

Metoda sanacije opasnih mjesta na cestama uz pomoć georeferenciranoga videozapisa

Brek, Predrag

Doctoral thesis / Disertacija

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:181122>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-02**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Predrag Brlek

**METODA SANACIJE OPASNIH MJESTA
NA CESTAMA UZ POMOĆ
GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2017.



University of Zagreb

FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC SCIENCES

Predrag Brlek

**METHOD OF SANATION OF
DANGEROUS SPOTS ON ROADS WITH
THE USE OF GEO-REFERENCED VIDEO**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2017.



Sveučilište u Zagrebu

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Predrag Brlek

**METODA SANACIJE OPASNIH MJESTA
NA CESTAMA UZ POMOĆ
GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

prof. dr. sc. Ivan Dadić

izv. prof. dr. sc. Goran Kos

Zagreb, 2017.



University of Zagreb

FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC SCIENCES

Predrag Brlek

**METHOD OF SANATION OF
DANGEROUS SPOTS ON ROADS WITH
THE USE OF GEO-REFERENCED VIDEO**

DOCTORAL THESIS

Supervisors:

prof. Ivan Dadić, Ph D

prof. Goran Kos, Ph D

Zagreb, 2017.

PODACI I INFORMACIJE O DOKTORANDU

1. Ime i prezime: **mr. sc. Predrag Brlek, dipl. ing. prom.**
2. Datum i mjesto rođenja: **09. veljače 1971., Varaždin**
3. Naziv završenoga fakulteta i godina diplomiranja: **Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 1998.**
4. Naziv fakulteta i godina obrane znanstvenoga magistarskog rada: **Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2004.**

INFORMACIJE O DOKTORSKOMU RADU

1. Naziv doktorskoga studija: **Tehnološki sustavi u prometu i transportu**
2. Naslov doktorskoga rada: **Metoda sanacije opasnih mjesta na cestama uz pomoć georeferenciranoga videozapisa**
3. Fakultet na kojem je doktorski rad branjen: **Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu**

POVJERENSTVA, OCJENA I OBRANA DOKTORSKOGA RADA

1. Datum prijave doktorskoga rada: **28. siječnja 2009.**
2. Mentori: **prof. dr. sc. Ivan Dadić, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; izv. prof. dr. sc. Goran Kos, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu**
3. Povjerenstvo za obranu i ocjenu doktorskoga rada:
 1. izv. prof. dr. sc. **Grgo Luburić**, predsjednik
 2. prof. dr. sc. **Ivan Dadić**, mentor, član
 3. izv. prof. dr. sc. **Goran Kos**, mentor, član
 4. prof. dr. sc. **Andelko Ščukanec**, član
 5. prof. dr. sc. **Damir Medak** (Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu), vanjski član
 6. izv. prof. dr. sc. **Jasna Blašković Zavada**, zamjena
4. Lektorica: **Valentina Šinjori**, prof.
5. Datum obrane doktorskoga rada: **20. siječnja 2017.**

SAŽETAK

Problem istraživanja doktorske disertacije jest iznalaženje načina za povećanje sigurnosti prometa, analizom uzroka i načina događanja prometnih nesreća u vozačevoj okolini. Te razlike su često presudan faktor nastanka prometne nesreće. Brojne prometne nesreće nastaju zbog neodgovarajućeg razumijevanja informacija o pružanju ceste i njenim elementima. Osnovna funkcija prometne signalizacije (i okoline ceste) je da pravilno djeluje na ponašanje vozača. Svrha izrade doktorske disertacije je definirati novu metodu analize i sanacije opasnih mjesta izmjenom vozačeve okoline kako bi sudionici u prometu blagovremeno, jasno i nedvosmisleno, i u nepovoljnim uvjetima, uočili opasnost na cesti i time izbjegli prometne nesreće.

Problemi sigurnosti cestovnog prometa rezultat su kompleksnog međuovisnog djelovanja četiri skupine sudionika, od kojih tri skupine predstavljaju neposredni sudionici u prometu (cesta, vozilo, sudionik - vozač, pješak, putnik i sl.) te neizravni sudionici u prometu u koje spadaju svi oni koji su sudjelovali ili sudjeluju u osmišljavanju, uspostavljanju, organizaciji i upravljanju sustavom cestovnog prometa (projektanti, graditelji, oni koji održavaju ceste i vozila, donose propise ili obrazuju ili na drugi neizravan način sudjeluju u oživotvorenju sustava cestovnog prometa. Okolina ceste, osobito na opasnim mjestima, mora biti takva da bude posredna, ali nedvosmislena i jasna informacija koju će vozač i u uvjetima loše vidljivosti i relativnog umora prepoznati te će primjereno postupiti radi izbjegavanja prometne nesreće.

Istraživanja pokazuju da se izmjenom okoline, sa stajališta sigurnosti prometa, uz vrlo male investicije može sanirati najveći broj opasnih mjesta, tzv. crnih točaka, u cjelini, a djelomično sve. Jedan od ciljeva Europske unije je i smanjenje smrtnih slučajeva za 50 posto na cestama. Kao jedna od metoda za povećanje sigurnosti na cestama spominje se i posebno označivanje crnih točaka te sastavljanje popisa crnih točaka na trans-europskoj mreži cesta, koje će biti označene, između ostalog, i brojem žrtava na toj crnoj točki. Primjenom Metode sanacije opasnih mjesta na cestama uz pomoć georeferenciranoga videozapisa taj je cilj ostvariv.

Ključne riječi: sanacija opasnih zavoja, georeferencirani videozapis

EXTENDED SUMMARY

Problem of the research of the doctor's thesis in the wider sense is identifying ways to increase traffic safety and in wider sense create a list of dangerous spots on the traffic road network of the Republic of Croatia in a way, which is accordant to the European Union. Analysis of causes and ways of happening of traffic accidents shows to the differences in drivers surroundings. Such differences often represent critical factor of traffic injury occurrence.

Numerous traffic accidents occur because of inappropriate understanding of information on road and its elements. Basic function of the traffic signalization (and road surroundings) is to correctly impact driver's behaviour. Road surrounding consists of standard and nonstandard signalization and other parts of the road, as the picture in sight of the driver. The purpose of creating doctor's thesis is to define new method of analysis. Surrounding of the road consists of standard and nonstandard signalization and other parts of the road, as the image of total space in the sight area of the driver. The purpose of the doctor's thesis is to define the new method of analysis and recovery of dangerous spots by changing the driver's surroundings in order to enable the traffic participants to notice timely, clearly and unambiguously, even in unfavourable conditions, danger on the road and thus avoid traffic accidents. This would contribute to the development of the credible scientific method, which will with significantly higher probability achieve exact conclusions and optimal solutions. The goal is to increase road traffic safety with minimal costs and to provide methodological guidelines for recovery of dangerous spots with this method.

Doctor's thesis is continuing research which was earlier performed in the Institute for Traffic and Transportation. Studying the perception of the elements of perspective picture from the driver's surroundings, which contribute to traffic safety of this part of the road enables that the road surroundings is changed or designed, in a way to clearly and timely provide all the necessary information about road danger under practically every conditions. Road traffic safety issues are the result of complex interdependent activity of four groups of participants, out of which three groups represent direct traffic participants (the road, the vehicle, participant – driver, pedestrian, passenger etc) and

indirect traffic participants which are all these who participated or are participating in designing, establishing, organization and management of the road traffic system (designers, builders, persons in charge for road and vehicles maintenance, create legislation or educate or in any other way participate in bringing the road traffic system to life.

The information on how the road is placed in the space of horizontal and vertical curve or crossroads may often be obtained only by mediation of the road surroundings. Therefore the road surroundings, especially on the dangerous spots, should be such that it is indirect, but unambiguous and clear information which the driver may even in the time of bad visibility and relative fatigue recognise, and will act appropriately to avoid traffic accident. Researches indicate that change of the surroundings, from the traffic safety, with minor investments, may recover majority of the so called black spots, in total, and partially all. Construction-technical reconstruction of greater proportions or only change of pavements may and should be performed only in case of special traffic requirements.

On the basis of experimental research, applied on eight recovered dangerous spots, by using the central projection method (mathematical, graphical, fieldwork and photographic) in designing of the traffic signalization, number of traffic accidents is decreased by 30-70 percent. Further scientific-research work and gaining practical experience will enable wider usage of changing of drivers surroundings methodology through the methods based on central projection. Central projection, combined with georeferenced video footage, in searching desired look of the change of the driver's surroundings may give significant contribution in analysis of the current situation and even more in designing the new desired condition.

One of the European Union goals is decrease of the death cases by 50% on the roads. One of the mentioned methods to increase road safety is as well special marking of the black spots and creating their list on the trans-european road network which will be marked among other by the number of victims on the black spot. By applying the Method of recovering dangerous spots on the roads with the help of georeferenced video footage, this goal may be achieved.

Keywords: sanation of dangerous curves, georeferenced video

SADRŽAJ

SAŽETAK

EXTENDED SUMMARY

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 1.1 | Problem istraživanja i znanstvena hipoteza | 1 |
| 1.2 | Svrha i cilj istraživanja | 3 |
| 1.3 | Pregled dosadašnjih istraživanja..... | 3 |
| 1.4 | Metode istraživanja..... | 6 |
| 1.5 | Kompozicija rada..... | 6 |
| 2 | IDENTIFIKACIJA OPASNOG MJESTA..... | 9 |
| 2.1 | Metodologija određivanja opasnih mjesta na cestama | 9 |
| 2.2 | Statistička analiza podataka o prometnim nesrećama | 14 |
| 3 | METODE SANACIJE OPASNIH MJESTA IZMJENOM VOZAČEVE OKOLINE | 29 |
| 3.1 | Grafička metoda za određivanje položaja znakova | 31 |
| 3.2 | Terenska metoda za određivanje položaja znakova..... | 33 |
| 3.3 | Fotografska metoda za određivanje položaja znakova | 33 |
| 3.4 | Matematička metoda za određivanje položaja znakova | 35 |
| 3.5 | Principi postavljanja vertikalne signalizacije | 42 |
| 4 | GEOREFERENCIRANI VIDEOZAPIS..... | 47 |
| 4.1 | Općenito o georeferenciranom videozapisu | 48 |
| 4.2 | Prikupljanje podataka | 52 |
| 4.3 | Evidencija i vođenje podataka | 53 |
| 5 | METODA SANACIJE OPASNIH MJESTA UPOTREBOM GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA | 58 |
| 5.1 | Primjer označivanja opasnog zavoja upotrebom georeferenciranoga videozapisa ... | 61 |
| 5.1.1 | Primjer postavljanja znakova na državnoj cesti | 66 |
| 5.1.2 | Primjer postavljanja znakova na županijskoj cesti..... | 71 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1.3 | Primjer postavljanja znakova na lokalnoj cesti | 76 |
| 6 | OCJENA UČINKOVITOSTI UPOTREBE GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA U SANIRANJU OPASNIH MJESTA | 82 |
| 6.1 | Doprinos smanjenju prometnih nesreća | 87 |
| 6.2 | Ekonomski doprinosi | 92 |
| 6.3 | Sustav upravljanja cestovnom sigurnošću | 96 |
| 7 | ZAKLJUČAK | 98 |
| | LITERATURA | 101 |
| | Popis slika | 110 |
| | Popis tablica | 111 |
| | Popis grafikona | 112 |
| | Životopis | 113 |

1 UVOD

1.1 Problem istraživanja i znanstvena hipoteza

Tema sigurnosti prometa posljednjih je godina vrlo aktualna na svjetskoj razini. Svakodnevno bombardiranje faktografskim činjenicama o stradalima u prometu, prvenstveno cestovnom, potiče primjenu suvremenih tehnologija u razvoju prometa te znatno utječe i na sigurnost prometa, a time i na općeniti razvoj društva u cjelini.

Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije (World Health Organisation) smrtnost od posljedica prometnih nesreća na osmom je mjestu svjetske smrtnosti općenito, a predviđa se da će do 2030. godine doći na peto mjesto te nepopularne ljestvice [1]. Na temelju tih podataka Generalna skupština Ujedinjenih naroda u suradnji s pokretačem Svjetskom zdravstvenom organizacijom krenula je u globalnu akciju *Desetljeće sigurnosti cestovnog prometa 2011. – 2020.* Tom akcijom se, između ostalog, planira u svijetu za 50% smanjiti broj smrtno stradalih u prometu. Time bi se spasilo više od pet milijuna ljudi u svijetu.

Još je ambiciozniji plan švedski pristup sigurnosti prometa nazvan „Vision Zero“ (Vizija nula). Glavni cilj ovoga plana može se sažeti u jednu jedinu rečenicu: „Nijedan gubitak života nije prihvatljiv“.¹ Šveđani polaze od pretpostavke da smo svi mi ljudi i da činimo pogreške. Stoga je potreban strog učinkovit prometni sustav koji će korigirati ljudske pogreške. U današnje vrijeme prometni sustavi dizajnirani su i izgrađeni za primanje maksimuma kapaciteta i mobilnosti, a ne za sigurnost.

Cestovna mreža čimbenik je sigurnosti prometa, na cestama se stoga različitim tehničkim rješenjima i izvedbama prometnica i njenih elemenata znatno utječe na uvjete odvijanja prometa te neposredno i posredno i na sigurnost cestovnoga prometa.

Od osamostaljenja Republike Hrvatske izgradnjom se cestovne mreže visoke razine uslužnosti, sanacijom opasnih mjesta na prometnicama i drugim dostignućima mnogo više nego do tad utjecalo na povećanje sigurnosti prometa.

