уживајући у околним пределима.

Када је реч о другом случају, уочено је да су реалне брзине са АБС-а ниже од добијених експлоатационих брзина по моделу у функцији класа саобраћајних протока, али уједно значајно више од вредности ограничених брзина. У овим случајевима се доводи у питање кредибилитет постављаних ограничења. Кредибилно ограничење брзине се дефинише као ограничење брзине које је у складу са перцепцијом возача условљеном путним и саобраћајним условима. На пример, ако на путу важи ограничење брзине од 60 km/h, тај пут не би требало да изгледа као пут на коме би иначе требало да важи ограничење од 80 km/h, како би ограничење било веродостојно. Исто тако је лоше ако пут изгледа као пут за 60 km/h, а да на њему важи ограничење од 80 km/h. И изглед пута и његово окружење би требало да учине одређено ограничење брзине логичним и кредибилним.

Са циљем да се утврде основни проблеми дисбаланса између анализираних реалних, ограничених и моделима прорачунатих експлоатационих брзина у раду је такође спроведено теренско истраживање средње просторне брзине саобраћајног тока.

Резултати теренских анализа, тј. мерења брзине у реалним условима на основу модификоване методе покретног осматрача, приказани су у наставку. Како би се обезбедила већа поузданост, на предметним деоницама вршена су мерења по смеровима. Истраживање је спроведено у меродавним данима и сатима, у терминима који су одређени на основу претходних анализа временских неравномерности са аутоматских бројача саобраћаја.

Као пример претходно наведених анализа, приказани су резултати истраживања на деоници 02222: Мрчајевци – Краљево. Резултати анализе слободних брзина (применом верификованих аналитичких модела) и прекорачења ограничених брзина приказана је у **Табели 1**.

Табела 1. Процент прекорачења у функцији разлике слободне и ограничене брзине

Деоница пута	PGDS ₂₀₁₆ (voz/dan)	q _{m200} (voz/h)	V _{sl} (km/h)	V _{ogr} (km/h)	$\Delta(V_{sl} - V_{ogr})$ (km/h)	% прекорачења
Мрчајевци – Краљево	5.742	471	86	80	6	49

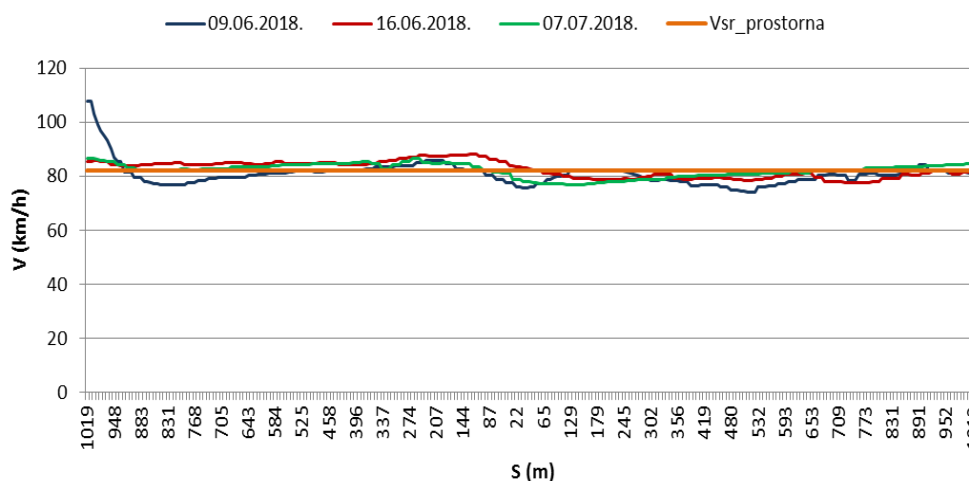
Приказ реалних експлоатационих брзина (брзина са аутоматских бројача саобраћаја) и средње просторне брзине на утицајној хомогеној зони АБС измерене наведеном апликацијом, може се видети у **Табели 2**.

