

УТИЦАЈ ХОРИЗОНТАЛНИХ КРИВИНА НА НАСТАНАК САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА, ПРИМЕНОМ МЕТОДА НЕЗАВИСНЕ ОЦЕНЕ УТИЦАЈА ПУТА НА НАСТАНАК САОБРАЋАЈНЕ НЕЗГОДЕ

Давид Рилак¹

¹ Академија струковних студија Политехника Београд, drilak@politehnika.edu.rs

Борис Антић

Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, b.antic@sf.bg.ac.rs

Ненад Марковић

Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, nmarkovic@sf.bg.ac.rs

Резиме: Саобраћајне незгоде у великој мери успоравају економски напредак и развој једне државе, кроз издвајање огромних ресурса на санирање последица саобраћајних незгода. Саобраћајне незгоде у највећој мери настају пропустом, непажњом, погрешно изведеном радњом и другим грешкама од стране возача, односно фактора човек у систему Ч-В-П-О (човек, возило, пут и окружење). Поред утицаја фактора човек, велики утицај, односно допринос на настанак или на тежину последица незгоде има и фактор ПУТ. Препознавањем пута као једног од главних фактора настанка саобраћајних незгода, све више пажње посвећује се унапређењу пута и путне околине формирањем и коришћењем концепта самообјашњавајућих и опраштајућих путева. Посебно специфични сегменти пута јесу промене у пружању правца пута (хоризонталне и вертикалне кривине) које захтевају посебну фокусираност од стране возача и посебно уређење пута и путне околине. Циљ овог рада јесте идентификација главних недостатака и утицајних фактора пута на настанак саобраћајних незгода у хоризонталној кривини, применом алата независне оцене утицаја пута на настанак саобраћајне незгоде са погинулим лицем.

Кључне речи: Саобраћајне незгоде, фактор ПУТ, Независна оцена утицаја пута на настанак саобраћајне незгоде, погинула лица

THE IMPACT OF HORIZONTAL CURVES ON THE OCCURRENCE OF TRAFFIC ACCIDENTS USING THE METHOD OF INDEPENDENT ROAD IMPACT ASSESSMENT

Давид Рилак

Academy of applied studies Politehnika, Belgrade, drilak@politehnika.edu.rs

Борис Антић

Faculty of transport and traffic engineering, University of Belgrade, b.antic@sf.bg.ac.rs

Nenad Marković

Faculty of transport and traffic engineering, University of Belgrade, nmarkovic@sf.bg.ac.rs

Abstract: Traffic accidents significantly hinder the economic progress and development of a country by requiring the allocation of substantial resources for mitigating their consequences. Traffic accidents are predominantly caused by errors, inattention, improper actions, and other mistakes made by drivers, i.e., the human factor within the H-V-R-E system (Human, Vehicle, Road, Environment). In addition to the influence of the human factor, the road factor also plays a significant role, both in the occurrence of traffic accidents and in the severity of their consequences. Recognizing the road as one of the key contributing factors to traffic accidents, increasing attention has been devoted to improving road infrastructure and roadside environment through the development and implementation of the concepts of self-explaining and forgiving roads. Particularly critical road segments are changes in road alignment, such as horizontal and vertical curves, which require increased driver attention and specific road design and roadside treatment. The aim of this paper is to identify the main deficiencies and influential road-related factors contributing to the occurrence of traffic accidents in horizontal curves, through the application of an independent road impact assessment tool in cases of fatal traffic accidents.

Keywords: Traffic accidents, road factor, independent road impact assessment, fatal accidents.

¹ Аутор задужен за кореспонденцију: drilak@politehnika.edu.rs

1. УВОД

Саобраћај, поред бројних одлика и предности које унапређују живот и рад савременог човека, са друге стране одликују бројни негативни ефекти и последице које угрожавају живот човека и развој државе. Међу бројним негативним ефектима саобраћаја, најзначајније место заузимају саобраћајне незгоде и њихове последице, како у целом свету, тако и у Републици Србији. Упркос континуираним напорима усмереним ка унапређењу безбедности, саобраћајне незгоде и даље представљају један од водећих узрока смртности, што указује на постојање високог нивоа ризика и недовољно ефикасних мера превенције. Према извештају Светске здравствене организације, у свету погине више од 1,3 милиона људи, са тенденцијом даљег раста уколико се не предузму значајне мере превенције настанка саобраћајних незгода и смањења њихових последица (WHO, 2023). Према подацима Агенције за безбедност саобраћаја (АБС, 2024), у Србији се у 2024. години догодило укупно 32.262 саобраћајних незгода, од којих је 481 било саобраћајних незгода са погинулим лицима, у којима је укупно погинуло 514 лица. Поред огромних бројева погинулих и повређених лица које су заступљене у саобраћајним незгодама, велики су и друштвено економски трошкови санирања последица саобраћајних незгода. Према методологији Европске комисије за процену укупних друштвено-економских последица саобраћајних незгода, трошак једне саобраћајне незгоде са погинулим лицем износи 3.273.909 евра, трошак једне саобраћајне незгоде са тешко повређеним лицем износи 498.591 евра, док трошак једне саобраћајне незгоде са лакше повређеним лицем износи 38.514 евра. Према овој методологији, трошкови саобраћајних незгода са погинулим лицем у Републици Србији у 2024. години, износили су приближно 1,57 милијарди евра.