¹Inicijativa „Vision Zero“ (Vizija nula) (<http://www.visionzeroinitiative.com>)

Ipak, još uvijek se Republika Hrvatska nalazi iznad europskog prosjeka po broju prometnih nesreća, broju poginulih i ozlijeđenih. Stoga su potrebne daljnje akcije vezane uz sigurnost prometa na cestama.

Prema podacima MUP-a [2] godišnje se na cestama izvan naselja² dogodi oko 18 posto prometnih nesreća³, no na tim istim mjestima pogine preko 40 posto od ukupnog broja poginulih. Uz podatak da zavoji kao mjesta događanja nesreća u Republici Hrvatskoj sudjeluju s približno istim postotkom od 18 posto, a u zavojima pogine preko 35 posto ukupnog broja poginulih, ovo istraživanje dobiva još veći značaj jer bi se sanacijom opasnih zavoja ove brojke mogle umanjiti. Ovim se radom predstavlja kombinacija globalnog trenda i švedskog pristupa u povećanju sigurnosti prometa.

Metoda sanacije opasnih mjesta na cestama uz pomoć georeferenciranoga videozapisa nastavak je istraživanja obuhvaćenog u magistarskom znanstvenom radu *Metode centralne projekcije prometne signalizacije na cestama* u kojemu je pokazano kako se primjenom metoda koje koriste centralnu projekciju pri projektiranju i izmjeni standardne i nestandardne prometne signalizacije mogu postići izvanredni učinci za sigurnost prometa. To dokazuju rezultati primijenjeni u praksi.

Metodama sanacije opasnih mjesta izmjenom vozačeva okruženja upotrebom centralne projekcije poboljšano je stanje sigurnosti na saniranim opasnim mjestima. Na tim se raskrižjima i zavojima broj nesreća drastično smanjio, a broj je poginulih smanjen za preko 90 posto. Pri sanaciji opasnih mjesta ovim metodama koristili su se minimalni građevinski zahvati, a naglasak je bio na izmjeni vozačeve okoline i to postavljanjem prometnih znakova i uređenjem cestovnoga okružja kako bi se time osiguralo da vozač pravovremeno tijekom vožnje prima upozorenja o opasnim dijelovima ceste, a time i uočava opasnost te stigne prilagoditi brzinu vožnje uvjetima na prometnici.

Georeferencirani videozapis omogućava pogled na infrastrukturu iz vozačeve perspektive i to u laboratorijskim uvjetima koji su bitno drukčiji od uvjeta na terenu, što olakšava analizu. Kako bi se pojednostavilo postavljanje znakova, formirana je nova metoda njihova postavljanja upotrebom softverskog programa.

² Ovdje su uključene i prometne nesreće na autocestama

³ Pojam prometna nesreća ovdje se koristi u smislu događaja definiranog Zakonom o sigurnosti prometa na cestama (NN67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15) bez obzira na posljedice koje pri tome nastaju.

U skladu s problemom istraživanja postavljena je znanstvena hipoteza prema kojoj će se novom metodom moći bolje, brže i preciznije odrediti mjesta postavljanja prometnih znakova u opasnim zavojima te tako još više pridonijeti povećanju sigurnosti cestovnoga prometa.

1.2 Svrha i cilj istraživanja

Svrha je izrade doktorske disertacije *Metoda sanacije opasnih mjesta na cestama uz pomoć georeferenciranoga videozapisa* definirati novu metodu sanacije opasnih mjesta izmjenom vozačeve okoline. Novom metodom poboljšane su metode istraživanja i analize prometnih nesreća kvalitetnijim informacijama nego što je bio slučaj dosad te su izneseni novi prijedlozi za projektiranje i postavljanje prometne signalizacije u zavojima.

Cilj je doktorske disertacije povećanje sigurnosti cestovnog prometa uz najmanje moguće troškove te prikaz metodoloških smjernica za sanaciju opasnih mjesta ovim metodama.

1.3 Pregled dosadašnjih istraživanja

Potrebu „izmjene vozačeve okoline“ kao predmeta poboljšanja sigurnosti prometa navode Dadić i drugi [3], a ta istraživanja kasnije su inkorporirana u studiji *Metodologija za istraživanje utjecaja ceste i njene okoline na događanje prometnih nesreća i iznalaženje mjera za njihovo otklanjanje* (1993) izrađenoj u Institutu prometa i veza. Temeljem spomenute metodologije i *Priručnika za označivanje zavoja na cestama* (1997) u Institutu prometa i veza izrađeno je nekoliko prometnih projekata za povećanje sigurnosti prometa, od kojih su neki:

- *Studija opravdanosti rekonstrukcije i modernizacije dionice županijske ceste 5126 od Velike Plane do Pazariškog Bakovca*, Zagreb, 2001.
- *Studija opravdanosti rekonstrukcije dijela Ulice bana Josipa Jelačića – Šubićevac u Šibeniku*, Zagreb, 2001.
- *Projekt sanacije opasnih zavoja u Klinča selu*, Zagreb, 2003.
- *Analiza prometne signalizacije i sigurnosti prometa na autocesti Rijeka - Zagreb*, Zagreb, 2005.
- *Analiza učinaka regulacije prometnih tokova za vrijeme odvijanja radova na autocesti*, 2006.

Svi spomenuti radovi analizirajući mjesta na kojima se događa veći broj prometnih nesreća, stavljaju u prvi plan izmjenu vozačeve okoline i to na način da vozač u budućnosti pravovremeno uoči opasnost i reagira na nju na zadovoljavajući način [4], a izrađeni su metodama predstavljenim u magistarskom radu *Metode centralne projekcije prometne signalizacije na cestama* [5].

Kasnija istraživanja dovode do upotrebe spomenutih metoda novijim tehnologijama, odnosno označivanjem zavoja pomoću georeferenciranoga videozapisa [6] [7] [8], što je i tema ove disertacije.

Pregled dosadašnjih istraživanja u svijetu pokazuje da postoje istraživanja metodologije lakšeg prepoznavanja prometnih znakova i davanja vrlo vrijednih informacija o cesti vozačima, kako bi vožnju učinili sigurnijom i lakšom [9].

Istraživanje u Švedskoj, koje je usporedilo podatke više od 3.000 prometnih nesreća [10] s podacima o prometnicama na kojima su se te nesreće dogodile, zaključuje da su zavoji najopasnije dionice prometne mreže. Također, tim je istraživanjima dokazano da su desni zavoji s većim promjerom opasniji od lijevih zavoja, prvenstveno kod promjena traka.

Kako je ustanovljeno da su zavoji neki od najkritičnijih dijelova cestovne mreže, zbog visokog postotka prometnih nesreća, dosta je istraživanja posvećeno boljem razumijevanju parametara koji pogoršavaju sigurnost horizontalnih zavoja. Jedno od istraživanja, koje je najbliže temi ove disertacije, bavi se evaluacijom sigurnosnih performansi horizontalnih zavoja analizom dinamičkih signala vozila kao što su lateralna akceleracija i brzina te kvantitativna analiza problema izmjena traka u zavoju [11]. U tim istraživanjima obrađeno je 96 zavoja, a kao najopasniji dio zavoja naznačen je ulazak u zavoj što je upravo u suglasnosti s postavkama ove disertacije, gdje se naglasak na opasnost postavlja upravo na početak zavoja.

U dosadašnjim istraživanjima i pri projektiranju zavoja pretpostavka je da je sigurnosni rizik konstantan tijekom cijelog zavoja, no u spomenutom istraživanju nisu dana rješenja za povećanje sigurnosti u horizontalnim zavojima.

Osim zaključaka ovog istraživanja dokazano je da su zavoji na dvosmjernim cestama opasniji od onih na autocestama ili brzim cestama, ali je utvrđeno da označivanje zavoja prometnim znakovima za opasan zavoj ne daje poseban značaj sigurnosti prometa, odnosno da su posrijedi neki drugi čimbenici koji utječu na vozača u zavoju [12].

Istraživanja u Portugalu [13] pokazala su da je jeftinim (*low-cost*) mjerama pri intervencijama u dijelove prometnica, koji su označeni kao opasna mjesta, moguće povećati sigurnost i preko 30 posto. Zaključeno je da takva rješenja daju brze rezultate te opravdavaju povoljne odnose koristi i troškova. S obzirom da je razrada dosadašnjih metoda [5] donijela povećanje sigurnosti i do 90 posto, moguće je zaključiti da će se i rješenja ovom metodom nalaziti u relaciji između 30 i 90 posto.

U novije su vrijeme, upotrebom geografskih informacijskih sustava (GIS), cestovne karte postale su dostupnije i korisnije, a osim vozačima služe i prometnim projektantima i planerima kao izvor za vađenje podataka o dijelovima prometnica. Tako je razvijen i implementiran poseban algoritam koji se koristi kao dodatni alat u ArcMap programima kojima je moguće automatski izračunati duljinu, radijus i kut zavoja [14].

Upotrebom geografskih informacijskih sustava razvijaju se razne metode prikupljanja podataka o prometnim nesrećama jer je moguće analizirati više podataka nego je dosada bilo moguće te se na taj način mogu razviti nove metode za evaluaciju prometnih nesreća i mapiranje najopasnijih mjesta na prometnicama. Tako je sada moguće pomoću povijesnih podataka predvidjeti potencijalna opasna mjesta te ih zadovoljavajućim i odgovarajućim metodama sanirati. Metode koje se ističu kao najodrživije su metoda označivanja opasnih mjesta pomoću „vrućih mapa“ [15] i metoda kojom se određuju „kritični dijelovi prometnica“ na kojima se događaju nesreće te „potencijalni kritični dijelovi prometnica“ metoda kojom se predviđa gdje bi se mogla dogoditi prometna nesreća. Poznatim metodama saniraju se „kritični dijelovi prometnica“, dok se „potencijalni kritični dijelovi prometnica“ analiziraju i poduzimaju se akcije kako bi se na tim dijelovima izbjegle kritične situacije [16]. U posljednje vrijeme pojavila se i nova metoda identifikacije takozvanih „akumulacionih zona prometnih nesreća“ [17] i to pomoću tehnike „vizualne analitike“. Identifikacija se sastoji od fiksnih gravitacijskih parametara i blizine između nesreća u jednogodišnjem periodu. Ona se koristi kako bi se uočilo pogoršavanje sigurnosne situacije na označenim dijelovima i na vrijeme se prišlo sanaciji.

Iz ovih podataka vidljivo je da se većina istraživanja bavi metodama detekcije ili samom detekcijom opasnih mjesta i ne nudi rješenja za saniranje takvih mjesta, stoga je ova metoda još vrednija.

1.4 Metode istraživanja

U istraživanjima su korištene kombinacije nekoliko znanstvenih metoda, tj. planskih postupaka ispitivanja i istraživanja prometnih pojava [18] u gradskom i izvangradskom prometnom cestovnom sustavu. Tako je statistička metoda korištena pri izradi statističkih analiza i tabličnih i grafičkih predstavljanja podataka. Metodom klasifikacije iznađene su mjere za klasifikaciju opasnosti zavoja.

Matematička i eksperimentalna metoda korištene su pri dijelovima rješavanja postavljanja znakova matematičkom metodom, odnosno pri terenskoj metodi utvrđivanja položaja znakova i provjeravanju hipoteze i zakonitosti.

Deduktivna metoda korištena je kako bi se iz općih teorijskih postavki o sigurnosti prometa izveli zaključci o sigurnosnim cestovnim specifičnostima u Republici Hrvatskoj, dok se rezultatima istraživanja na primjeru Republike Hrvatske induktivnom metodom unapređuju opća saznanja o sigurnosti prometa i sanaciji opasnih mjesta u vremenu i prostoru. Empirijska metoda upotrijebljena je pri objašnjenju zaključaka temeljenih na prethodnih istraživanjima.

Metodom deskripcije opisan je postupak metode sanacije opasnog mjesta upotrebom georeferenciranoga videozapisa, dok je metoda dokazivanja korištena u cijeloj kompoziciji rada kako bi se dokazale teze doktorskoga rada. Metode promatranja, brojanja i mjerenja kao osnovne metode korištene su tijekom cijeloga rada.

1.5 Kompozicija rada

Doktorski se rad sastoji od sedam poglavlja, literature, priloga, popisa tablica, popisa slika i popisa grafikona.

Rad je podijeljen u sljedeća poglavlja:

1. Uvod
2. Identifikacija opasnog mjesta
3. Metode sanacije opasnih mjesta izmjenom vozačeve okoline
4. Georeferencirani videozapis

5. Metoda sanacije opasnih mjesta upotrebom georeferenciranoga videozapisa
6. Ocjena učinkovitosti upotrebe georeferenciranoga videozapisa u saniranju opasnih mjesta
7. Zaključak.

U uvodnom dijelu rada opisan je predmet, odnosno problem istraživanja, definirane su znanstvene hipoteze te svrha i cilj istraživanja. U nastavku je prezentiran pregled dosadašnjih istraživanja te su navedene i opisane znanstvene metode korištene u istraživanju. U završnom dijelu uvoda prikazana je struktura rada prema tematskim cjelinama.

U drugom poglavlju pod naslovom *Identifikacija opasnog mjesta* predstavljena je metodologija određivanja opasnih mjesta u Republici Hrvatskoj i ona se uspoređuju s nekim državama u Europi. Uz to se obrađuje statistička slika prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj prema mjestu nastanka i značajkama ceste, što su bitni parametri za ovaj rad.

