

ОДНОС КЉУЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА ПУТНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ И БЕЗБЕДНОСТИ ПУТА

Горан Ђајић

Институт за путеве а.д, Београд, Србија

Резиме: Један од кључних разлога за рехабилитацију или реконструкцију јесте и повећање безбедности пута. На безбедност пута комбиновано утичу параметри система возач-возило-околина (психофизичке способности возача, могућности возила, стање и карактеристике пута...) Тешко је одвојено посматрати утицај на безбедност неког од параметара овог система. Ипак, дошло се до неких највероватнијих веза између безбедности и кључних елемената пројектне геометрије.

Кључне речи: рехабилитација и реконструкција пута, елементи путне геометрије, безбедност пута, степен догађања саобраћајних незгода

RELATIONSHIP BETWEEN HIGHWAY DESIGN FEATURES AND ROAD SAFETY

Abstract: One of the key factors of the reconstruction and rehabilitation is an increase of the road safety. There are combined driver-vehicle-environment system parameters that affect road safety (psychophysical state of a driver, vehicle performances, road condition and its features...) Even though it is difficult to observe these safety parameters separately some most probable links are established between safety and key road features.

Keywords: road rehabilitation and reconstruction, highway design features, road safety, accident rate

1. УВОД

Кључни елементи пута имају пресудну улогу на безбедно и удобно одвијање саобраћаја. У овом раду су приказане везе између саобраћајних незгода, карактеристика пута и могућих решења у процесу RRR којим би се подигла безбедност везана за следеће елементе путне геометрије:

- ширина банке и саобраћајних трака,
- уређење путног појаса и нагиби косина,
- ширина моста,
- елементи ситуационог плана,
- прегледност,
- укрштаји,
- стање коловозног застора и
- вертикални дисконтинуитет између ивице коловоза и банке.

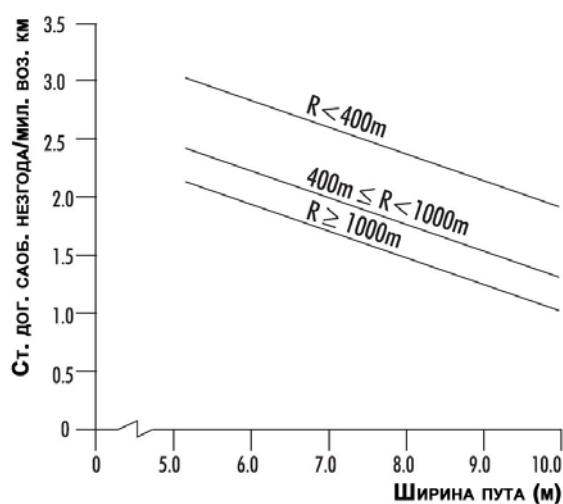
2. ШИРИНА БАНКИНЕ И САОБРАЋАЈНИХ ТРАКА

Шире саобраћајне траке и банке пружају возачима већу шансу за сигурним повраћајем контроле над возилом у случају њеног губитка (битан фактор код незгода са једним возилом) и повећавају бочно растојање између возила која се претичу или

мимоилазе (битан фактор код бочних или чеоних судара). Повећање ширине саобраћајних трака и банкина има позитивне ефекте по безбедност у случају изненадног заустављања возила, приликом активности на одржавању пута, утиче на мање хабање ивица коловоза, повећава прегледност у хоризонталним кривинама и помаже одводњавању коловоза.

Истраживања (L.1) су показала да:

- Број саобраћајних незгода се смањује са повећањем ширине саобраћајних трака и банкине
- Проширење саобраћајних трака има већи ефекат на безбедност него повећање ширине банкине
- Путеви са стабилизаним банкама (нпр. битуменом или портланд цементом) имају нижи степен незгода него готово идентични путеви са земљаним, затрављеним или банкама од шљунка



Слика 1: Однос ширине пута и степена догађања саобраћајних незгода (L.1)

Како препознати проблем

Незгоде:

- слетање с пута, чеони судари, бочна колизија

Саобраћајне операције:

- излазак из саобраћајне траке (на суседну саобраћајну траку или на банку)

Карактеристике пута:

- упоредити потребну и постојећу ширину пута за одређени радијус хоризонталне кривине