Табела 2. Вредности реалне и моделом прорачунате експлоатационе брзине у функцији класа протока, средње просторне, ограничене и брзине 85-тог перцентиала брзине

Деоница пута	V _{real} (ABS) (km/h)	V _e класе (km/h)	V _{sr} просторна (km/h)	V _{ogr} (km/h)	V _{85-ти перцентил} (km/h)
Мрчајевци – Краљево	80	91	83	80	98

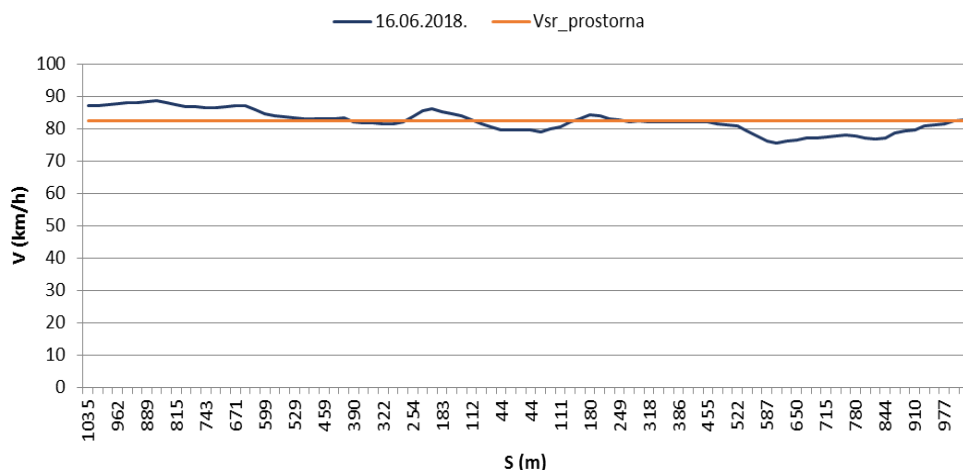
Предметну анализирану деоницу карактерише просечан годишњи дневни саобраћај од око 5.800 воз/дан (податак из 2016. год.), повољне техничко – експлоатационе карактеристике и намена земљишта карактеристична за руралне услове.

Резултати истраживања брзина у смеру Мрчајевци - Краљево за мерни дан суботу, која су спроведена у три наврата (субота 09.06.2018. у 12:04h, субота 16.06.2018. у 14:15h и субота 07.07.2018. у 11:34h), показују идентичне профиле брзине дуж овог хомогеног одсека. Брзине су целом дужином уједначене, без значајних осцилација и у складу са ограничењем брзине. Израчуната средња просторна брзина за предметни смер износи 83 km/h. Графички приказ резултата дат је на **Слици 4**.



Слика 4. Профил брзине за смер Мрчајевци – Краљево по данима истраживања (субота 09.06.2018. у 12:04h, субота 16.06.2018. у 14:15h и субота 07.07.2018. у 11:34h)
Извор: (Аутори)

Резултати истраживања који су спроведени за смер Краљево – Мрчајевци, у суботу 16.06.2018., дају профил брзине идентичан профилима брзина из супротног смера (Мрчајевци – Краљево). И у овом случају, брзине су целом дужином уједначене и без значајних осцилација (**Слика 5**). Средња просторна брзина износи 83 km/h, а истраживање је спроведено у повољним временским и саобраћајним условима.



Слика 5. Профил брзине за смер Краљево – Мрчајевци (субота 16.06.2018. у 17:39h)
Извор: (Аутори)

У случају представљене деонице пута (Мрчајевци - Краљево), типично ванградског карактера на којој је разлика између слободне (86 km/h) и ограничене брзине (80 km/h) мала, вредности реалних експлоатационих брзина са аутоматских бројача саобраћаја (80 km/h) и средњих просторних брзина утврђених истраживањем (83 km/h) су биле приближне вредностима ограничења. На основу претходно изнетих података и повољних техничко-експлоатационих карактеристика деонице, у складу са рангом пута у мрежи, може се закључити да је постављено адекватно ограничење брзине. Међутим, анализа прекорачења брзине са АБС показује да 49% возача прекорачује ограничену брзину. Од укупног процента возача који прекорачују дозвољену брзину, готово половина (22,60%) се креће до 10 km/h изнад ограничења. На основу иностраних искустава ова категорија возача спада у циљну групу коју треба прилагодити систему управљања брзинама.

Такође, резултати анализе 85. перцентила брзине (98 km/h), који се у великом броју земаља користи као један од доминантних критеријума за постављање ограничене брзине, показују значајно веће вредности од претходно наведених. Оно што је битно нагласити јесте да је, на основу новог концепта испитивања експлоатационе брзине у функцији класа протока, добијена вредност од 91 km/h, што представља вредност брзине која на најбољи начин репрезентује циљну групу возача чије је брзине неопходно хомогенизовати.