U trećem poglavlju pod naslovom *Metode sanacije opasnih mjesta izmjenom vozačeve okoline* predočene su postojeće metode sanacije opasnih mjesta izmjenom vozačeve okoline, a na temelju toga prikazuju se postignuti rezultati u istraživanjima.

U četvrtom poglavlju pod naslovom *Georeferencirani videozapis* objašnjen je pojam georeferenciranoga videozapisa, njegove mogućnosti i prednosti, prikupljanje podataka na terenu snimanjem cestovne infrastrukture do integracije uobičajenih operacija s bazama podataka kao što su pretraživanja, upiti ili statističke analize u laboratorijskim uvjetima, mogućnosti višekratnog snimanja istog opasnog mjesta u raznim vremenskim uvjetima (sunce, kiša, sumrak, noć...) ili pri raznim brzinama.

U petom poglavlju pod naslovom *Metoda sanacije opasnih mjesta upotrebom georeferenciranoga videozapisa* predstavljena su istraživanja koja su provedena u svrhu kreiranja metode. U poglavlju su opisana istraživanja koja su obuhvatila izradu programskog alata te primjena metode u sprezi s kompjutorskim dizajnom u rješavanju problema označavanja okoline ceste metodom centralne projekcije.

U šestom poglavlju pod naslovom *Ocjena učinkovitosti upotrebe georeferenciranoga videozapisa u saniranju opasnih mjesta* predstavljeni su ekonomski učinci temeljeni na dosadašnjim istraživanjima i rezultatima na odabranim područjima, tj. doprinos istraživanja u smanjenu prometnih nesreća te ocjena učinkovitosti centralne projekcije.

Zaključna su razmatranja prikazana u posljednjem, sedmom poglavlju. Ona sadržavaju sažet pregled provedenoga znanstvenog istraživanja, rezultate istraživanja te pregled osnovnih značajki razvijene metode. Poglavlje završava pregledom mogućnosti primjene metode u postupcima sanacije opasnih mjesta na prometnicama.

2 IDENTIFIKACIJA OPASNOG MJESTA

2.1 Metodologija određivanja opasnih mjesta na cestama

Cestovna mreža kao čimbenik sigurnosti prometa na cestama različitim tehničkim rješenjima i izvedbama prometnica i njezinih elemenata znatno utječe na uvjete odvijanja prometa te neposredno i posredno i na sigurnost cestovnoga prometa.

Implementacija ove metode, a ni drugih metoda sanacije opasnih mjesta, nije moguća bez dobre pripreme, analize i istraživanja. Stoga je potrebno cjelokupni proces od izbora opasnog mjesta, preko sanacije do praćenja i evaluacije podijeliti u nekoliko etapa. Etape su prikazane u sljedećoj tablici.

Tablica 1. Tipične etape pri sanaciji opasnih mjesta [19, autorova obrada]

| Etapa | Opis etape |
|------------------------------|--|
| Prikupljanje podataka | Prikupljanje podataka o cestama, prometu i prometnim nesrećama |
| Podjela | Podjela cestovne mreže u različite cestovne dionice |
| Identifikacija | Identifikacija i klasificiranje opasnih mjesta |
| Analiza | Analiza prometnih nesreća na mjestu događaja |
| Sanacija | Predlaganje metoda sanacije identificiranih opasnih mjesta |
| Predevaluacija | Predevaluacija učinkovitosti predloženog rješenja |
| Rangiranje | Rangiranje projekata i lokacija predloženih za sanaciju |
| Implementacija | Implementacija sanacije |
| Postevaluacija 1 | Evaluacija učinka sanacije |
| Postevaluacija 2 | Evaluacija cjelokupnog programa sigurnosti prometa |

Pojam identifikacije opasnih mjesta, uz kasniju sanaciju opasnog mjesta, čini jedan od najbitnijih načina povećanja sigurnosti prometa. Različite države na različite načine tumače pojam „crne točke“ opasnog mjesta na cestama. Neke su od zanimljivih metoda za prikupljanje podataka o opasnim mjestima metoda broja prometnih nesreća, metoda stope nesreća, metoda postupka kontrole kvalitete [19], Matriks metoda [20], metoda sive teorije [21], metoda genetičkih algoritama [22] i druge.

Ipak, najučestalije su primjenjivane metode identifikacije sljedeće [23]:

1. Metoda broja prometnih nesreća

Ova metoda koristi broj prometnih nesreća na lokaciji kako bi identificirala razinu prometne sigurnosti. Lokacije s većim brojem prometnih nesreća od predviđenog proglašavaju se opasnim mjestima.

2. Metoda gustoće prometnih nesreća

Gustoća prometnih nesreća izračuna se pomoću broja nesreća po jedinici duljine dionice ceste. Dionice s većim brojem prometnih nesreća od predviđenoga proglašavaju se opasnim mjestima.

3. Metoda stope nesreće

Ova metoda koristi broj prometnih nesreća podijeljenih prolaskom vozila lokacijom za dobivanje stope nesreće. To se izražava u broju nesreća po milijunu prolaska vozila lokacijom ili dionicom za autoceste. Dionice s većim brojem prometnih nesreća od predviđenoga broja proglašavaju se opasnim mjestima.

4. Metoda indeksa ozbiljnosti prometne nesreće

Koncept ove metode daje veću ozbiljnost nesrećama s poginulima ili ozlijeđenima nego nesrećama samo s materijalnom štetom.

U nastavku je dan prikaz metoda identifikacije opasnih mjesta u Republici Hrvatskoj i u nekim zemljama Europske unije [24].

U Republici Hrvatskoj analiza identifikacije opasnog mjesta provodi se za razdoblje od triju godina i to na razini dionica cesta koje se u tom razdoblju nisu mijenjale duljinom ili su se neznatno mijenjale. Prosječna duljina dionice treba biti najmanje 5 km, a za brze ceste i autoceste najmanje 10 km, a najviše 20 km. Kako bi podaci bili statistički vjerodostojni, pri određivanju dionica treba voditi računa o tome da se na promatranoj dionici u trogodišnjem razdoblju trebalo dogoditi najmanje 20 prometnih nesreća s poginulima (P) i teško ozlijeđenim (TO) osobama. Ako se na dionici ceste nije dogodilo 20 nesreća sa P i TO, treba produžiti dionicu ili u razmatranje uzeti i nesreće s lako ozlijeđenim osobama (LO) kako bi se zadovoljio navedeni uvjet [25].

U Njemačkoj se koriste mape koje grafički prikazuju broj nesreća, a određuju se temeljem godišnjih ili trogodišnjih podataka. Ako se koriste jednogodišnji podaci, tada se uzimaju u obzir slične prometne nesreće koje su se dogodile barem pet puta, bez obzira na ozbiljnost štete. Ukoliko se koristi trogodišnji period, tada se uzimaju u obzir lokacije na kojima se dogodilo pet ili više prometnih nesreća s ozljedama ili tri ili više nesreća s teškim ozljedama.

U Austriji se opasnim mjestom definira bilo koja lokacija koja zadovoljava neki od sljedećih kriterija:

1. Tri ili više sličnih prometnih nesreća s ozlijeđenima unutar triju godina i koeficijent rizika R_k barem 0,8, gdje je R_k kvocijent broja prometnih nesreća s ozlijeđenima tijekom triju godina i prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP) umnoženog s 7×10^{-5}
2. Pet ili više prometnih nesreća (uključene i nesreće s materijalnom štetom) sličnog tipa tijekom jedne godine.

Kako se od 1995. prometne nesreće s materijalnom štetom ne bilježe, kao ni u Republici Hrvatskoj, identifikacija crnih točaka obavlja se prema prvoj definiciji.

U Danskoj se koristi posebno razrađena metoda s testiranjem prema Poissonovoj raspodjeli. Minimalni broj prometnih nesreća koji se uzima za razmatranje četiri su prometne nesreće zabilježene tijekom perioda od pet godina.

U Belgiji se pak prema policijskim očevidima koristi sljedeća definicija kako bi se označilo opasno mjesto: Svako mjesto gdje se u posljednje tri godine dogodilo tri ili više prometnih nesreća. Prema sljedećoj formuli od tih se mjesta odabiru prioriteta za sanaciju:

$$S = 15 \text{ ili više} = \text{broj lakših ozljeda} + 3 \times \text{broj težih ozljeda} + 5 \times \text{smrtno stradalih.}$$

U Mađarskoj se također koriste dvije definicije opasnih mjesta, i to za lokacije izvan i unutar naseljenih područja. Izvan naseljenog područja opasno je mjesto lokacija gdje su zabilježene barem četiri prometne nesreće tijekom triju godina na dionici ceste manjoj od 1.000 metara. Unutar naselja opasno je mjesto lokacija gdje su zabilježene barem četiri prometne nesreće tijekom triju godina na dionici ceste manjoj od 100 metara.

Norveška koristi dva pojma: crna točka i crna dionica. Crna točka je lokacija ne duža od 100 metara na kojoj su zabilježene najmanje četiri prometne nesreće s ozlijeđenima u proteklih pet godina. Crna dionica dionica je ceste ne duža od 1.000 metara na kojoj je zabilježeno najmanje 10 prometnih nesreća s ozlijeđenima tijekom proteklih pet godina.

Portugal koristi dvije definicije opasnih mjesta. Prema jednoj to je dionica ceste ne duža od 200 metara s pet ili više prometnih nesreća i koeficijentom ozbiljnosti nesreća većom od 20 (broj lakših ozljeda + 10 x broj težih ozljeda + 100 x smrtno stradalih). Prema drugoj definiciji opasno je mjesto geografsko područje gdje je očekivani broj prometnih nesreća veći nego u sličnim područjima uslijed utjecaja karakteristika ceste specifičnih za to područje.

Švicarska koristi definiciju prema kojoj je opasno mjesto lokacija na kojoj je zabilježeni broj prometnih nesreća znatno iznad broja prometnih nesreća na komparabilnim mjestima. Komparabilna mjesta klasificirana su prema različitim odsjecima i križanjima, ovisno o klasifikaciji cesta u prometnoj mreži. Za svaku skupinu procjenjuje se stopa prometnih nesreća u periodu od dviju godina. Tako je za autoceste minimalni broj prometnih nesreća 10 za sve tipove nesreća, četiri za nesreće s ozlijeđenima i dva za nesreće sa smrtno stradalima. Za ceste izvan naselja broj je prometnih nesreća osam za sve tipove nesreća, četiri za nesreće s ozlijeđenima i dva za nesreće sa smrtno stradalima. Za raskrižja u urbanim područjima broj je prometnih nesreća 10 za sve tipove nesreća, šest za nesreće s ozlijeđenima i dva za nesreće sa smrtno stradalima.

Prema češkim smjernicama [26] identifikacija crnih točaka temelji se na zabilježenoj učestalosti prometnih nesreća definiranoj na dionicama od 250 m, a uzimaju se u obzir tri prometne nesreće s ozlijeđenima u jednoj godini. Analiza se obavlja godišnje, s trogodišnjim periodom.

U susjednim zemljama Sloveniji i Srbiji situacija je sljedeća: U Srbiji se koriste podaci o prometnim nesrećama u periodu od pet godina, a u obzir pri identifikaciji opasnih mjesta uzima se i opterećenost prometnice te ozbiljnost prometnih nesreća [27]. Slovenija se pri identifikaciji opasnih mjesta služi podacima u posljednje tri godine, a kao bitan faktor identifikacije uzima se i opterećenost prometnica, odnosno prosječni godišnji dnevni promet. Lokacijska je podjela opasnih mjesta na raskrižja i dionice s tim da se dionica računa od prve prometne nesreće do sljedećih 300 m do iznimno 1000 m, ovisno o kategoriji prometnice [28].

Neke definicije crnih točaka uzimaju u obzir ozbiljnost prometnih nesreća, a neke ne. Ako je u obzir uzeta ozbiljnost, nema uvijek istoznačnog načina računanja. Tri su različita pristupa. Prvi pristup postavlja strožu kritičnu vrijednost za broj teških ozljeda nego za ukupan broj ozljeda pri identifikaciji opasne cestovne lokacije. Drugi pristup primjenjuje težinu prometnih nesreća pri različitim stupnjevima ozbiljnosti nesreća. Treći pristup izračunava troškove nesreća koji pak variraju u odnosu na ozbiljnost nesreća. Tako će mjesta s većim udjelom smrtno stradalih imati veće troškove.

Prigodom utvrđivanja prioriteta u sanaciji pojedinih opasnih mjesta na temelju utvrđenih opasnih mjesta na prometnoj mreži vrlo je važan trenutak valorizacije težine ozljeda te troškova nastalih u prometnoj nesreći. Stoga sve ove elemente treba svesti na isti nazivnik te na temelju tako dobivenih podataka utvrditi i definirati prioritete u rješavanju prometnih problema. Pojedine zemlje imaju različito definirane načine valorizacije ozljeda i troškova iz prometnih nesreća, a nerijetko su oni različito motivirani pa tako primjerice većina država ima definiran jednoobrazan mjerni sustav, dok je Njemačka razvila sustav koji ulazne parametre valorizira po pojedinim regijama. [24]

Tablica 2. Parametri uzeti u obzir pri izračunavanju crnih točaka / opasnih mjesta [autorova obrada]

| | Opterećenost prometnice | Uobičajeni nivo sigurnosti | Samo zabilježene prometne nesreće | Ozbiljnost prometnih nesreća | Dužina identifikacije (godina) |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Austrija | Ne | Da | Da | Ne | 3 |
| Belgija | Ne | Ne | Da | Da | 3 |
| Češka | Ne | Da | Da | Da | 3 |
| Danska | Da | Da | Da | Ne | 5 |
| Hrvatska | Da | Da | Da | Da | 3 |
| Mađarska | Ne | Ne | Da | Ne | 3 |
| Norveška | Ne | Da | Da | Da | 5 |
| Njemačka | Ne | Ne | Da | Da | 1 ili 3 |
| Portugal⁴ | Da/Ne | Da/Ne | Da | Da/Ne | 1 ili 5 |
| Slovenija | Da | Da | Da | Da | 3 |
| Srbija | Da | Da | Da | Da | 5 |
| Švicarska | Da | Da | Da | Da | 2 |

⁴ Portugal ima dvije definicije pa je stoga podjela ovakva.