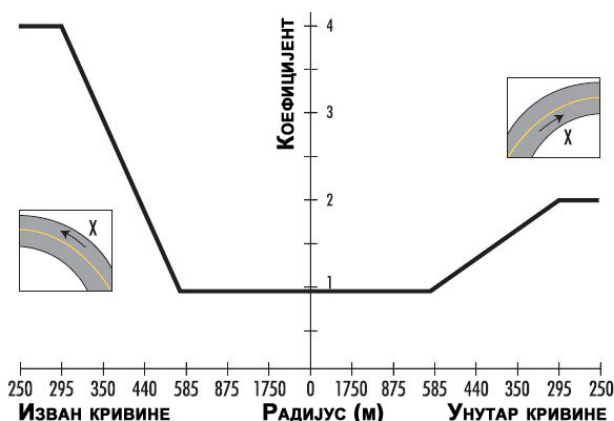
Могуће мере

- проширење пута

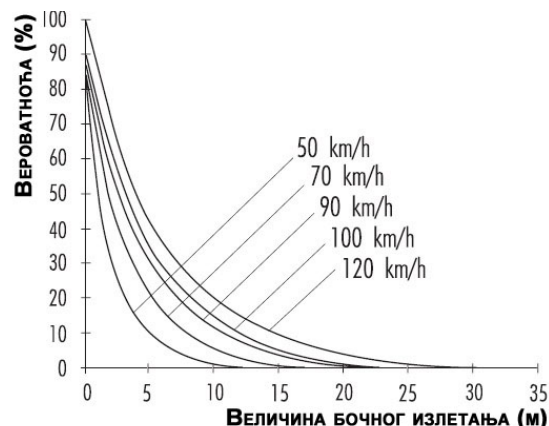
3. УРЕЂЕЊЕ РУБНОГ ПОЈАСА ПУТА И НАГИБИ КОСИНА

Уређења рубног појаса пута и нагиба косина има значај код саобраћајних незгода у којима возило напушта саобраћајну траку у случају губитка контроле над возилом. Код таквих незгода најчешће учествује једно возило. Истраживања ААSHTO из 2002. су показала да је излетање са пута много чешће у хоризонталним кривинама него на

правцу. Излетање на спољну страну кривине је двоструко чешће него на унутрашњу страну, а четири пута учесталије од губитка контроле над возилом на правцу (сл. 2).



Слика 2: Фактори излетања са пута (AASHTO 2002.)



Слика 3: Величина бочног излетања (AASHTO 1996.)

Код оваквог типа незгода тежину незгоде одређује појава препрека у рубном појасу пута и нагиб косина. Зато је битно елиминисати потенцијално опасан садржај дуж рубног појаса пута (дрвеће, рекламни панои, стене, стрме косине...) у колизији са којим може да дође до тежих саобраћајних незгода. Због буџетских ограничења, ширина зоне ослобођене од препрека зависи од категорије пута и саобраћајног оптерећења. Уколико су услови терена такви да није могуће обезбедити довољно широку зону ослобођену опасности, потребно је изградити бочне баријере. Ипак, мора се имати у виду да овај тип опреме пута се сам по себи може сматрати потенцијалном опасношћу, па га не треба користити уколико је могуће уредити рубни појас пута на прави начин.

Табела 1: Смањење степена догађања незгода (%) услед повећања бочне зоне ослобођене од препрека

Повећање бочне зоне ослобођене од прпрека (m)	Смањење степена догађања незгода (%)
1.5	9
2.4	14
3.0	17
3.7	19
4.6	23
6.1	29

Табела 2: Смањење степена догађања незгода (%) услед ублажења нагиба косина

Нагиб косине пре	Нагиб косине после			
	4:1	5:1	6:1	7:1
2:1	6	9	12	15
3:1	5	8	11	15
4:1	-	3	7	11
5:1	-	-	3	8
6:1	-	-	-	5

Стрме косине су још један вид опасности које треба избећи у рубном појасу пута. Максимални нагиб које возило које је излетело са пута може савладати без превртања је између 1:3 и 1:4. Спој између банке и косине, као и између косине и терена би требало заоблити.

Проширењем бочне зоне ослобођене од препрека и ублажењем нагиба косина се може утицати на подизање безбедности пута. Смањење степена догађања саобраћајних незгода услед поменутих мера је приказано у табелама 1 и 2.