4. ЗАКЉУЧАК

Кредибилно (подобно) ограничење брзине се дефинише као ограничење брзине које је у складу са перцепцијом возача условљеном путним и саобраћајним карактеристикама. Ради испитивања кредибилитета ограничених брзина у овом раду је дефинисан нови концепт који је базиран на анализи експлоатационих брзина у функцији различитих класа протока.

Приликом дефинисања ограничења брзине за одговарајућу деоницу требало би узети у обзир карактер токова који се њој реализује, њен утицај на безбедност, мобилност, животну средину и квалитет живота људи који живе непосредно у близини пута. Одговарајућа брзина се разликује од категорије пута и узима у обзир различите вредности тежинских фактора (пондера), које треба дати различитим елементима на различитим деловима путне мреже.

Анализом просечних експлоатационих брзина утврђено је да се једино укључивањем пондерисаних вредности класа часовних протока у функцији броја сати у процес прорачуна експлоатационих брзина могу коректније аналитички описати реални услови који владају у саобраћајном току. Вредности овако добијених експлоатационих брзина су адекватно уравнотежене са трендом добијених брзина по моделу из НСМ-а, што верификује исправност предложеног приступа. Међутим, у резултатима је забележено да вредности ограничених брзина имају значајан утицај на вредности реализованих брзина у току. Анализе показују да су на деоницама са изузетно повољним техничко-експлоатационим карактеристикама, потпуном контролом приступа и високо ограниченим брзинама, као што су аутопутске деонице на нашој мрежи, добијене вредности које показују чврсту корелативну зависност

између моделских и реално остварених вредности брзина. Са друге стране, на осталим класама путева са нижим вредностима ограничених брзина, на којим не постоји адекватна усаглашеност утицајних фактора, долази до већих дисперзија брзина у саобраћајном току што доводи до дисбаланса између реалних и моделима прорачунатих брзина.

Оно што се додатно може закључити из резултата спроведеног истраживања јесте да постоји потреба за унапређењем традиционалних модела за прорачун експлоатационих и слободних брзина, обзиром на значајан напредак возно-димачких карактеристика возила која су последњих година доминантна на путевима.

Добијене резултати анализе експлоатационих брзина прорачунатих у функцији класа часовних протока су претежно дали више вредности брзина у односу на вредности добијене на основу традиционалног модела. Такви резултати су и очекивани с обзиром на то да је у поступку прорачуна V_e укључен велики број часова у току године које карактеришу значајно нижи нивои саобраћајног оптерећења. На овај начин добијене вредности брзина су ближе вредностима 85. перцентила брзине и вредностима брзине којима се крећу возачи у оквиру циљне групе (возачи који прекорачују ограничену брзину до 10 km/h) на коју треба усмерити фокус и коју треба прилагодити систему управљања брзинама. На основу свега наведеног, закључује се да нови концепт представља адекватну меру за испитивање кредибилитета постављених ограничења брзина и дефинише основ за унапређење модела за прорачун експлоатационих брзина. Потребно је напоменути да је модел проверен корз теренско пилот истраживање на једној деоници чиме је потврђена исправност модела који осликава реалне услове у току, али је истовремено уочена потреба за његовом верификацијом на већем броју деоница. Сходно томе, у погледу будућих истраживања намеће се потреба за даљом анализом и теренским истраживањем на већем, репрезентативнијем узорку који ће покривати већи део мреже свих класа путева према карактеру саобраћајних токова, како би се створила реалнија слика о проблему (не)кредибилитета постављених ограничења брзина.

Поред тога, неопходно је наставити са континуалним праћењем промене саобраћајног оптерећења у функцији карактера саобраћајних токова са циљем добијања реалнијих експлоатационих брзина.