Zbog svega toga moguće je svakoj prometnoj nesreći dodijeliti težinski indeks u zavisnosti od vrste posljedica. Svjetsko udruženje cestara PIARC tako predlaže [29] indekse koji se zasnivaju na troškovima nesreća i to:

- prometne nesreće s lakšim ozljedama multipliciraju se težinskim indeksom 1
- prometne nesreće s težim ozljedama multipliciraju se težinskim indeksom 10
- prometne nesreće s poginulima multipliciraju se težinskim indeksom 85.

Trajanje identifikacije opasnih mjesta traje od jedne do pet godina, dok je najčešće korištena vrijednost od tri godine. U današnje vrijeme neki stručnjaci smatraju da vrijeme preko tri godine predugo za čekanje pri identifikaciji [30], dok drugi ne isključuju mogućnost praćenja podataka do pet godina [24].

Također, Sorensen i Elvik [24] predlažu postupni prelazak s BSM (black spot management) prema NSM (network safety management) jer smatraju da je to vjerojatno najrelevantniji način vođenja statistike za većinu europskih zemalja.

Kako ne postoji jednoznačna definicija „crnih točaka“ ili „opasnih cestovnih dionica“, u ovome radu upotrebljava se pojam „opasna mjesta“ koja bi po definiciji bila „bilo koja lokacija koja ima veći broj prometnih nesreća od očekivanog u odnosu na ostale slične lokacije“ [31].

2.2 Statistička analiza podataka o prometnim nesrećama

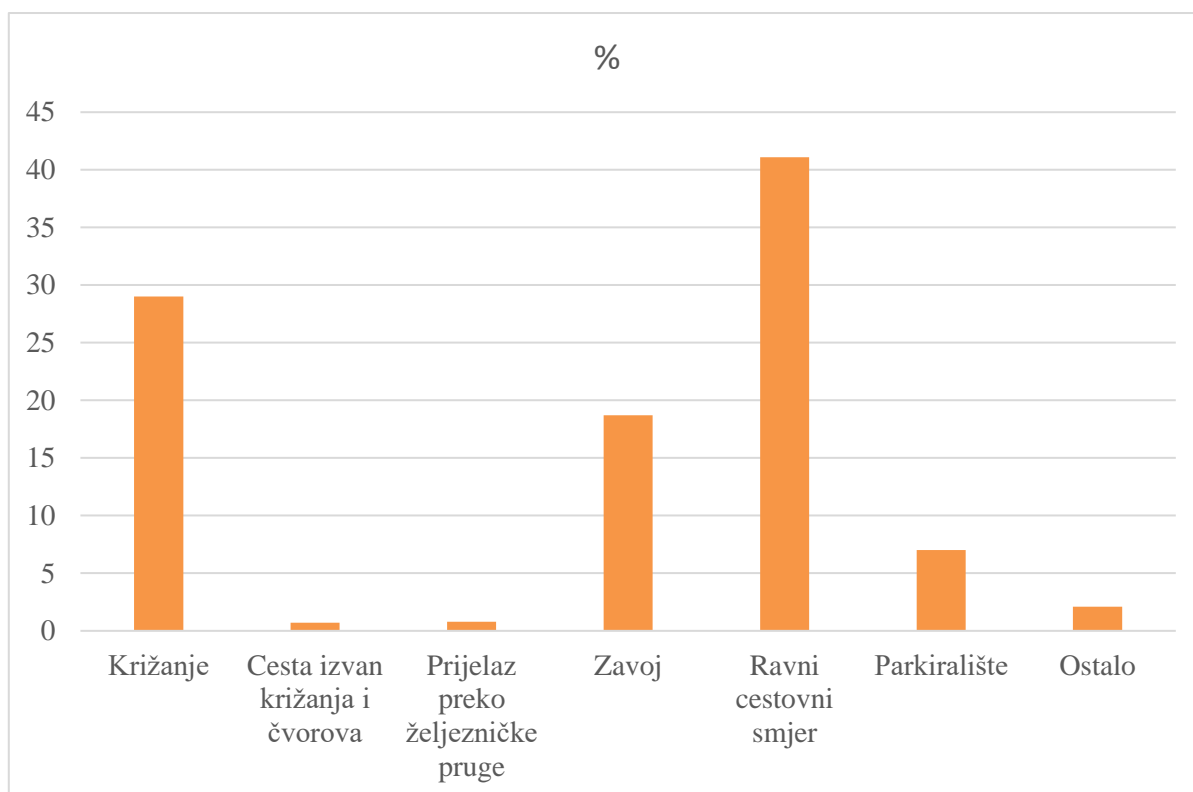
Prema statističkim podacima, koje vodi Ministarstvo unutarnjih poslova⁵, između ostalih napravljena je podjela prometnih nesreća prema značajkama ceste. Među tim podacima vidljivo je da se najviše prometnih nesreća događa na ravnim cestovnim smjerovima, nakon toga na križanjima, dok su zavoji sljedeći po zastupljenosti u ukupnom broju prometnih nesreća. Ove tri značajke zajedno sudjeluju u skoro 90% prometnih nesreća ukupno, odnosno ravni cestovni smjer oko 40%, križanja s 30% i zavoji oko 20% (Tablica 3.).

⁵ S web stranica Ministarstva unutarnjih poslova (<http://www.mup.hr>) može se preuzeti *Bilten o sigurnosti cestovnog prometa* za posljednjih deset godina.

Tablica 3. Prometne nesreće prema značajkama ceste – **ukupno** [2, obrada autora]

| Godina | Križanje | Cesta izvan križanja i čvorova | Prijelaz preko željezničke pruge | Zavoj | Ravni cestovni smjer | Parkiralište | Ostalo | Ukupno |
|------------------|-------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------|----------------------|--------------|------------|--------------|
| 2005. | 15.846 | 384 | 454 | 11.156 | 25.611 | 3.516 | 1.165 | 58.132 |
| 2006. | 16.252 | 394 | 496 | 11.277 | 25.213 | 3.469 | 1.182 | 58.283 |
| 2007. | 17.409 | 425 | 514 | 11.713 | 26.181 | 3.649 | 1.129 | 61.020 |
| 2008. | 15.469 | 374 | 415 | 10.369 | 22.471 | 3.303 | 1.095 | 53.496 |
| 2009. | 14.874 | 359 | 462 | 9.812 | 20.183 | 3.375 | 1.323 | 50.388 |
| 2010. | 13.797 | 378 | 409 | 8.100 | 17.677 | 3.119 | 914 | 44.394 |
| 2011. | 13.018 | 315 | 376 | 7.953 | 16.732 | 3.192 | 857 | 42.443 |
| 2012. | 11.511 | 274 | 349 | 6.525 | 14.593 | 2.999 | 814 | 37.065 |
| 2013. | 10.317 | 254 | 295 | 6.074 | 13.352 | 2.999 | 730 | 34.021 |
| 2014. | 9.644 | 219 | 231 | 5.596 | 12.326 | 2.733 | 683 | 31.432 |
| 2015. | 9.841 | 245 | 241 | 5.823 | 12.685 | 2.924 | 812 | 32.571 |
| Prosječno | | | | | | | | |
| % | 29,0 | 0,7 | 0,8 | 18,7 | 41,1 | 7,0 | 2,1 | 100,0 |

Nakon desetak godina u kojima je trend bio smanjivanje ukupnog broja prometnih nesreća, a tako i prema značajkama ceste, 2015. godina opet je donijela rast broja prometnih nesreća prema svim parametrima koji se bilježe tijekom godina. Tijekom 2015. godine dogodilo se ukupno 3,6 posto više prometnih nesreća nego 2014., ali još uvijek za 4,3 posto manje nego godinu dana prije. Isto tako ukupan broj prometnih nesreća s ozlijeđenima povećan je za 3,8 posto u odnosu na isti podatak iz 2014., no za 1,7 posto manji je od ukupnog broja prometnih nesreća s ozlijeđenima u 2013.



Grafikon 1. Prometne nesreće prema značajkama ceste – **ukupno** [2, autorova obrada]

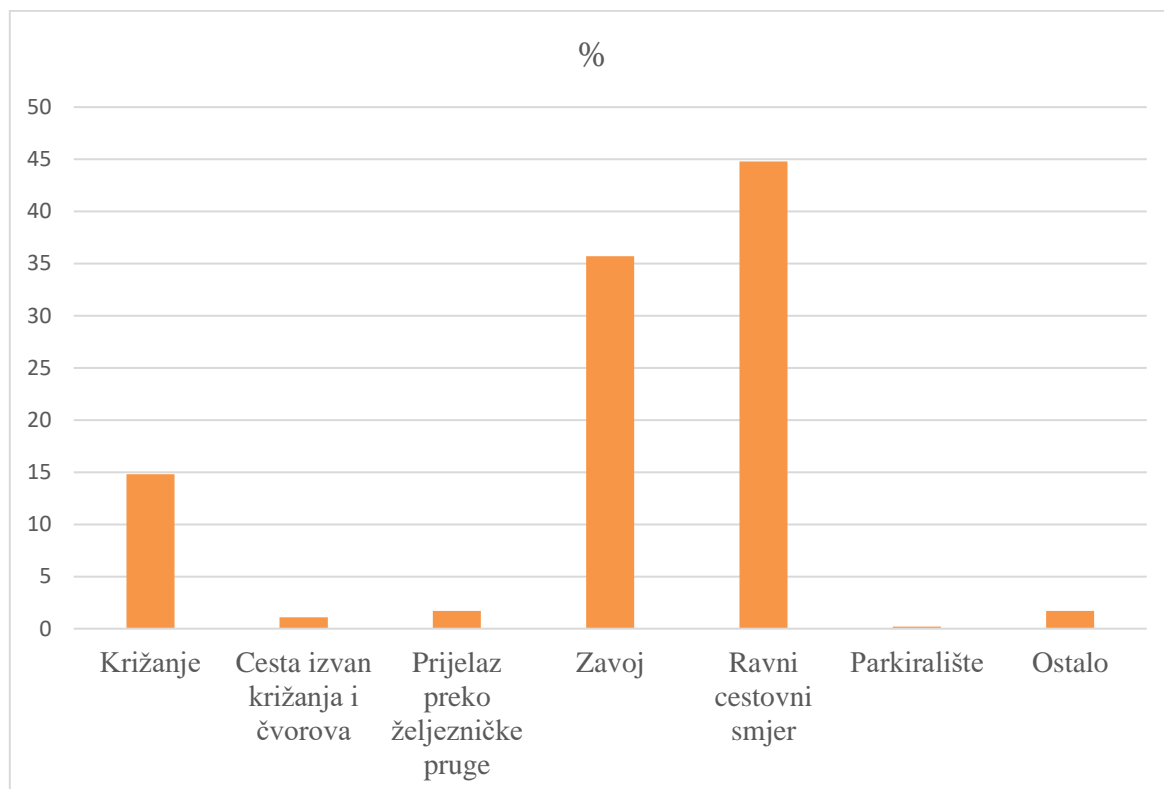
Na žalost, broj prometnih nesreća s poginulima porastao je za 11,6 posto, ali manji je za 3,6 posto nego u 2013. godini koja je do tada bila godina s najmanje prometnih nesreća i poginulih ikad. Ovaj podatak svakako bi trebalo istražiti i dubljom analizom pronaći razloge ovakvog povećanja. Od triju glavnih značajka ceste, ravni cestovni smjer i zavoj u proteklom razdoblju bilježe konstantan pad, dok se u isto vrijeme broj prometnih nesreća u križanjima u ukupnom broju prometnih nesreća povećao s 27 posto na 30 posto.

Iako je ovaj negativan trend zabrinjavajući, činjenica da je broj prometnih nesreća u zavojima u ukupnom broju prometnih nesreća pao s 19,2 posto na 17,9 posto, govori da se osim na preventivi dobro radi i na saniranju opasnih mjesta.