Како би се пројектовале одговарајуће превентивне мере како би се спречио настанак саобраћајних незгода и ублажиле последице уколико до исте дође, потребно је одредити главне факторе који утичу на настанак саобраћајних незгода и ка њима усмерити контрамере. У безбедности саобраћаја постоје два научна приступа која изучавају саобраћајне незгоде и њихове последице, а то су феноменолошки и етиолошки приступи. Феноменолошки приступ проучава споља видљива обележења саобраћајних незгода и њихових последица, односно проучава саобраћајне незгоде као феномене (појаве). Феноменолошком анализом могуће је уочити локације на којима се догађа повећан број саобраћајних незгода, повећан број погинулих лица, временски тренд појава итд.

Са друге стране, у етиолошком смислу, саобраћајне незгоде и њихове последице се проучавају дубински, односно тежи се откривању главних узрока који утичу на настанак саобраћајних незгода. У том смислу, фактори који утичу на настанак саобраћајних незгода и њихових последица класификовани су у четири категорије и то: човек (Ч), возило (В), пут (П) и окружење (О). Како би се анализирали узроци настанка саобраћајних незгода, у свету су развијени бројни алати који дубински проучавају саобраћајне незгоде. Иако је човек препознат као доминантан фактор у настанку саобраћајне незгоде, савремени систем безбедности се ослања на постулату да је потребно пројектовати такву инфраструктуру која у што већој мери опрашта грешке човека и смањује последице таквих грешака.

Један од алата који се бави проучавањем утицаја пута је Независна оцена доприноса пута на настанак саобраћајне незгоде са погинулим лицем. Геометријске карактеристике пута, као што су хоризонталне кривине, имају велики утицај на настанак саобраћајних незгода и тежину њихових последица. Хоризонталне кривине представљају критичне деонице пута на којима је повећан ризик настанка саобраћајних незгода, услед промене правца кретања, појаве бочних сила, промене попречног и подужног нагиба, ограничене прегледности и честог неусаглашавања између пројектованих и стварних брзина кретања. Саобраћајне незгоде у таквим условима настају услед губитка контроле над возилом, силаска возила са коловоза или судара са другим учесницима у саобраћају, што често као резултат даје тешке и смртне последице. Поред геометријских карактеристика пута, на настанак саобраћајне незгоде у кривини утицај има и непостојање саобраћајног знака којим се најављује опасна кривина, неадекватно смањење брзине кретања возила приликом наилаaska на кривину, стање коловоза услед падавина, итд.

Циљ овог истраживања је идентификација кључних фактора пута који утичу на настанак саобраћајних незгода и тежину њихових последица у хоризонталним кривинама, методом Независне оцено доприноса пута на настанак незгоде са погинулим лицем.

Предмет овог рада је утврђивање карактеристичних недостатака пута на настанак саобраћајних незгода у хоризонталним кривинама, анализом Извештаја независне оцено утицаја пута на настанак саобраћајних незгода са погинулим лицем у периоду од 2019. до 2024. године.

2. ЛИТЕРАРНИ ПРЕГЛЕД

У свету постоје бројна истраживања која проучавају безбедност саобраћаја у хоризонталним кривинама и њихов утицај на настанак саобраћајних незгода и последица. Према подацима федералне администрације за путеве, Сједињених америчких држава (2023), на хоризонталним кривинама догоди се око 25% укупног броја саобраћајних незгода, док је ризик од настанка саобраћајне незгоде у хоризонталној кривини до три пута већи у односу на настанак саобраћајне незгоде на правцу. Око три четвртине саобраћајних незгода у хоризонталним кривинама, повезано је са смртним исходима, у којима предњаче незгоде типа силазак возила са коловоза у кривини и удар у стабло дрвета, стену или други објект или превртање возила.

Резултати анализе модела утицаја хоризонталних кривина на настанак саобраћајних незгода примењених у студији Nadimi и др. (2025) показују да хоризонталне кривине радијуса мањег од 358 m захтевају посебну пажњу при пројектовању и уређењу околине. Такође када су у питању мотоциклисти, кривине радијуса мањег од 458 m, сматрају се веома опасним када је у питању ова категорија учесника у саобраћају. Поред тога, у ситуацијама када је брзина кретања возила на правцима пре оштре кривине већа од 23 m/s, повећава се вероватноћа настанка опасне ситуације/конфликта у зони хоризонталне кривине.