ЛИТЕРАТУРА

- Aarts, L., van Schagen, I. (2006). Driving speed and the rate of road crashes: a review of recent studies. *Accident Analysis & Prevention*, 38, 215–224.
- Allsop, R. & European Transport Safety Council (1995). *Reducing Traffic Injuries Resulting From Excess and Inappropriate Speed*. Brussels: European Transport Safety Council.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (1990, 1994). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. AASHTO, Washington, DC.
- Dell'Acqua, G., and Russo, F. (2010). Speed Factors on Low-Volume Roads for Horizontal Curves and Tangents, *Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. 5(2): 89-97.
- Elvik, R., Christensen, P., and Amundsen, A. (2004). Speed and road accidents: an evaluation of the power model. TØI Report 740/2004, Oslo, Norway.
- Fildes, B.N., Lee, S.J. (1993). The speed review: road environment, behaviour, speed limits, enforcement and crashes. Report CR127. Federal Office of Road Safety, Department of Transport and Communications, Canberra, Australia.
- Fitzpatrick, K., Carlson, P., Brewer, M., Wooldridge, M., and Miaou, S. (2003). Design speed, operating speed and posted speed practices. National Cooperative Highway Research Program Report 504. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.
- Gardner, D. J., & Rockwell, T. H. (1983). Two views of motorist behavior in rural freeway construction and maintenance zones: The driver and state highway patrolman. *Human Factors*, 25, 415–424.
- Goldenbeld, C., & van Schagen, I. (2007). The credibility of speed limits on 80 km/h rural roads: The effects of road and person(ality) characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1121–1130.
- Hashim, I. (2006). Exploring the relationship between safety and the consistency of geometry and speed on rural single carriageway. In: Proc. of 38th UTSG annual meeting. Dublin, Ireland: Trinity College Dublin.
- Highway Capacity Manual (2010). Transportation Research Board, Washington, DC.
- Jiang, Z., Jadaan, K., and Ouyang, Y. (2016). Speed Harmonization – Design Speed vs. Operating Speed. Research Report No. FHWA-ICT-16-019. Urbana: Illinois Center for Transportation ICT.

- Kanellaidis, G., Golias, J., and Zarifopoulos, K. (1995). A survey of drivers' attitudes toward speed limit violations. *Journal of Safety Research*. 26, 31–40.
- Кузовић, Љ. (2000). Капацитет и ниво услуге друмских саобраћајница, Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, Београд.
- Кузовић, Љ. и Ђорђевић, Т. (1977). Основни појмови брзина у планирању путева и њихова међузависност и условљеност од пута и саобраћаја. *Пут и саобраћај*, 1-12.
- Lamm R., Psarianos, B., Choueiri, E., and Soilemezoglou, G. (1995). A Practical Safety Approach to Highway Geometric Design International Case Studies: Germany, Greece, Lebanon, and the United States. International Symposium on Highway Geometric Design Practices. Boston, Massachusetts, 9:1-9:14.
- Milton, J., Mannering, F. (1998). The relationship among highway geometrics, traffic-related elements and motor-vehicle accident frequencies. *Transportation*, 25, 395–413.
- Misaghi, P., and Hassan, Y. (2005). Modeling operating speed and speed differential on two lane rural roads. *Journal of Transportation Engineering*. 131(6), 408-418.
- Montella, A., Imbriani, L.L. (2015). Safety performance functions incorporating design consistency variables. *Accident Analysis and Prevention*, 74, 133–144.
- Park, P., Miranda-Moreno, L., and Saccomanno, F. (2010). Estimation of speed differentials on rural highways using hierarchical linear regression models. *Canadian journal of civil engineering*. 37(4), 624-637.
- Parker, M., Sung, H., and Dereniewski, L. (2003). Review and Analysis of Posted Speed Limits and Speed Limit Setting Practices in British Columbia. British Columbia Ministry of Transportation, Victoria, B.C.
- Pratico, F., and Giunta, M. (2012). Modeling Operating Speed of Two Lane Rural Roads. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 53, 664-671.
- Solomon, D. (1964). Accidents on main rural highways related to speed, driver, and vehicle. Washington DC: US Department of Commerce, Bureau of Public Roads.
- SWOV. (2012). SWOV Fact Sheet - Speed Choice: the influence of man, vehicle, and road
- Transportation Research Board. (1998). Special Report 254: Managing Speed: Review of Current Practice for Setting and Enforcing Speed Limits. TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Tubić, V., Glavić, D., Stepanović, N., Milenković, M., Vidas, M., (2018) Analiza realnih i prekoračenih brzina na državnim putevima - opština Kraljevo, XIII Međunarodna konferencija – Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Kopaonik, Srbija, str. 207-215.
- Van Schagen, I. N. L. G., Wegman, F. C. M., & Roszbach, R. (2004). Safe and credible speed limits: A strategical exploration. R2004-12. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research.
- Yu, R., Abdel-Aty, M. (2014a). Analyzing crash injury severity for a mountainous freeway incorporating real-time traffic and weather data. *Saf. Sci.* 63, 50–56.
- Yu, R., Abdel-Aty, M. (2014b). An optimal variable speed limits system to ameliorate traffic safety risk. *Transport. Res. Part C: Emerg. Technol.* 46, 235–246.