Tablica 4. Prometne nesreće prema značajkama ceste – s poginulim osobama [2, autorova obrada]

| Godina | Križanje | Cesta izvan križanja i | Prijelaz preko željezničke | Zavoј | Ravni cestovni smjer | Parkiralište | Ostalo | Ukupno |
|------------------|-------------|------------------------|----------------------------|-------------|----------------------|--------------|------------|--------------|
| 2005. | 87 | 5 | 9 | 183 | 242 | 0 | 4 | 530 |
| 2006. | 68 | 7 | 14 | 197 | 253 | 2 | 10 | 551 |
| 2007. | 77 | 10 | 5 | 193 | 258 | 0 | 5 | 548 |
| 2008. | 91 | 6 | 8 | 196 | 273 | 1 | 10 | 585 |
| 2009. | 71 | 5 | 11 | 170 | 228 | 1 | 7 | 493 |
| 2010. | 56 | 1 | 5 | 147 | 182 | 2 | 9 | 402 |
| 2011. | 65 | 5 | 7 | 149 | 152 | 0 | 7 | 385 |
| 2012. | 54 | 4 | 9 | 137 | 144 | 2 | 5 | 355 |
| 2013. | 50 | 3 | 8 | 114 | 146 | 0 | 7 | 328 |
| 2014. | 49 | 3 | 1 | 103 | 118 | 1 | 9 | 284 |
| 2015. | 43 | 2 | 3 | 113 | 145 | 1 | 10 | 317 |
| Prosječno | | | | | | | | |
| % | 14,8 | 1,1 | 1,7 | 35,7 | 44,8 | 0,2 | 1,7 | 100,0 |

Na žalost, situacija je drastičnija kod prometnih nesreća s poginulima i ozlijeđenima gdje je udio prometnih nesreća u križanjima, zavoјima i ravnim dijelovima ceste preko 95% od ukupnog broja nesreća prema svim značajkama ceste (Tablice 4. i 5.). No, bitno je napomenuti da dok udio prometnih nesreća s poginulima u križanjima i ravnim dijelovima ceste pada (križanja) ili stagnira (ravni cestovni smjer), udio poginulih u zavoјima u ukupnom broju prometnih nesreća s poginulima od 2005. do 2012. s 34,5 posto povećao se na 38,6 posto, da bi u posljednje tri godine bio zabilježen pad broja prometnih nesreća u zavoјima s poginulima, ali koji je još uvijek viši od postotka u 2005. godini (35,6 posto). Broj poginulih u tim nesrećama nije se smanjio.



Grafikon 2. Prometne nesreće prema značajkama ceste – s poginulim osobama [2, autorova obrada]

Ipak, kao i kod drugih značajki zabrinjava podatak o povećanom broju poginulih u zavojima u 2015. godini u odnosu na 2014. Tako su u 2015. godini smrtno stradale 124 osobe, što je za 15 više nego tijekom 2014. godine (110 osoba), a to iznosi povećanje za skoro 13 posto. S druge je strane sam broj prometnih nesreća u kojima je bilo poginulih osoba u 2015. u odnosu na 2014. godinu porastao za 9,7 posto.

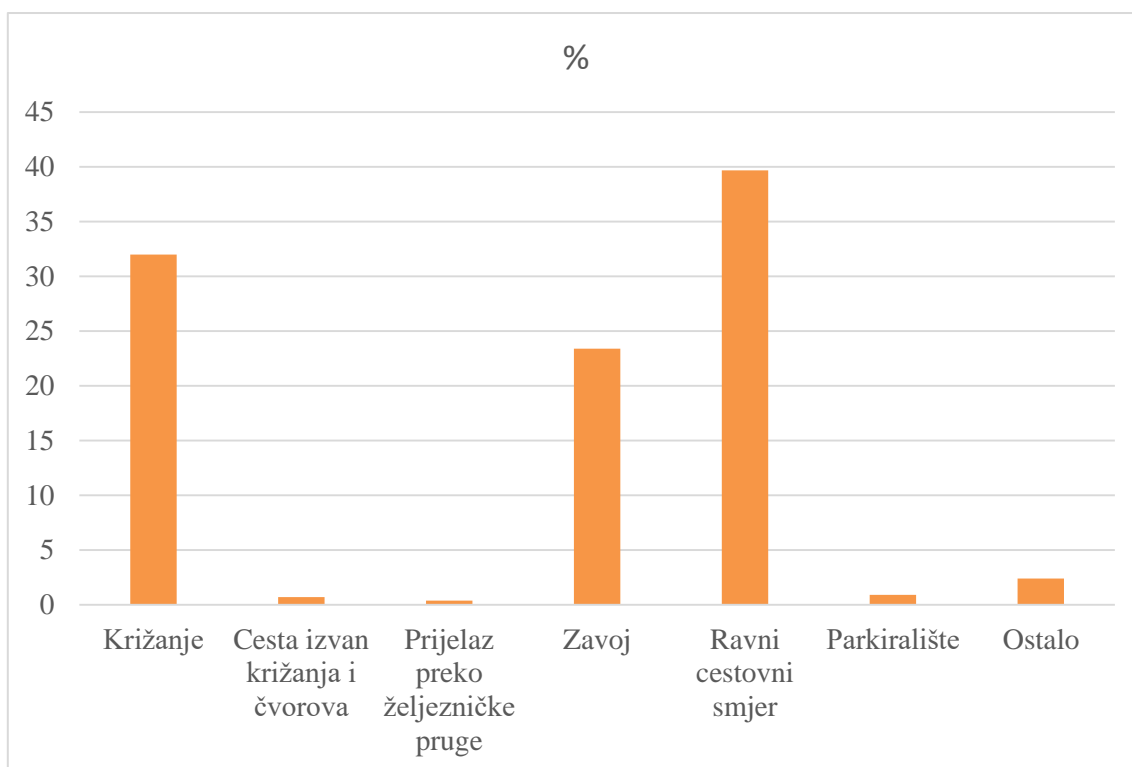
U razdoblju od 2005. do 2015. godine ukupan se broj prometnih nesreća s ozlijeđenima smanjio za preko 40 posto, dok je isti podatak za zavoje još bolji. U istom periodu ukupan broj prometnih nesreća s ozlijeđenima u zavojima smanjio se za više od 50 posto, a isti podatak za ozlijeđene u prometnim nesrećama u križanjima manji je za 23 posto, odnosno za ravan cestovni smjer za 55 posto.

Ukoliko bi se kao referentna godina uzela 2007. godina, kada se dogodilo najviše prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama u promatranom razdoblju (17.481 ozlijeđenih) i 2014. godina, kada se dogodilo najmanje prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama u promatranom razdoblju (10.323 ozlijeđenih), tada je smanjenje ukupnog broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama 69 posto, a u zavojima taj je broj smanjen za 90 posto.

U križanjima smanjenje iznosi 53 posto, a na ravnom cestovnom smjeru 78 posto. Na žalost, trend je zaustavljen s 2015. godinom te je zabilježen porast u 2015. u odnosu na 2014. godinu i to kod prometnih nesreća u zavoju za 6 posto te kod prometnih nesreća u križanjima i prometnih nesreća na ravnom cestovnom smjeru za nešto više od dva posto. Dosadašnji podaci Ministarstva unutarnjih poslova za 2016. godinu pokazuju da se nastavlja negativan trend povećanja broja prometnih nesreća. [32]

Tablica 5. Prometne nesreće prema značajkama ceste – s ozlijeđenim osobama [2, autorova obrada]

| Godina | Križanje | Cesta izvan križanja i križanja | Prijelaz preko željezničke | Zavoj | Ravni cestovni smjer | Parkiralište | Ostalo | Ukupno |
|------------------|-------------|---------------------------------|----------------------------|-------------|----------------------|--------------|------------|--------------|
| 2005. | 4.516 | 85 | 71 | 3.626 | 6.425 | 113 | 313 | 15.149 |
| 2006. | 4.927 | 123 | 70 | 3.882 | 6.645 | 147 | 361 | 16.155 |
| 2007. | 5.431 | 121 | 68 | 4.261 | 7.131 | 124 | 345 | 17.481 |
| 2008. | 4.884 | 119 | 42 | 3.859 | 6.302 | 148 | 344 | 15.698 |
| 2009. | 5.006 | 102 | 52 | 3.663 | 5.923 | 131 | 360 | 15.237 |
| 2010. | 4.342 | 105 | 49 | 2.892 | 5.046 | 124 | 312 | 12.870 |
| 2011. | 4.315 | 96 | 48 | 3.052 | 4.897 | 121 | 314 | 12.843 |
| 2012. | 3.937 | 73 | 47 | 2.544 | 4.391 | 121 | 305 | 11.418 |
| 2013. | 3.759 | 79 | 39 | 2.397 | 4.187 | 121 | 315 | 10.897 |
| 2014. | 3.566 | 68 | 31 | 2.246 | 4.002 | 118 | 291 | 10.323 |
| 2015. | 3.651 | 76 | 31 | 2.383 | 4.107 | 144 | 329 | 10.721 |
| Prosječno | | | | | | | | |
| % | 32,0 | 0,7 | 0,4 | 23,4 | 39,7 | 0,9 | 2,4 | 100,0 |



Grafikon 3. Prometne nesreće prema značajkama ceste – **s ozlijeđenim osobama** [2, autorova obrada]

Kako se tema ovog rada temelji na proučavanju zavoja i sanaciji opasnih zavoja, a temeljem prethodnih podataka, u Tablici 6. izdvojeni su podaci samo za događanje prometnih nesreća u zavojima za prethodnih jedanaest godina. Iz toga je vidljivo da se na zavojima događa svaka peta prometna nesreća, odnosno da tamo pogine, ili bude ozlijeđena svaka treća osoba u prometu.

Iako je u ukupnom postotku broja prometnih nesreća kroz godinu vidljivo relativno malo smanjenje, smanjenje broja prometnih nesreća u zavojima u godini s najmanje prometnih nesreća u zavojima (2014. – 5.596 prometnih nesreća) u odnosu na godinu s najviše (2007. – 11.713 prometnih nesreća) iznosi skoro 110 posto. Analogno tome, smanjenje je broja prometnih nesreća s ozlijeđenima i poginulima oko 90 posto. Na žalost, kao i kod podataka za ukupan broj prometnih nesreća nije moguće egzaktno odrediti točne pokazatelje i čimbenike ovakva smanjenja.

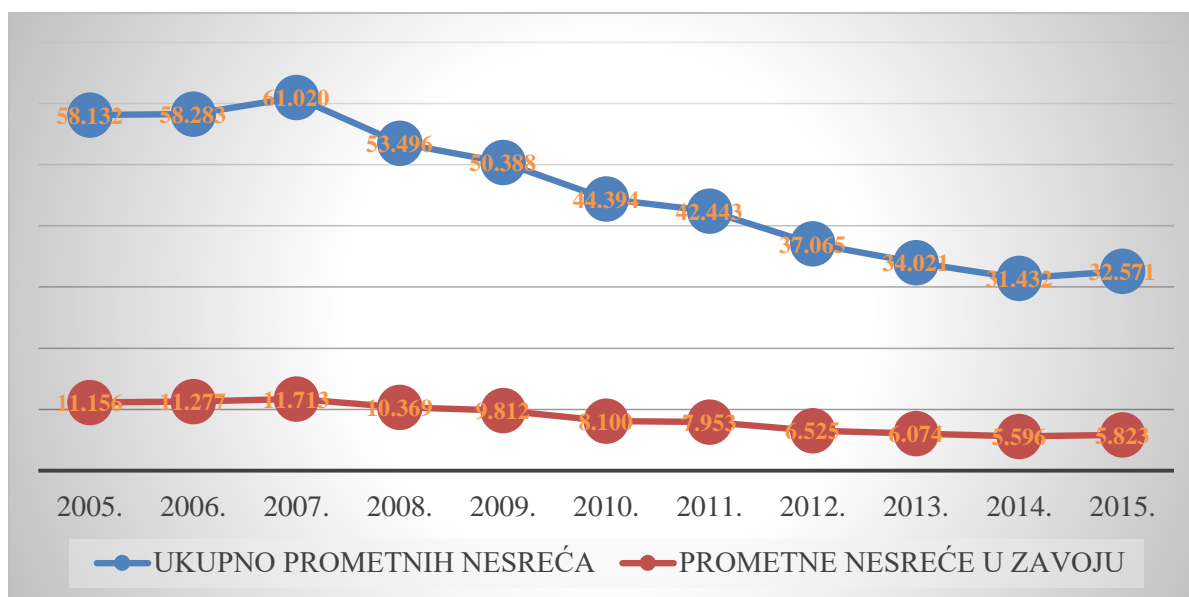
Tablica 6. Prometne nesreće prema značajkama ceste, odnos ukupnog broja prometnih nesreća i prometnih nesreća u zavoju [2, autorova obrada]

| | Ukupno nesreća | | | S ozlijeđenima | | | S poginulima | | |
|--------------|----------------|--------|------|----------------|-------|------|--------------|-------|------|
| | UK | Zavoj | % | UK | Zavoj | % | UK | Zavoj | % |
| 2005. | 58.132 | 11.156 | 19,2 | 15.149 | 3.626 | 23,9 | 530 | 183 | 34,5 |
| 2006. | 58.283 | 11.277 | 19,6 | 16.155 | 3.882 | 24,0 | 551 | 197 | 35,8 |
| 2007. | 61.020 | 11.713 | 19,2 | 17.481 | 4.261 | 24,4 | 548 | 193 | 35,2 |
| 2008. | 53.496 | 10.369 | 19,4 | 15.698 | 3.859 | 24,6 | 585 | 196 | 33,5 |
| 2009. | 50.388 | 9.812 | 19,5 | 15.237 | 3.663 | 24,0 | 493 | 170 | 34,5 |
| 2010. | 44.394 | 8.100 | 18,2 | 12.870 | 2.892 | 22,5 | 402 | 147 | 36,6 |
| 2011. | 42.443 | 7.953 | 18,7 | 12.843 | 3.052 | 23,8 | 385 | 149 | 38,7 |
| 2012. | 37.065 | 6.525 | 17,6 | 11.418 | 2.544 | 22,3 | 355 | 137 | 38,6 |
| 2013. | 34.021 | 6.074 | 17,9 | 10.897 | 2.397 | 22,0 | 328 | 114 | 34,8 |
| 2014. | 31.432 | 5.596 | 17,8 | 10.323 | 2.246 | 21,8 | 284 | 103 | 36,3 |
| 2015. | 32.571 | 5.823 | 17,9 | 10.721 | 2.383 | 22,2 | 317 | 113 | 35,6 |