Qingyu Ma и др. (2020) су развили статистичке моделе који укључују параметре као што су радијус кривине, дужина кривине, промена правца пружања пута и саобраћајно оптерећење, са циљем квантификације утицаја појединих елемената инфраструктуре на безбедност саобраћаја. Резултати истраживања показују да смањење радијуса хоризонталне кривине доводи до значајног повећања ризика од настанка незгода, при чему је уочено да се на деоницама са мањим радијусом ризик може повећати и више од 2 пута у односу на деонице са већим радијусима.

У истраживању које су спровели Elvik и др. (2019), претраживањем литературе, односно доступних истраживања, анализиран је утицај радијуса хоризонталних кривина на ризик настанка саобраћајних незгода. Аутори су утврдили да постоји јасна и изражена зависност између радијуса кривине и нивоа безбедности, при чему се смањењем радијуса значајно повећава ризик од настанка незгода. Резултати показују да кривине са радијусом од око 150 m имају приближно 1,9 до 4,1 пута већи ризик у односу на кривине великог радијуса (око 1000 m), док се код кривина радијуса око 100 m ризик може повећати и до 8 пута. Међутим, такође су закључили и да мање растојање између кривина смањује ризик од незгоде у кривини, присуство других оштрих кривина у близини додатно смањује ризик, што доводи до закључка да путеви са више узастопних кривина не морају бити ризичнији од путева са дугим правцима и изолованим кривинама.

У раду Daidone и др. (2023) примењен је алат провере безбедности путне инфраструктуре заснован на iRAP/EuroRAP методологији, са циљем процене нивоа безбедности на делу примарне путне мреже Италије. Резултати истраживања показали су да примена оваквог приступа омогућава јасну идентификацију критичних деоница и дефинисање приоритетних мера, укључујући управљање брзином и инфраструктурна побољшања.

3. МЕТОДОЛОГИЈА

Први корак у истраживању представљало је прикупљање и анализа података. Подаци су прикупљени на основу Извештаја Независне оцено доприноса пута на настанак саобраћајне незгоде са погинулим лицем израђених у периоду од 2019. до 2024 године (у даљем тексту Извештај). Укупно је израђено 276 Извештаја. Сви подаци везани за уочене карактеристике, проблеме и недостатке пута (тип пута, правац пружања пута, радијус, недостатак хоризонталне сигнализације, недостак вертикалне сигнализације), подаци који се односе на саобраћајне незгоде (тип незгоде, утицајни фактори на настанак незгоде, алкохол и психоактивне супстанце код учесника незгоде, последице незгоде), као и подаци о доприносу пута на настанак незгоде тежину последица незгоде класификовани су у excel базу података.

Како би се анализирали недостаци пута, као и утицај пута на настанак незгоде са погинулим лицем у хоризонталној кривини, из формиране базе Извештаја независне оцено доприноса пута на настанак саобраћајне незгоде, издвојене су саобраћајне незгоде које су се догодиле у хоризонталној кривини. Укупно су издвојена 72 Извештаја независне оцено, који су даље представљали предмет овог истраживања.

Након издвајања Извештаја незгода које су се догодиле у хоризонталној кривини, уследила је детаљна анализа свих извештаја, како би се утврдили недостаци пута који су допринели настанку и тежини последица саобраћајних незгода и утврдили главни проблеми који утичу на настанак незгода у хоризонталним кривинама.

4. РЕЗУЛТАТИ

Од укупног броја Извештаја независне оцене доприноса пута на настанак саобраћајне незгоде (276), 26,1% чинили су Извештаји саобраћајних незгода које су се догодиле у хоризонталној кривини. По 21% саобраћајних незгода (по 15 СН) за које је спроведен метод Независне оцене, догодио се у 2022. и 2023. години. Затим 19% (14) у 2021. години и 17% (12) у 2019. години. Када је у питању расподела по месецима у току године, највећи број незгода са погинулим лицима догоди се у јуну (12 СН, односно 17% од укупног броја незгода), затим у новембру (10 СН, односно 14% од укупног броја незгода) и у јануару и октобру (по 7 СН, односно по 10% од укупног броја незгода).

У 26% укупног броја СН које су се догодиле у хоризонталној кривини, евидентирано је присуство алкохола код барем једног од учесника саобраћајне незгоде, док је у исто толико случајева присуство алкохола било непознато, односно није било могуће евидентирати присуство алкохола.

Од укупног број СН које су се догодиле у хоризонталној кривини, 78% незгода (56 СН) се догодило на градској саобраћајници, 15% на државном путу (11 СН) и 7% на некатегорисаном путу (5 СН). Када је у питању брзина која је ограничена на делу пута на коме се догодила саобраћајна незгода, у хоризонталној кривини, у око 51% укупног броја незгода у хоризонталној кривини, ограничење брзине било је до 50 km/h (37 СН), у 33% случајева (24 СН) ограничење брзине је било до 80 km/h, док је у 8% случајева ограничење брзине било до 40 km/h (6 СН).