Како препознати проблем

Незгоде:

- незгоде са фиксираним објектима, превртање возила

Карактеристике пута:

Проверити:

- незаштићене препреке у слободној зони, нпр. дрвеће, стене, чврсте структуре: мост, зид, дренажно постројење, стубови, саобраћајни знакови, рекламни панои итд.
- стрме косине
- присуство (и дубина) воде у јарковима
- поломљена опрема пута (заштитна ограда, заштитни стубићи)

Могуће мере

У случају незаштићених препрека, могу бити предузета четири типа мера над њима:

- елиминација
- премештање
- ослабљивање
- заштита

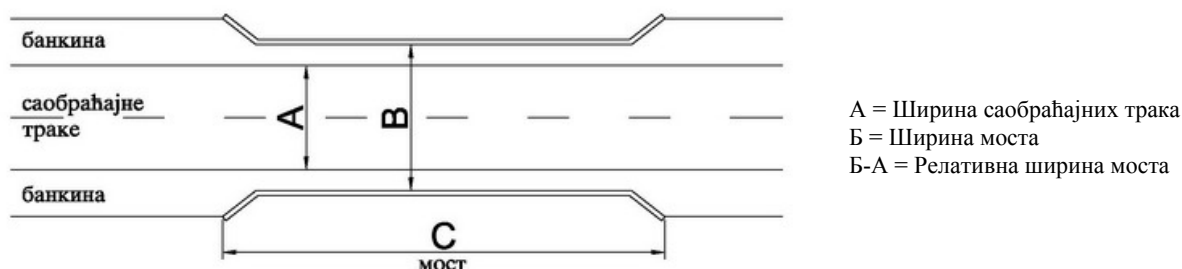
У случају стрмих нагиба косина:

- ублажавање нагиба
- заобљавање спојева косине и банке, односно косине и терена
- постављање заштитних ограда

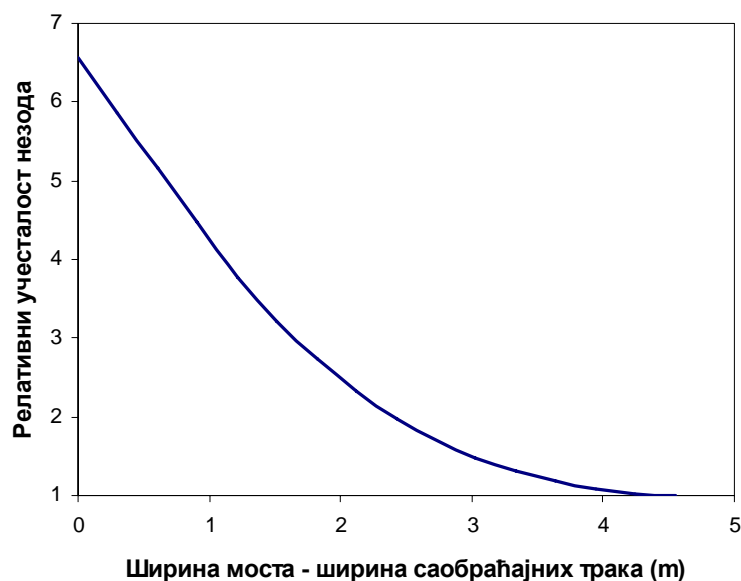
4. ШИРИНА МОСТА

Ризик догађања саобраћајне незгоде на мостовима може бити значајан. Сужење пута приликом прилаза на узак мост не даје могућност сигурног повраћаја контроле над возилом, у случају њеног губитка, тако да може да дође до колизије са ивицом моста. Осим тога, прилази мостовима су често нивелетски у паду, што представља фактор који изазива повећање брзине кретања. Прилаз мосту се може наћи у оштрој хоризонталној кривини, што је чест случај са старим мостовима. Када се ти фактори искombинују са ледом током зиме или лошим спојницама на мосту, разумљиво је зашто треба обратити пажњу ризицима по безбедност на мосту.

Истраживања на пољу безбедности мостова (L.2) су открила да је ширина моста у директној вези са степеном догађања саобраћајних незгода. Тачније, ова истраживања закључила су да је разлика између чисте ширине моста и ширине возних трака на мосту (сл. 4) бољи показатељ ризика од догађања саобраћајних незгода на мосту.