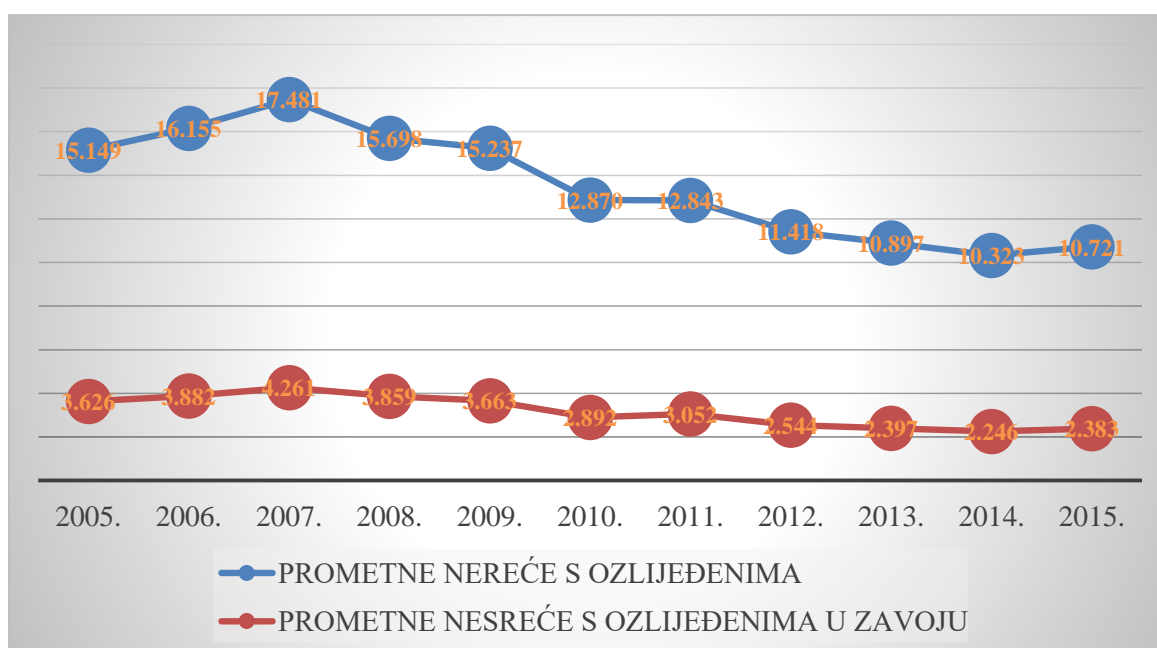
U posljednjih je desetak godina u Republici Hrvatskoj dosta učinjeno kako bi se smanjio broj poginulih na cestama što je donijelo neke rezultate, iako podaci iz godine u godinu variraju pa nije moguće utvrditi koji su sve čimbenici utjecali na dobivene rezultate (preventiva, kažnjavanje, smanjeni broj vozila na cestama...).

Ipak, trend smanjivanja ne događa se i u zavojima gdje je iz godine u godinu sve veći postotak poginulih u odnosu na ukupan broj poginulih. **Odnosno, sam broj poginulih s 19% 1996. godine došao je na 36 % 2000. godine i od tada je konstantan. Stoga bi bilo potrebno više pozornosti usmjeriti na opasna mjesta na dionicama cesta u zavojima čime bi ova metoda zbog svoje učinkovitosti i malih troškova potrebnih za sanaciju došla do izražaja.**

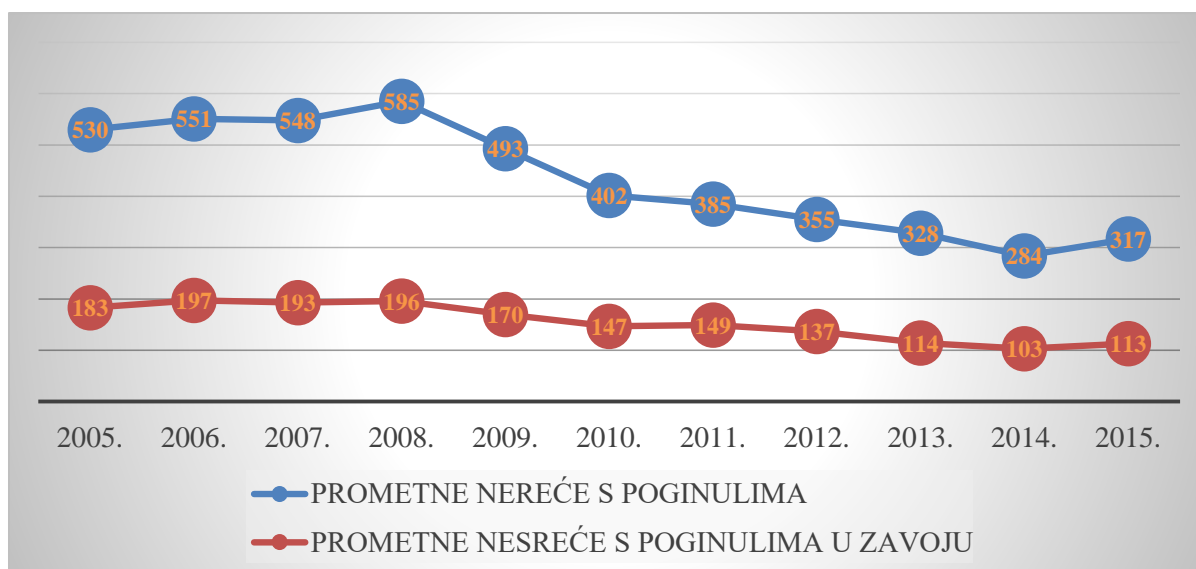
U grafikonima 4., 5. i 6. grafički su prikazani podaci iz Tablice 6. koji potvrđuju iznesene tvrdnje.



Grafikon 4. Usporedba ukupnog broja prometnih nesreća s prometnim nesrećama u zavoju [2, autorova obrada]



Grafikon 5. Usporedba ukupnog broja prometnih nesreća s ozlijeđenima s prometnim nesrećama s ozlijeđenima u zavoju [2, autorova obrada]



Grafikon 6. Usporedba ukupnog broja prometnih nesreća s poginulima s prometnim nesrećama s poginulima u zavoju [2, autorova obrada]

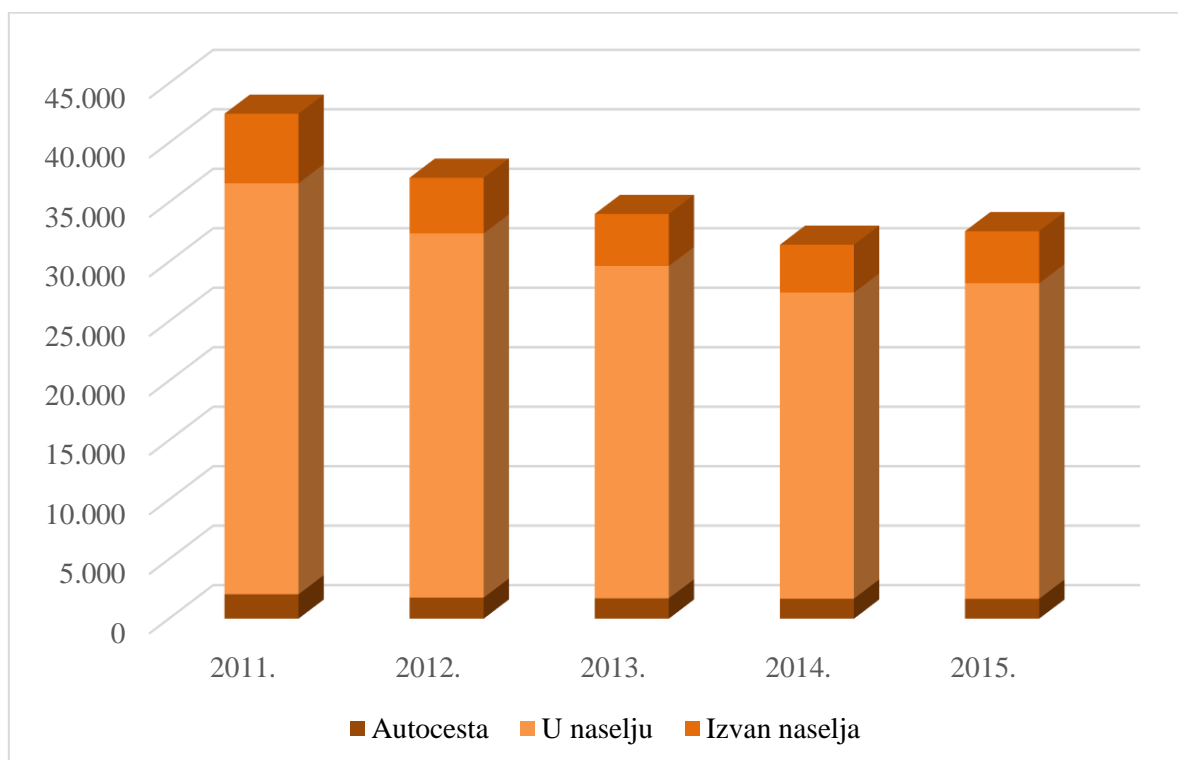
Kako su zavoji najčešće izvan naselja, potrebno je proučiti i prometne nesreće prema mjestu događanja, odnosno jesu li se dogodile izvan naselja ili u naselju.

Tablica 7. Prometne nesreće po kategorijama cesta - **ukupno** [2, autorova obrada]

| Godina | 2011. | % | 2012. | % | 2013. | % | 2014. | % | 2015. | % |
|----------------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| Autocesta | 2.051 | 4,8 | 1.771 | 4,8 | 1.708 | 5,0 | 1.684 | 5,3 | 1.673 | 5,1 |
| U naselju | 34.547 | 81,4 | 30.616 | 82,6 | 27.939 | 82,1 | 25.729 | 81,8 | 26.518 | 81,2 |
| Izvan naselja | 5.845 | 13,8 | 4.678 | 12,6 | 4.374 | 12,9 | 4.019 | 12,9 | 4.380 | 13,7 |
| Ukupno | 42.443 | | 37.065 | | 34.021 | | 31.432 | | 32.571 | |

Podaci iz Tablice 7. i Grafikona 7. prikazuju broj prometnih nesreća prema kategorijama cesta uz podjelu na autoceste te ceste izvan naselja i u naselju. Vidljivo je da je broj prometnih nesreća u naselju kroz godine otprilike konstantan i iznosi oko 80 posto od ukupnog broja, dok je broj prometnih nesreća izvan naselja oko 20 posto, s uključenim autocestama koje u ovom broju čine oko 5 posto.

Ukupno smanjenje prometnih nesreća po kategorijama cesta u posljednjih pet godina za autoceste iznosi 22 posto, a za ceste u naselju i izvan naselja oko 30 posto.

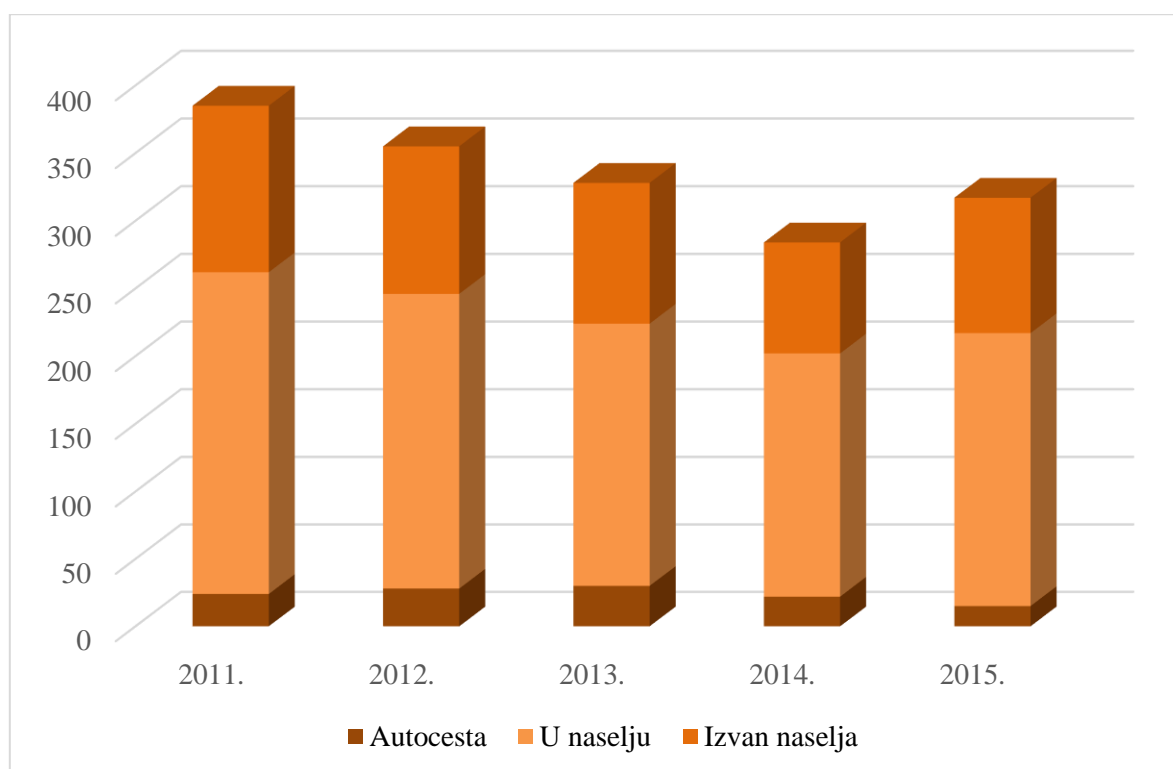


Grafikon 7. Prometne nesreće po kategorijama cesta - **ukupno** [2, autorova obrada]

Iako je ukupno smanjenje prometnih nesreća s poginulima u proteklih pet godina 60 posto, odnosno s podacima o prometnim nesrećama izvan naselja oko 30 posto, još uvijek zabrinjava podatak da se prosječan udio prometnih nesreća s poginulima u ukupnom broju prometnih nesreća s poginulima smanjio za manje od 2 posto, dok se analogno tome unutar naselja taj broj povećao za isti postotak.