Када је у питању тип терена (равничарски, брдовит или планински), од укупног броја незгода које су се догодиле у хоризонталној кривини у 72% укупног броја незгода тип терена био је равничарски (52 СН), док је у 26% укупног броја незгода тип терена био брдовит (19 СН) и у једном случају (1%) био је планински тип терена. Када је у питању подужни нагиб на месту на коме се догодила саобраћајна незгода, у хоризонталној кривини, у 47% незгода био је успон, у 44% незгода био је пад, а у 6% укупног броја незгода, коловоз је био без подужног нагиба, односно био је раван. У 23 случајева подужни нагиб био је мањи од 1%, у 13 случајева био је у распону од 1 до 2%, у 10 случајева подужни нагиб је био од 2 до 3% и у 22 случајева био је већи од 3% (са највћим нагибом од 20%).

Од укупног броја саобраћајних незгода које су се догодиле у хоризонталној кривини, када је у питању попречни нагиб, 37 саобраћајних незгода се догодило са попречним нагибом ка левој ивици коловоза, док је 28 саобраћајних незгода се догодило са попречним нагибом ка десној ивици коловоза. Када је у питању процентуална вредност попречног нагиба, у 23 саобраћајне незгоде попречни нагиб је био између 2 и 3%, 14 саобраћајних незгода између 3 и 4%, 13 незгода са попречним нагибом већим од 4% и 18 саобраћајних незгода са попречним нагибом мањим од 2%. Када је у питању радијус хоризонталне кривине на којој се догодила саобраћајна незгода, просечна вредност радијуса је 552 m.

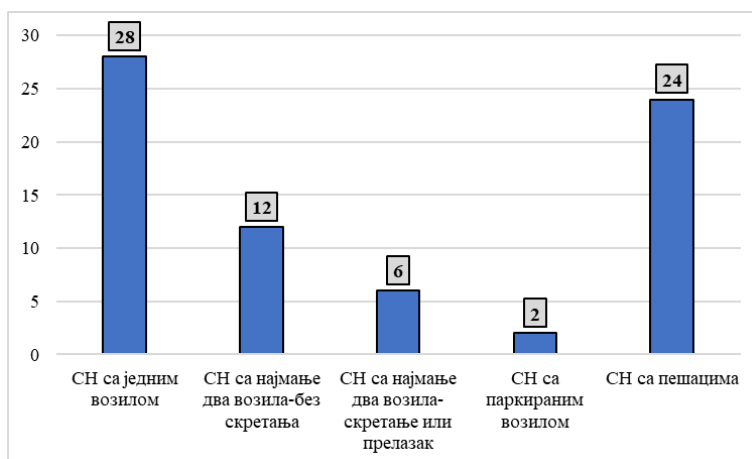


График 1 – Расподела саобраћајних незгода које су се догодиле у хоризонталној кривини у зависности од типа саобраћајне незгоде

УТИЦАЈ ХОРИЗОНТАЛНИХ КРИВИНА НА НАСТАНАК САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА, ПРИМЕНОМ МЕТОДА НЕЗАВИСНЕ ОЦЕНЕ УТИЦАЈА ПУТА НА НАСТАНАК САОБРАЋАЈНЕ НЕЗГОДЕ

Када је у питању стање површине коловоза у време када се догодила саобраћајна незгода у хоризонталној кривини, код 76% незгода коловоз је био сув, а 24% незгода влажан или мокар. Заштитна ограда је постојала само у 26% свих незгода које су се догодиле у хоризонталној кривини, док смерокази нису постојали у чак 97% незгода. Такође, у 38% незгода ознаке на коловозу биле су избледеле и слабо уочљиве, док у 26% незгода нису постојале ознаке на коловозу. Од укупног броја незгода, код 57% незгода није постојала ни вертикална саобраћајна сигнализација. Када је у питању утицај пута на настанак незгоде, код више од половине саобраћајних незгода анализираних методом независне оценом уочен је недостатак пута који је утицао на настанак незгоде (53%), док је у 38% саобраћајних незгода уочено да је постојао утицај пута и на тежину последица незгоде.

Анализом Графика 1, може се уочити да је највећи број саобраћајних незгода које су се догодиле у хоризонталној кривини, типа „СН са једним возилом“ и то укупно 28 незгода (38,9% од укупног броја незгода које су се догодиле у хоризонталној кривини), затим 24 незгоде типа „СН са пешацима“ и 12 саобраћајних незгода типа „СН са најмање два возила-без скретања“. Када су у питању саобраћајне незгоде са једним возилом, издвајају се саобраћајне незгоде типа 306 – саобраћајне незгоде са једним возилом – силазак у кривини (укупно 9 СН, односно 32,1% од укупног броја незгода са једним возилом) и незгоде типа 308 – незгоде са једним возилом и превртањем (укупно 5 СН, односно 17,9% од укупног броја незгода са једним возилом) (график 2 – легенда ознака приказаних на графику представљена је у табели 1).