Слика 4: Ширина моста – термини и димензије



Релативна учесталост незгода је производ броја незгода на мосту на милион возила када је разлика ширине моста и ширине саобраћајних трака једнака 4.25м

Слика 5: Веза између саобраћајних незгода и ширине моста (L.2)

Како препознати проблем

Незгоде:

- колизија са крајевима моста, чеони судари, бочна колизија

Саобраћајне операције:

- излазак из саобраћајне траке (на суседну саобраћајну траку или пешачку стазу)

Карактеристике пута:

- упоредити ширину моста са ширином приступних саобраћајних трака и банкина
- проверити релативну ширину моста
- проверити стање и дисконтинуитет спојница на мосту

Могуће мере

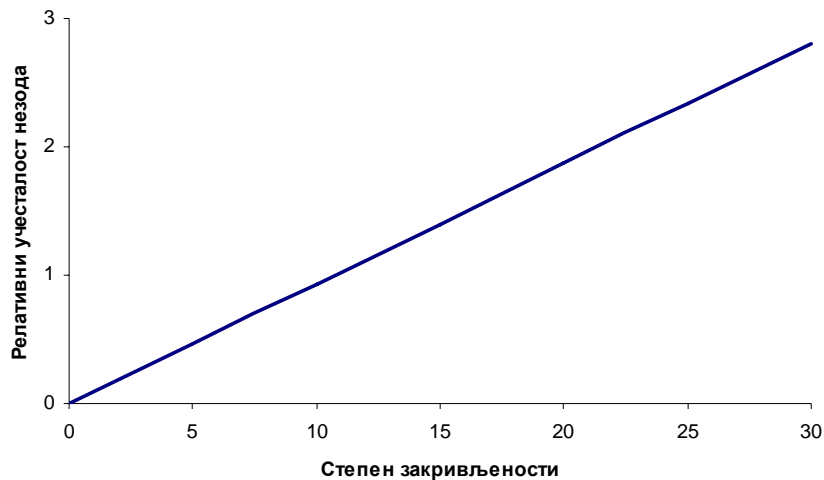
- упозорење саобраћајном сигнализацијом
- израда прелазне заштитне ограде
- рехабилитација спојница на мосту
- проширење моста

5. ЕЛЕМЕНТИ СИТУАЦИОНОГ ПЛАНА

Саобраћајне незгоде се чешће догађају у хоризонталним кривинама него на правцу, због тога што су у кривини повећани захтеви постављени пред возача и возило. Ефекти на безбедност зависе од сваке појединачне кривине, али и када посматрамо укупну усклађеност сваког од елемената ситуационог плана са суседнима. У процесу рехабилитације и реконструкције путева мора се обратити посебна пажња ублажењу негативних ефеката по безбедност које оштре кривине могу да изазову.

Спроведена су бројна истраживања не би ли се дошло до сигурних показатеља везе између степена догађања саобраћајних незгода и специфичних карактеристика геометрије кривине. Обично су се односила на степен закривљености или радијус кривине. Америчка федерална асоцијација за путеве (FHWA) је дошла до поуздане везе

између степена закривљености кривине и саобраћајних незгода (сл. 6) док веза између осталих елемената геометрије кривине (радијус, централни угао, дужина кривине...) нису тако поуздане.



Изажена веза је за сегмент пута дужине $\approx 1\text{km}$
Релативна учесталост незгода је производ броја незгода на милион возила на правцу.
Степен закривљености је јединица уведена у САД, представља вредност централног угла над тетивом од 20м и рачуна се као $D=1146/R$ (где је R радијус кривине у метрима)

Слика 6: Веза између саобраћајних незгода и степена закривљености (L.2)

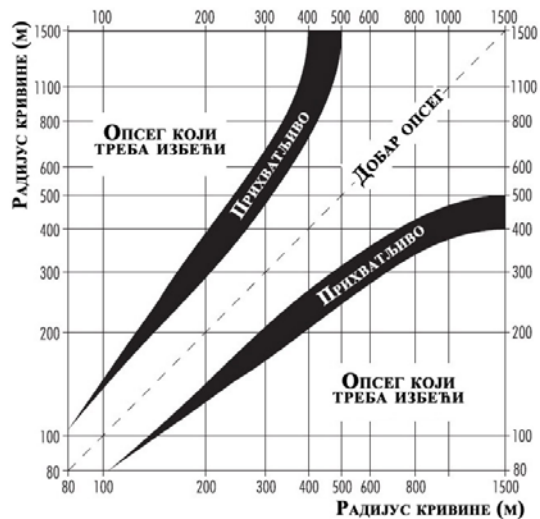
Када се говори о вези између безбедности пута и хоризонталне геометрије мора се имати у виду усклађеност елемената пројектне геометрије. Један од начина провере усклађености је познавање разлике у брзинама суседних елемената ситуационог плана.