Tablica 8. Prometne nesreće po kategorijama cesta – s poginulima [2, autorova obrada]

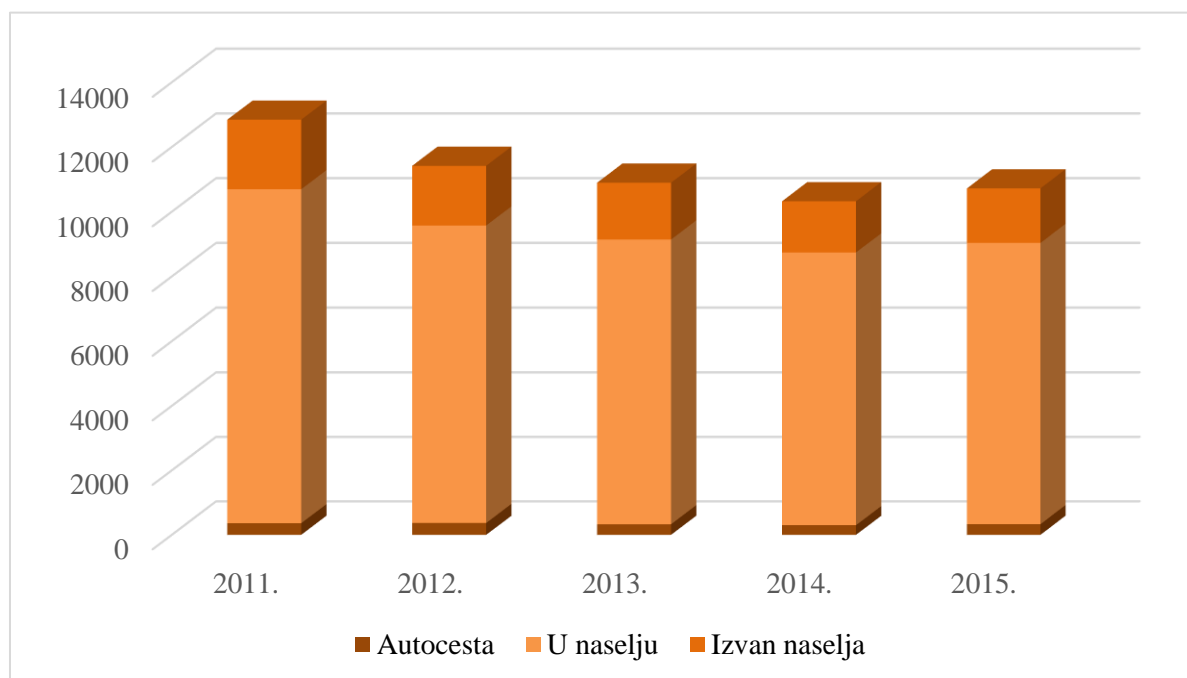
| Godina | 2011. | % | 2012. | % | 2013. | % | 2014. | % | 2015. | % |
|----------------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| Autocesta | 24 | 6,2 | 28 | 7,9 | 30 | 9,1 | 22 | 7,7 | 15 | 4,7 |
| U naselju | 238 | 61,8 | 218 | 61,4 | 194 | 59,1 | 180 | 63,3 | 202 | 63,7 |
| Izvan naselja | 123 | 31,9 | 109 | 30,7 | 104 | 31,7 | 82 | 28,9 | 100 | 31,6 |
| Ukupno | 385 | | 355 | | 328 | | 284 | | 317 | |



Grafikon 8. Prometne nesreće po kategorijama cesta – s poginulima [2, autorova obrada]

Tablica 9. Prometne nesreće po kategorijama cesta – s ozlijeđenima [2, autorova obrada]

| Godina | 2011. | % | 2012. | % | 2013. | % | 2014. | % | 2015. | % |
|----------------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| Autocesta | 360 | 2,8 | 367 | 3,2 | 328 | 3,0 | 299 | 2,9 | 330 | 3,1 |
| U naselju | 10.336 | 80,5 | 9.207 | 80,6 | 8.815 | 80,9 | 8.443 | 81,8 | 8.706 | 81,2 |
| Izvan naselja | 2.147 | 16,7 | 1.844 | 16,2 | 1.754 | 16,1 | 1.581 | 15,3 | 1.685 | 15,7 |
| Ukupno | 12.843 | | 11.418 | | 10.897 | | 10.323 | | 10.721 | |



Grafikon 9. Prometne nesreće po kategorijama cesta – s ozlijeđenima [2, autorova obrada]

Može se zaključiti da se više prometnih nesreća s poginulima događa na ravnim dijelovima ceste ili zavojima zbog povećane ili neprilagođene brzine, a to se iznadprosječno, u odnosu na gustoću prometa, događa na prometnicama izvan naselja. Također, zaključak je da na područjima s većom gustoćom prometa raste i broj prometnih nesreća s najtežim posljedicama (poginuli i teško ozlijeđeni), dok su posljedice blaže na područjima rjeđe nastanjenosti i slabije gustoće prometa [33].

Prema *Priručniku za označivanje zavoja na cestama* [34], “svaki zavoj na kojem se zbog oštine zavoja brzina kretanja mora smanjiti za više od 20%, radi sigurnog prolaska kroz zavoj, odnosno kada se na nekom zavoju dogodi više prometnih nesreća nego što se događa u uobičajenim uvjetima, trebalo bi označiti. Također, ako je oština zavoja veća, pa brzinu treba znatnije smanjiti ili se događa više prometnih nesreća, zavoj bi trebalo posebno označiti“.

Osim smanjenja prilazne brzine postoje i drugi važni razlozi koji zahtijevaju označivanje zavoja, a najvažniji su među njima [34]:

- **Zavoj u usjeku i zasjeku** nije pregledan ni onda kada je polumjer dostatan velik da nije potrebno smanjiti prilaznu brzinu za više od 20%. Naime, to vozač ne može ocijeniti jer ne vidi cijeli zavoj prije ulaska u njega. Ta neizvjesnost zahtijeva da znatno smanji brzinu kretanja. Da bi se izbjegli nesporazumi u ponašanju između vozača koji poznaju dionicu ceste i onih koji prvi put nailaze u zavoj, nužno ga je posebno označiti.
- **Zavoj u šumskom području** zahtijeva posebno označivanje kao i onaj u čijoj je blizini posađeno ukrasno ili drugo visoko raslinje ako ono ometa vozača da vidi cijeli zavoj i procijeni njegovu zakrivljenost.
- **Zavoj u naseljenom mjestu** gdje izgrađeni objekti onemogućuju vozača da vidi i procijeni zavoj, nužno je obilježiti i označiti radi osiguranja protočnosti te dionice. Ako je i noću velik promet, zavoj u urbanom području treba označiti i posebnom svjetlosnom signalizacijom, a vrlo često i dodatno osvijetliti.
- Smanjena preglednost zbog konstrukcijskog **prijeloma dvaju zavoja** (horizontalnog i vertikalnog) u istoj točki.

Osim spomenutih razloga koji zahtijevaju označivanje zavoja, postoje i konstrukcijska rješenja koja također zahtijevaju posebno označivanje zavoja, a najvažnija su od njih [34]:

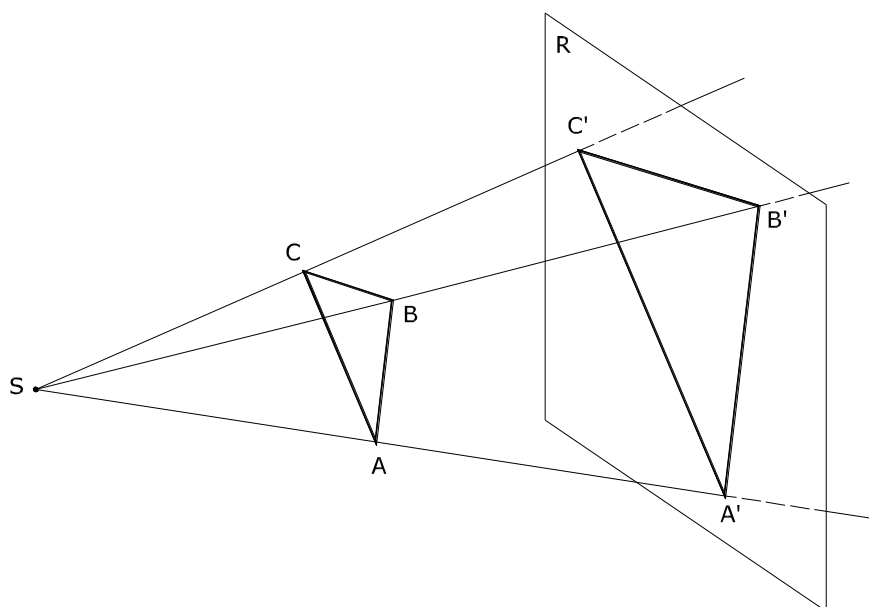
- zavoji u tunelima, osobito na ulazu u tunel ili izlazu iz tunela
- zavoji s izgrađenim objektima na kolniku
- posebno oštar zavoj (serpentina)
- zavoj na cesti na nizbrdici, odnosno padu većem od 5 posto
- zavoj izložen mogućem jakom bočnom vjetru, osobito ako vjetar pojačava centrifugalnu silu (u desnom zavoju puše s desne, a u lijevom s lijeve strane).

Posebni sigurnosni razlozi za označivanje zavoja mogu nastati zbog povećanog obujma prometa. Može se dogoditi da se neki zavoj po konstrukcijskim i drugim elementima ne smatra opasnim, ali se pri narastanju obujma prometa na njemu u određenom razdoblju dogodi veći broj prometnih nesreća po nekom od poznatih kriterija sigurnosti (npr. tri teže nesreće u godini, ili pet nesreća u dvije godine, ili nesreća s najtežim posljedicama i sl.). Tada se analitički moraju proučiti uvjeti nastanka prometnih nesreća i mora se prići označivanju ili rekonstrukciji zavoja.

3 METODE SANACIJE OPASNIH MJESTA IZMJENOM VOZAČEVE OKOLINE

Informacije o pružanju ceste u prostoru horizontalnog i vertikalnog zavoja ili raskrižja često se mogu dobiti samo posredstvom okoline ceste. Međutim, okolina ceste, osobito na opasnim mjestima, mora biti takva da bude posredna, ali nedvosmislena i jasna informacija koju će vozači u uvjetima loše vidljivosti i relativnog umora prepoznati i primjereno postupiti radi izbjegavanja prometne nesreće.

Centralnom projekcijom slika okoline vidljiva je onakva kakvom je vidi ljudsko oko (Slika 1.). Za centralnu je projekciju uz udaljenost važan i kut jer se projekcijske zrake (pravci) sijeku u žarištu. S druge strane, kod ortogonalne projekcije projekcijske zrake međusobno su paralelne i međusobno se ne sijeku.



Slika 1. Primjer centralne projekcije [5, autorova obrada]

U pravilu, u svim oblicima prometa prometnice i signalizacija projektiraju se pomoću ortogonalne projekcije, a osobe koje upravljaju prometnim sredstvima koriste se centralnom projekcijom. Taj nesklad rezultira često nedovoljno dobro osmišljenom prometnom signalizacijom i nepovoljnom sigurnošću u prometu.

Da bi se bolje razumjelo što vozač vidi, nužno je poći od toga da je slika okoline u oku vozača centralna projekcija. Za centralnu projekciju najvažnija dimenzija nisu duljine već zahvatni prostorni kutovi. Prostorni kut vozačeva vidnog polja ima svoju os.

Vid je svakako najintenzivniji u području vidnog polja (prostorni kut) u blizini osi. Tako vozač slabije vidi na većem odklonu od osnovice vida lijevo i desno, odnosno gore i dolje.

U bilo kojoj vremenskoj točki vozaču moraju biti dostupne brojne informacije iz raznih osjetila. Određene situacije u vožnji daju vozačima pogrešnu percepciju, a to dovodi do zakašnjelih i nepravovremenih reakcija koje pak mogu dovesti do neželjenih posljedica. Ponekad nešto konstruirano na papiru, ne funkcionira u praksi. [35] Stoga je potrebno projektiranjem u centralnoj projekciji pridonijeti boljem i sigurnijem prometnom sustavu.

Ako se pod horizontalnom i vertikalnom prometnom signalizacijom podrazumijeva prometna signalizacija kojom se označavaju prometne površine da bi se sudionici u prometu, a osobito vozači i pješaci, mogli sigurno kretati po cestama i ulicama, onda zapravo uočavamo da je značenje i uloga vertikalne prometne signalizacije sve značajnija za označavanje prometnih površina. Naime, horizontalna prometna signalizacija u različitim prometnim i klimatskim uvjetima te danju ili noću različito je vidljiva. Horizontalna prometna signalizacija gotovo uopće nije vidljiva za vrijeme intenzivnih kiša ili osobito snijega. Uz činjenicu da je os ljudskog oka u pravilu okomita na smjer djelovanja gravitacije s blagim nagibom prema središtu zemlje, moguće je uočiti osobito značenje vertikalne prometne signalizacije.