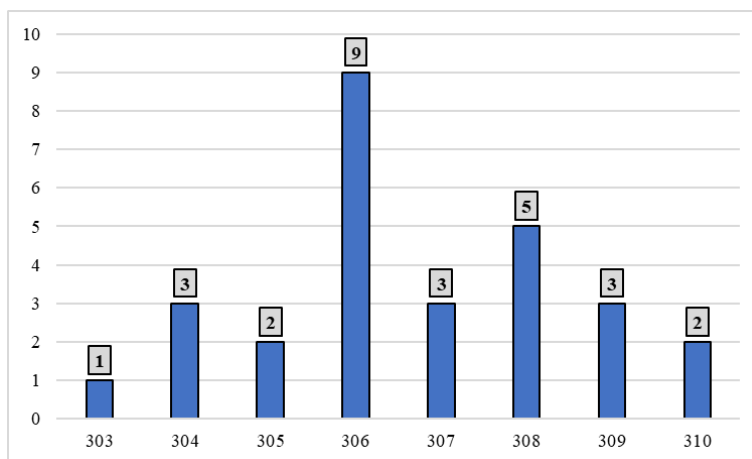


График 2 – Расподела саобраћајних незгода са једним возилом које су се догодиле у хоризонталној кривини

Табела 1 – Легенда типова саобраћајних незгода типа „Саобраћајна незгода са једним возилом“

Шифра типа незгоде	Значење
303	Незгоде са учешћем воза и друмског возила.
304	Незгода са једним возилом – силазак удесно са коловоза на правцу.
305	Незгода са једним возилом – силазак улево са коловоза на правцу.
306	Незгода са једним возилом – силазак са коловоза у кривини.
307	Незгода са једним возилом на коловозу.
308	Незгода са једним возилом и превртањем.
309	Незгоде са једним возилом у раскрсници или улазима.
310	Незгода са једним возилом без препрека на коловозу на непознат, неспецифициран начин.

Када су у питању најчешће препознати утицајни фактори пута, од стране стручног тима, који су у највећој мери утицали на настанак саобраћајних незгода у хоризонталним кривинама, издвајају се следећи утицајни фактори (График 3): 104 - неодговарајућа/непостојећа или недовољно уочљива саобраћајна сигнализација или опрема пута (препознат у 16 СН), а затим утицајни фактор 108 - утицај пружања пута (превој, усек, засек и сл.) (препознат у 9 СН). У табели 2 приказано је значење ознака (шифри) утицајних фактора коришћених на графику 3.

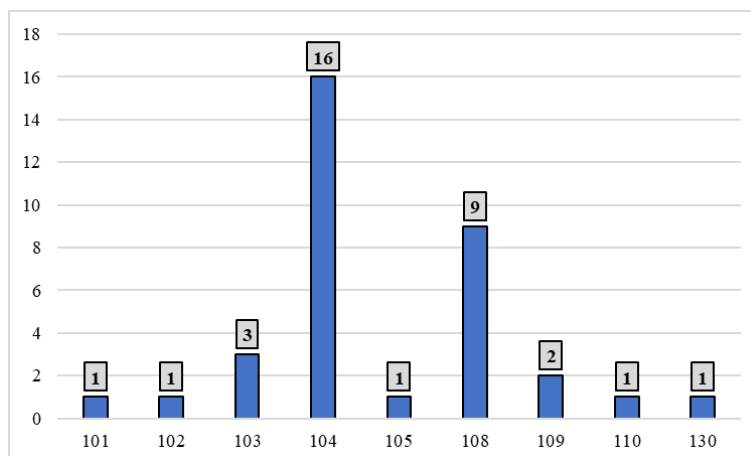


График 3 – Најчешће препознати УФ пута на настанак СН у хоризонталној кривини

Табела 2 – Легенда утицајних фактора настанка саобраћајних незгода

Шифра УФ	Значење
101	Лош или неадекватно одржан коловоз и околина (укључујући оштећења коловоза, ивичњака и сл.).
102	Пут прекривен уљем, блатом и сл.
103	Клизав коловоз због временских прилика.
104	Неодговарајућа/непостојећа или недовољно уочљива саобраћајна сигнализација или опрема пута.
105	Неисправни светлосни саобраћајни знакови.
108	Утицај пружања пута (превој, усек, засек и сл.).
109	Животиња или објект на коловозу.
110	Недостаци пешачких површина (непостојање површина за кретање пешака, неадекватна позиција, ширина или дужина, препреке на пешачким површинама и сл.).
130	Није дефинисан.

Након анализе најчешће препознатих утицајних фактора пута на настанак саобраћајних незгода у хоризонталној кривини издвајају се два утицајна фактора као најчешћа и који ће бити анализирани у наставку. Најчешће препознати утицајни фактори су:

1. Непостојање саобраћајног знака и
2. Утицај пружања пута (превој, усек, засек и сл.)