Табела 3: Разлика у брзинама суседних елемената ситуационог плана

Немачка (Lamm 1999.)		Шпанија	
ΔV_{85} (km/h)	Квалитет пројекта	ΔV_{99} (km/h)	Квалитет пројекта
< 10	Добар	< 15	Добар
10 – 20	Прихватљив	15 – 30	Прихватљив
> 20	Лош	30 – 45	Лош
		> 45	Опасан

Разлика у брзинама одвијања саобраћаја се може мерити на лицу места али се такође може одредити на основу регресионих модела за брзину и усвојене величине убрзања и успорења. У Немачкој се препоручује да се пореди 85-ти перцентил брзина кретања путничких возила, док се у Шпанији користи модел који узима у обзир брзине 99% путничких возила (табела 3.)

Немачки истраживачи су развили правила која могу помоћи пројектантима да изаберу низ усклађених суседних радијуса (сл. 7).



Слика 7: Однос суседних радијуса (L.1)

Како препознати проблем

Незгоде:

- излетање са пута, чеони судари, незгоде на мокром коловозу

Саобраћајне операције:

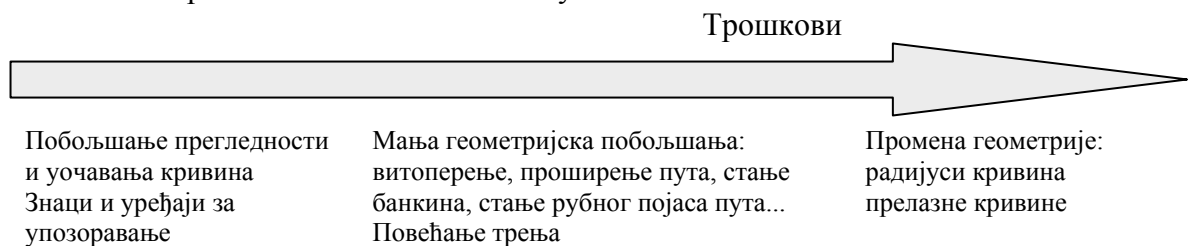
- излазак из саобраћајне траке, закаснило кочење, прекорачење брзине, заношење возила
- знатно смањење брзине пред улазак у кривину

Карактеристике пута:

- упоредити радијус кривине са минималним према прописима
- однос радијуса кривине са околином пута
- проверити усклађеност радијуса кривина дуж пута

Могуће мере

- опште мере побољшања квалитета пута



6. ПРЕГЛЕДНОСТ

Потребно је омогућити возачу да на време сагледа потенцијалну препреку на путу или други садржај због кога треба благовремено да донесе одлуке. Треба познавати брзину кретања возила у свакој тачки пута и у функцији од ње одредити дужину пута потребног да се возило безбедно заустави. У сваком моменту возач мора да буде у могућности да сагледа пут у већој дужини од дужине зауставног пута.

Најчешћи потенцијални проблеми по прегледност се јављају у конвексним вертикалним кривинама недовољног радијуса и у хоризонталним кривинама, због појаве растиња, изградње, рекламних паноа и других садржаја који ометају визуру.

Како препознати проблем

Незгоде:

- судари од позади, колизије под правим углом (на раскрсницама или приступним путевима), чеони судари

Саобраћајне операције:

- саобраћајни конфликти, трагови кочења

Карактеристике пута:

- упоредити расположиву прегледност на лицу места са захтеваном
- проверити сталне, привремене или сезонске сметње за прегледност
- проверити изворе саобраћајних конфликта где је ограничена прегледност (укрштаји, прелази, пролази итд.)

Могуће мере

- побољшање саобраћајне сигнализације, упозорење на потенцијалну опасност
- елиминисање визуелних сметњи
- измештање или елиминисање извора саобраћајних конфликта

7. УКРШТАЈИ

Укрштаји су уз мостове и кривине најкритичнија места по безбедност на ванградским путевима. Побољшање укрштаја укључује интервенције на приступним правцима, као и операционе мере контроле саобраћаја. Ова побољшања имају за циљ смањење конфликта и олакшање возачу да доноси одлуке. Такође је битно смањити брзине прилаза укрштају и повећати коефицијенте трења у зони укрштаја.