1.1 Непостојање саобраћајног знака

Правовремено информисање возача у саобраћају о потенцијалним проблемима, промени правца пружања пута, потенцијалним опасностима, итд. може имати велики утицај на вероватноћу настанка саобраћајне незгоде. Управо је непостојање адекватног саобраћајног знака, најчешће препознат утицајни фактор настанка саобраћајних незгода у хоризонталној кривини. Како би возач био правовремено информисан о постојању хоризонталне кривине или више узастопних кривина, односно о постојању промена у пружању трасе пута, потребно је постојање адекватне саобраћајне сигнализације.

Постављањем адекватне саобраћајне сигнализације, возач се информише и даје му се довољно времена да прилагоди начин вожње, у складу са потенцијалним опасностима или препрекама. Саобраћајни знакови I-1 („кривина удесно“), I-1.1 („кривина улево“), I-2 („више узастопних кривина од којих је прва надесно“) или I-2.1 („више узастопних кривина од којих је прва налево“) који се постављају на деоницама ван насеља, на удаљености од 150 до 250 m од опасности (Слика 1). Постављањем ових саобраћајних знакова, правовремено се врши информисање возача о постојању хоризонталне кривине и промени правца пружања пута. На тај начин, прилагођавањем начина вожње условима на путу, спречава се потенцијални настанак незгоде или силазак возила са коловоза у кривини, што је један од најчешћих типова саобраћајних незгода које се догоде у хоризонталној кривини.



Слика 1 – Непостојање саобраћајног знака за најаву опасне кривине

На деоницама ван насеља, уз постављени саобраћајни знак, на правилно уочавање промене правца пружања трасе пута имају и адекватно обележене хоризонталне ознаке на коловозу (разделна и ивичне линије) и такође постављени смерокази са обе стране коловоза. Посебно је битно постојање хоризонталних ознака и смероказа, у ноћним условима, где је у условима смањене видљивости, од великог значаја правовремено информисање возача о промени пружања трасе пута (Слика 2).



Слика 2 – Хоризонтална кривина и неуређена банкина

У посебним ситуацијама, као што су деонице са смањеном прегледношћу услед појаве растиња, дрвореда, објеката поред пута, итд. постављена адекватна саобраћајна сигнализација у великој мери смањује ризик од настанка саобраћајних незгода, посебно у хоризонталним кривинама, које су непрегледне или у вертикалним променама пружања пута (избочине, улегнућа, превој, итд.). Поред проблема уочавања пружања трасе пута, нпр. у хоризонталној кривини, услед постојања препрека поред пута, растиња и сличних услова у којима је смањена прегледност, са унутрашње стране хоризонталне кривине, смањена је и могућност правовременог уочавања возила који се креће у супротном смеру.

Поред непостојања саобраћајних знакова којима се најављује постојање хоризонталне кривине или више хоризонталних кривина, проблем представља и непостојање адекватног ограничења брзине на деоници пута на којој долази до промене у пружању трасе пута. На деоницама на којима после дугог правца долази до промене пружања трасе пута, услед неадекватног ограничења брзине, у складу са радијусом хоризонталне кривине, или друге опасности или услед касног информисања возача о постојању опасног дела пута, често долази до проласка возила неконтролисано кроз кривину, односно пролазак кроз кривину неприлагођеном брзином, губитка управљивости и стабилности над возилом, силаска возила са коловоза у кривини, настанка саобраћајне незгоде, итд. Постављањем адекватног саобраћајног знака и на одговарајућем месту, који се односи на брзину кретања возила на делу пута са опасним карактеристикама, возач се правовремено информисе о условима и стању пута, повећава се могућност возача да правилно реагује, без појаве наглих покрета, итд.

Још један негативан утицај пута на настанак саобраћајне незгоде, пристуан је у комбинацији промене правца пружања пута (хоризонтална кривина) и променама у вертикалном пружању пута (вертикална кривина, односно избочине и улегнућа), што додатно доприноси губитку управљивости, контроле и стабилности над возилом и настанка саобраћајне незгоде, а посебно у ситуацијама неприлагођене брзине.

Поред утицаја на ризик од настанка незгоде, услед неприлагођене брзине условима и стању пута, неприлагођена брзина такође има утицај и на тежину последица саобраћајних незгода. Наиме, са већом брзином кретања, услед настанка саобраћајне незгоде, теже су и последице исте. Такође, на смањење тежине последица саобраћајних незгода у хоризонталним кривинама има утицај и адекватно постављена заштитна ограда.

Улога заштитне ограде је да уколико дође до настанка саобраћајне незгоде, задржи возило на коловозу и спречи потенцијални удар возила у пасивно небезбедне елементе поред коловоза, стабло дрвета и сл. Међутим, заштитна ограда може утицати и на повећање тежине последица саобраћајне незгоде у ситуацијама када није адекватно постављена, када почетно завршни или прелазни елементи нису адекватно израђени или уколико није постављена у довољној дужини поред коловоза. Посебно је значајна заштитна ограда у хоризонталним кривинама, где је повећан ризик од настанка саобраћајних незгода и силаска возила са коловоза.

1.2. УФ 108 - Утицај пружања пута (превој, усек, засек и сл.)

Пут са својим карактеристикама и елементима мора да укаже учесницима у саобраћају на начин безбедног понашања (концепт самообјашњавајућих путева). Изненадна и ненајављена промена пружања пута, након дугих праваца, у супротности је са концептом самообјашњавајућих путева. Овај недостатак може утицати на неблагоприятно смањење брзине и закаснило прилагођавање начина вожње приликом наилаaska и проласка кроз хоризонталну кривину мањег радијуса.

Промене у правцу пружања пута (хоризонтална или вертикална кривина) имају веома велики допринос настанку саобраћајне незгоде. Посебно опасне ситуације су комбинација неадекватног ограничења брзине и пружање пута у хоризонталној кривини, што уз појаву мокрог коловоза и задржавања воде на коловозу значајно доприноси настанку незгоде. Наиме, задржавањем воде на коловозу, смањује се гранична брзина проклизавања приликом проласка возила кроз кривину чиме се повећава вероватноћа силаска возила са коловоза и настанка саобраћајне незгоде.

Опасне ситуације представља и комбинација више узастопних кривина различитих радијуса и различитих усмерења (удесно или улево) (Слика 3), након дугих праваца, затим комбинација различитих попречни и подужни нагиба коловоза и витоперење коловоза што повећава ризик од настанка саобраћајне незгоде у хоризонталној кривини.

Пут у хоризонталној кривини, са негативним попречним нагибом (супротног усмерења), такође може утицати на дестабилизацију возила и настанак саобраћајне незгоде. Неусклађен и неусаглашен однос радијуса две узастопне хоризонталне кривине, са изузетно кратком прелазницом, која не одговара дужини потребној за излазак возила из једне и уласку возила у другу хоризонталну кривину, може имати утицаја на ризик од настанка саобраћајних незгода приликом проласка возила у хоризонталној кривини.



Слика 3 - Пружање трасе пута

Повећан ризик од настанка и тежине последица незгоде је и постојање раскрсница или прелаза пута преко железничке пруге у нивоу у зони хоризонталне кривине. На овај начин повећава се вероватноћа настанка саобраћајних незгода и тежине последица истих.

Прелазак пута преко железничке пруге која се налази на успону, односно на нагибу, доприноси повећаном проблему заустављања испред железничке пруге и адекватног сагледавања саобраћајне ситуације. Такође, утиче се и на прегледност приликом проласка кроз хоризонталну кривину и неадекватног прилагођавања саобраћајној ситуацији (Слика 4).



Слика 4 – Две узастопне кривине и растиње са обе стране коловоза

Неусаглашеност ограничене брзине са геометријским карактеристикама коловоза (ширином, радијусом, попречним нагибом и сл.) би могао довести возача путничког возила у забуну у вези са безбедном брзином проласка хоризонталном кривином, а што може имати утицаја на прелазак возила на супротну коловозну траку и настанак саобраћајне незгоде. Непостојање проширења коловоза у хоризонталној кривини, у односу на ширину коловоза на правцу, може имати утицаја на немогућност безбедног проласка возила хоризонталном кривином, без преласка на супротну коловозну траку, при дозвољеној брзини.

5. ДИСКУСИЈА

Након анализе Извештаја независних оцена доприноса пута на настанак саобраћајних незгода са погинулим лицима, може се рећи да је потврђен негативан утицај појединих карактеристика пута на незгоде које су се догодиле у хоризонталној кривини. Од укупног броја анализираних Извештаја Независне оцене доприноса пута на настанак незгоде са погинулим лицем, чак 26,1% Извештаја односило се на саобраћајне незгоде које су се догодиле у хоризонталној кривини.

У више од половине анализираних саобраћајних незгода које су се догодиле у хоризонталној кривини, пут је имао одређени допринос настанку незгоде (у 53% укупног броја саобраћајних незгода), док је у 38% саобраћајних незгода пут имао утицаја и на тежину последица саобраћајних незгода. Овакви подаци потврђују став да пројектовање безбедних путева, односно примена концепта „опраштајућих“ путева има све више смисла и значаја за унапређење безбедности саобраћаја, са аспекта путне инфраструктуре.