Како препознати проблем

Незгоде:

- бочни судари, али и сви други типови колизије у зони укрштаја

Саобраћајне операције:

- престројавање, укрштање
- немогућност правовременог доношења одлука возача

Карактеристике пута:

- направити дијаграме кретања возила у раскрсници и открити конфликтне тачке, проверити време и временске услове догађања незгода
- проверити физичке карактеристике које утичу на кретање возила у зони укрштаја (прегледност, трење...)
- одредити друге ризике који нису у вези са конфликтним тачкама и условима одвијања саобраћаја

Могуће мере

- побољшање саобраћајне сигнализације, осветљење, каналисање саобраћаја
- побољшање коефицијената трења у зони укрштаја
- преправка геометрије приступних праваца и реконструкција укрштаја

8. СТАЊЕ КОЛОВОЗНОГ ЗАСТОРА

У процесу рехабилитације и реконструкције пута готово увек долази до пресвлачења коловоза или других мера поправке коловозног застора.

Стање коловозног застора утиче на коефицијент трења између пнеуматика и коловоза, као и на ефикасност дренарања воде са коловоза. Већа радијална компонента коефицијента трења утиче на сигурнију вожњу у кривинама, што повећава брзину вожње, док већа тангенцијална компонента трења смањује дужину зауставног пута. Због тога ће побољшање стања коловозног застора имати двојак ефекат: с једне стране ће се повећати брзине кретања, што може имати негативан утицај на безбедност, док ће у исто време бити смањена дужина зауставног пута, што даје позитивне ефекте по безбедност, нарочито у условима мокрог коловоза.

Како препознати проблем

Незгоде:

- повећан број незгода у условима мокрог коловоза

Саобраћајне операције:

- проклизавање, трагови кочења, излетање са пута, маневри избегавања изазвани оштећењима на коловозу

Карактеристике пута:

- измерити коефицијенте трења и упоредити их са пројектованим
- проверити равност коловоза
- проверити да ли постоје места на коловозу у којима се акумулира вода

Могуће мере

- привремене мере: саобраћајна сигнализација
- поправка проблематичних делова коловозног застора (рупе, пукотине, колотрази...)
- потпуно пресвлачење коловоза

9. ВЕРТИКАЛНИ ДИСКОНТИНУИТЕТ ИВИЦЕ КОЛОВОЗА И БАНКИНЕ

Вертикални дисконтинуитет између ивице коловоза и банке (сл. 8) се јавља или као последица пресвлачења коловоза или као последица ерозије материјала у банкени. Посебно осетљиво место за овај дисконтинуитет је унутрашња страна хоризонталне кривине, због токова теретних возила која силазе са коловоза. Ово може проузроковати значајне лоше ефекте по безбедност, нарочито код путева са уским саобраћајним тракама. Стога у процесу RRR треба водити рачуна о овој појави и елиминисати је или бар направити конусни прелаз између ивице пута и банке.



Слика 8: Дисконтинуитет између ивице коловоза и банке

Како препознати проблем

Незгоде:

- незгоде приликом излетања са коловоза

Саобраћајне операције:

- мимоилажење на уском путу, губитак контроле над возилом

Карактеристике пута:

- проверити величину дисконтинуитета између ивице коловоза и банке
- проверити у каквом је стању прелаз коловоз-банка

Могуће мере

- ублажавање прелаза са коловоза на банку
- поправити банке

10. ЗАКЉУЧАК

Због својих међусобних утицаја између пута, возача и возила, немогуће је са сигурношћу утврдити утицаје појединих елемената пројектне геометрије на безбедност и степен догађања саобраћајних незгода. Ипак, неке везе је могуће успоставити и оне су поменуте у овом раду. Имајући у виду ове везе, може се направити план повећања безбедности пута приликом рехабилитације или реконструкције, тако да се са што мањим трошковима постигне што већи ниво безбедности пута.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Carl Bélanger, Patrick Barber, *PIARC-Road Safety Manual: Horizontal alignment*, Road Safety Committee, World Road Association
- [2] *Designing safer roads*, TRB-NRC Special Report 214, Washington D. C., USA, 1987.