Као најчешћи тип саобраћајних незгода у хоризонталним кривинама је тип незгоде силазак возила са коловоза у кривини, док су најчешћи утицајни фактори пута на настанак таквих саобраћајних незгода непостојање или неадекватна саобраћајна сигнализација и утицај пружања пута (превој, засек, усек и сл.). Непостојање одговарајуће сигнализације или њена неадекватна примена значајно утиче на ризик од настанка саобраћајних незгода у хоризонталним кривинама. Наиме, улога саобраћајних знакова је правовремено информисање возача о потенцијалним опасностима, па стога, уколико иста не постоји или је неадекватна, повећава се ризик од настанка саобраћајних незгода. Услед недостатка саобраћајних знакова који најављују промене у пружању трасе пута, хоризонталне кривине, избочина или улегнућа, промене нагиба коловоза, долази до неблаговременог прилагођавања возача променама карактеристика пута. У том случају, приликом наилаaska на хоризонталну кривину, услед неприлагођене брзине или неадекватне најаве опасне кривине, након дугог правца, може доћи до губитка контроле и управљивости над возилом, губитка стабилности, превртања и настанка саобраћајне незгоде. Такође, непостојање смероказа, које је уочено у 97% ситуација, као ни јасно обележених разделних и ивичних линија, у великој мери утиче на информисање возача о промени правца пружања трасе пута.

Просечан радијус износи 552 m, што указује да се саобраћајне незгоде догађају и у хоризонталним кривинама великог и малог радијуса. Аутори Nadimi и др. (2025) и Elvik и др. (2019), указују на повећан ризик од настанка саобраћајних незгода у хоризонталним кривинама малог радијуса.

Nadimi и др. (2025) су дошли до резултата да хоризонталне кривине радијуса мањег од 358 m захтевају посебне мере пројектовања и уређења пута. Elvik и др. (2019) су анализом литературе дошли до резултата да кривине радијуса мањег од 150 m повећавају ризик од настанка незгоде до 4,1 пута, док кривине радијуса мањег од 100 m повећавају ризик чак и до 8 пута. На посебну пажњу указује податак да се значајан број незгода догодио на градским саобраћајницама (78%), што указује на потребу унапређења путне инфраструктуре и у урбаним срединама, а не само на саобраћајницама ван насеља. Додатно, присуство алкохола у 26% случајева указује на међусобно деловање више фактора, међу којима је доминантан фактор човек, при чему инфраструктура може имати кључну улогу у ублажавању последица ризичног понашања, прецизније концепт „опраштајућих“ путева.

6. ЗАКЉУЧАК

Хоризонталне кривине представљају критичне елементе путне инфраструктуре, чије карактеристике у значајној мери утичу на ризик од настанка саобраћајних незгода. Анализом саобраћајних незгода, методом независне оцене доприноса пута на настанак саобраћајних незгода са погинулим лицима, указано је да фактор пут има велики допринос на настанак и тежину последица саобраћајних незгода у хоризонталним кривинама.

Резултати показују да су кључни недостаци путне инфраструктуре у хоризонталним кривинама пре свега повезани са непостојањем или неадекватно постављеном саобраћајном сигнализацијом, неповољним геометријским карактеристикама пута, као и недостатком заштитних елемената. Посебно се истиче податак да је у више од половине анализираних незгода идентификован утицај пута, што указује на велики значај унапређења безбедности путне инфраструктуре. Унапређење безбедности саобраћаја у хоризонталним кривинама треба да буде засновано на системском приступу који обухвата: постављање адекватне вертикалне и хоризонталне сигнализације, усклађивање ограничења брзине са геометријским карактеристикама пута, примену смероказа и других елемената визуелног вођења, као и постављање заштитних ограда на критичним деоницама. Поред тога, неопходно је обезбедити боље одржавање постојеће инфраструктуре, као и примену концепта самообјашњавајућих и опраштајућих путева.

Литература

- [1] Elvik, R. (2019). *The more (sharp) curves, the lower the risk*. Accident Analysis & Prevention, 133, 105322. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105322>.
- [2] Daidone, L., Pagliari, E., Pennisi, L., Caporali, E., Mazzia, E., & Tiberi, P. (2023). *Road infrastructure inspections to assess the road network according to the iRAP/EuroRAP methodology*. Transportation Research Procedia, 69, 743–750. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.098>.
- [3] Ma, Q., Yang, H., Wang, Z., Xie, K., & Yang, D. (2020). *Modeling crash risk of horizontal curves using large-scale auto-extracted roadway geometry data*. Accident Analysis & Prevention, 144, 105669. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105669>.
- [4] Nadimi, N., Fathipour, H., & Sheykhsfard, A. (2025). *Assessing safety in horizontal curves using surrogate safety measures and machine learning*. Scientific Reports, 15, 12384. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97384-7>.
- [5] Federal Highway Administration. (2023). *Horizontal curve safety*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation https://highways.dot.gov/safety/rwd/keep-vehicles-road/horizontal-curvesafety?utm_source=chatgpt.com.
- [6] Агенција за безбедност саобраћаја. (2025). *Извештај о стању безбедности саобраћаја у Републици Србији за 2024. годину*. Београд: АБС.
- [7] World Health Organization. (2023). *Global status report on road safety for 2021*. Geneva: World Health Organization.
- [8] European Commission. (2019). *Handbook on the external costs of transport – Version 2019*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2832/51388>.