Bez obzira na iznimno velik napredak suvremene znanosti i tehnologije koja za rezultat daje suvremene mogućnosti primjene programa Auto-CAD⁶ za projektiranje prometnica sve do stvaranja mogućnosti simulacije vožnje na vertikalnim cestama zasnovanim na centralnoj projekciji, još dugo vremena će u praksi prevladavati projekti prometnica rađeni filozofijom primjene tehničkih propisa iscrtanih ortogonalnom projekcijom koja je zapravo najprimjerenija za realizaciju tehničkih projekata, ali nije primjerena iskustvu neposrednih sudionika u prometu.

Radi potpunog razumijevanja ovog problema treba naglasiti da je vertikalna prometna signalizacija samo u malom dijelu potpuno okomita na os oka sudionika u prometu, ali možemo reći da je u velikom dijelu bliska kutu od 90° središnje osi oka vozača na površini prometnog znaka. Isto tako horizontalna prometna signalizacija samo je približno paralelna središnjoj osi

⁶ Najpoznatiji CAD (computer aided design) program za crtanje potpomognuto računalom u 2D ili 3D. Izradila ga je tvrtka Autodesk, a dostupan je od 1982.

oka vozača. Osovina oka pod malim kutom presijeca površinu ceste na kojoj se nalazi horizontalna signalizacija. [5]

U nastavku su predstavljene četiri metode koje su prethodile istraživanjima kojima se bavi disertacija. To su sljedeće metode:

- grafička metoda za određivanje položaja znakova
- terenska metoda za određivanje položaja znakova
- fotografska metoda za određivanje položaja znakova
- matematička metoda za određivanje položaja znakova [5].

3.1 Grafička metoda za određivanje položaja znakova

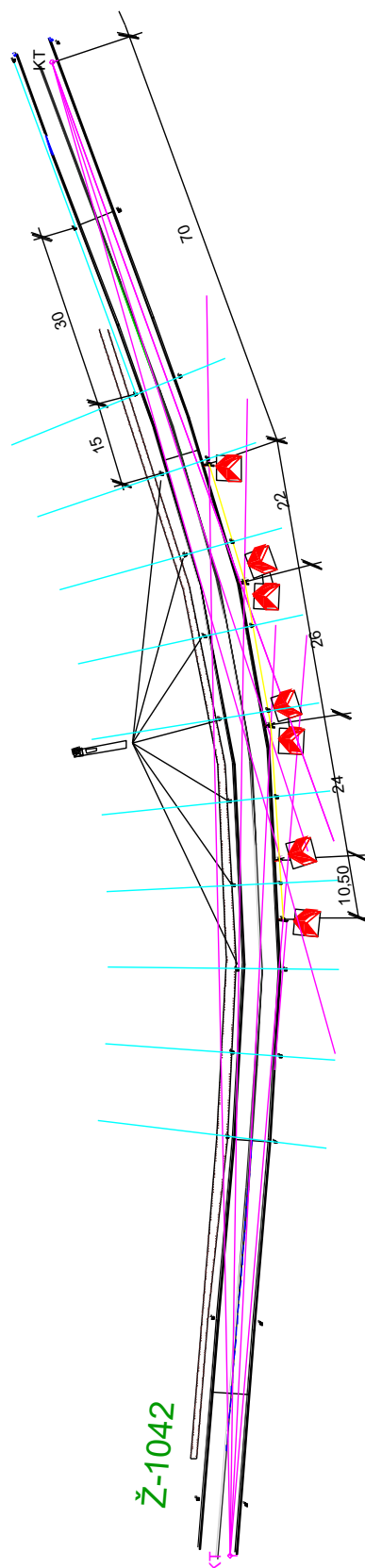
Grafička metoda pretpostavlja da postoji situacijski crtež zavoja, a po potrebi i uzdužni presjek, odnosno da na situacijskom crtežu postoje kote nivelete i kote terena. Situacijski crtež trebao bi biti u mjerilu 1:500 ili iznimno 1:1000.

Za određeni stupanj opasnosti zavoja odredi se kut $\Delta\alpha$, a za pretpostavljenu brzinu (kategoriju ceste) odredi se dužina L_{KT} (udaljenost kritične točke od početka zavoja). Povlačenjem temeljne vizure (TV) paralelno osi kolnika od lijeve strane u slučaju desnog zavoja ili od desne strane u slučaju lijevog zavoja, dobije se na sjecištu sa zamišljenom linijom mjesto prvog znaka. Crtom iz kritične točke za $\Delta\alpha$ utvrdi se vizura drugog, trećeg, odnosno potrebnog broja znakova. (Slika 2.)

Preciznim crtanjem mogu se dobiti dovoljno točni podaci:

- o udaljenosti prvog znaka od početka zavoja ili se taj znak postavlja kao prvi na temeljnoj vizuri (TV)
- o udaljenosti (najkraćoj) od prvog do drugog znaka
- o udaljenosti (najkraćoj) od prvog do trećeg znaka, i tako redom.

Nedostatak je ove metode u tome što zahtijeva precizan situacijski crtež u povoljnom mjerilu (1:500).



Slika 2. Primjer primjene grafičke metode pri sanaciji opasnog zavoja “Botica” [36, autorova obrada]

3.2 Terenska metoda za određivanje položaja znakova

Kada se utvrdi stupanj opasnosti zavoja, moguće je odrediti i najmanji broj znakova kojim će se označiti zavoj i kut $\Delta\alpha$ između znakova.

Na temeljnoj vizuri smješta se prvi znak za označivanje zavoja. Putem kuta $\Delta\alpha$, odnosno njihovih tangensa odrede se vizure drugog znaka otklonjenog od temeljne vizure za $\Delta\alpha$, trećeg znaka za $2\Delta\alpha$, četvrtog otklonjenog za $3\Delta\alpha$, itd.

Ova je metoda u praksi najprikladnija jer ne zahtijeva ni situacijski crtež, ni poznavanje radijusa zavoja. Za označivanje na terenu treba samo imati tračni metar i tri štapa za određivanje položaja znaka: prednji štap postavlja se vertikalno na kritičnoj točki, drugi štap na tangensu kuta ($\Delta\alpha, 2\Delta\alpha, \dots, n\Delta\alpha$), a treći štap se postavlja na pravcu prvih dvaju znakova na crti na kojoj se postavljaju znakovi (osnovna je udaljena oko 1 m od ruba kolnika).

3.3 Fotografska metoda za određivanje položaja znakova

Fotografija može imati jednostavnu, vrlo praktičnu primjenu u istraživanju izgleda opasnog mjesta koji uzrokuje prometne nesreće iz prilaza vozača, ali i za druge različite namjene. Fotografska metoda precizna je metoda i omogućuje da se snimljeni zavoj iz kritične točke bolje upozna, odnosno da se bolje postave znakovi. Skeniranjem slika ili digitalnom fotografijom moguća je i elektronska fotomontaža znakova tako da se i prije postavljanja uoči njihov sigurnosni učinak.

Određivanje dimenzije znaka na fotografiji moguće je temeljem poznavanja parametara fotografije (žarišna udaljenost objektiva, mjerilo, odnosno mjesto odakle je snimljena, odrediti precizno ili dovoljno točno komparaciju s poznatim dimenzijama likova na istoj dubini slike).

Metodama kompjutorske fotomontaže i u različitim dimenzijama znakova temeljem njihove udaljenosti od kritične točke moguće je i pojačati dojam (iluziju) o oštini, odnosno opasnosti zavoja.

Na slikama 3. i 4. prikazani su neoznačeni opasni zavoji odnosno primjeri mogućnosti fotografske metode za određivanje položaja znakova u zavoj.

U današnje vrijeme, odnosno u vrijeme kad fotografija može uključivati georeferencirani zapis, ova metoda mogla bi biti još prihvatljivija za primjenu.



Slika 3. Izgled zavoja prije označivanja [36]



Slika 4. Izgled zavoja poslije označivanja (fotomontaža) [36]

3.4 Matematička metoda za određivanje položaja znakova

Matematička metoda za određivanje položaja znakova opširnije je objašnjena jer je poslužila kao podloga za Metodu sanacije opasnih mjesta pomoću georeferenciranoga videozapisa, koja je i tema ovoga rada.

Za ovu metodu treba poznavati parametre zavoja (polumjer R , širina kolnika $2B_{KT}$ i stupanj opasnosti zavoja K).

Ukoliko su ti parametri poznati, najprije treba odrediti početak kružnog luka zavoja (PKL) (slika 5.), iz čega slijedi određivanje kritične točke (KT) koja se nalazi na udaljenosti L_{KT} od početka kružnog luka. Udaljenosti kritične točke od mjesta postavljanja znakova (D_1, D_2, D_3, \dots) i kutova vidljivosti između osi dvaju susjednih prometnih znakova ($\Delta\alpha_n$), kao i udaljenost kritične točke od početka kružnog luka ovisi o kategoriji ceste, odnosno je li cesta lokalna (gradska), županijska, državna ili je autocesta.

Vrijednosti L_{KT} nalaze se u tablici 10., a primjenjuju se prema sljedećem [34]:

- $L_{KT} = 50$ m za gradske i županijske ceste ($V_r \leq 60$ km/h)
- $L_{KT} = 70$ m za županijske i glavne gradske ceste i ulice ($V_r = 60-80$ km/h)
- $L_{KT} = 90$ m za državne ceste ($V_r = 80-100$ km/h)
- $L_{KT} = 120$ m za autoceste i gradske autoceste ($V_r > 100$ km/h).

Vodoravni kut između dvaju središta znaka $\Delta\alpha$ [°] predočen je u tablici 10.

Tablica 10. Udaljenosti i kutovi za postavljanje znakova K14 [34]

| L_{KT} (m) / Skupina zavoja | 50 | 70 | 90 | 120 | Najmanji broj znakova | Ukupni zahvatni kut |
|---|-----------|-----------|-----------|------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| I, $\Delta\alpha$ [°] | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 6 |
| II, $\Delta\alpha$ [°] | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 6 |
| III, $\Delta\alpha$ [°] | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 |

Nakon utvrđivanja točke KT i repera⁷ na udaljenosti L_{KT} treba odrediti o kojoj se skupini zavoja radi (Tablica 11.), a prema tome odrediti i kutove između znakova te najmanji broj znakova, a sve prema Tablici 10.

Usmjeravajuće ploče postavljaju se do sredine zavoja (najmanje 2 - 4 znaka, ovisno o skupini zavoja, a najviše do sredine zavoja (SKL)).

Tablica 11. Svrstavanje zavoja prema kriteriju koeficijenta sigurnosti (K) [34]

| Skupina | Kriterij | Kriterij sigurnosti | Označivanje |
|---------|---|-----------------------|---|
| I. | Prema oštrini zavoja ili ako se, bez obzira na koeficijent K , u jednoj godini dogodilo pet i više prometnih nezgoda od kojih je najmanje jedna s poginulom osobom ili dvije ili više s ozlijeđenom osobom | $K \leq 0,4$ | Posebno se označuje kao naročito opasan zavoj ili se rekonstruira |
| II. | Prema oštrini zavoja ili ako se, bez obzira na koeficijent K , dogodilo u jednoj godini pet i više prometnih nezgoda od kojih je najmanje jedna s ozlijeđenom osobom | $0,4 \leq K \leq 0,6$ | Posebno se označuje kao opasan zavoj ili se rekonstruira |
| III. | Prema oštrini zavoja ili ako su se, bez obzira na koeficijent K , dogodile u jednoj godini tri i više prometnih nezgoda, odnosno u dvije uzastopne godine pet prometnih nezgoda od kojih je najmanje jedna s ozlijeđenom osobom | $0,6 \leq K \leq 0,8$ | Označuje se kao opasan zavoj |

Poznavanjem parametara zavoja moguće je izračunati i kut $\Delta\alpha$. Temeljem dobivenih vrijednosti računaju se koordinate položaja znakova od prvog (x_1, y_1) do posljednjeg (x_n, y_n). Formula za izračunavanje koordinata proizlazi iz formule (1). Uz poznate koordinate moguće je izračunati udaljenosti među samim znakovima $l_{0,1}, l_{1,2}, l_{2,3} \dots l_{n-1,n}$ kao i udaljenosti znakova ($D_1, D_2, D_3, D_4, \dots D_n$) od kritične točke (KT) (formula 2).

⁷ Pod pojmom reper označena je točka na udaljenosti L_{KT} , preko koje se vizira položaj mjesta prvog i sljedećih znakova K14 s točke KT.

Iz poznatih koordinata položaja prvog, drugog, trećeg ili n-tog znaka $x_1, x_2 \dots x_n$ odnosno $y_1, y_2 \dots y_n$ koje je moguće dobiti iz formula

$$x_n = \frac{-tg \sum_{i=1}^n \Delta\alpha_i (d_i + R) - \sqrt{tg^2 \sum_{i=1}^n \Delta\alpha_i (d_i - R)^2 - \left(1 + tg^2 \sum_{i=1}^n \Delta\alpha_i\right) (d_i^2 - 2d_i R)}}{1 + tg^2 \sum_{i=1}^n \Delta\alpha_i} \quad (1)$$

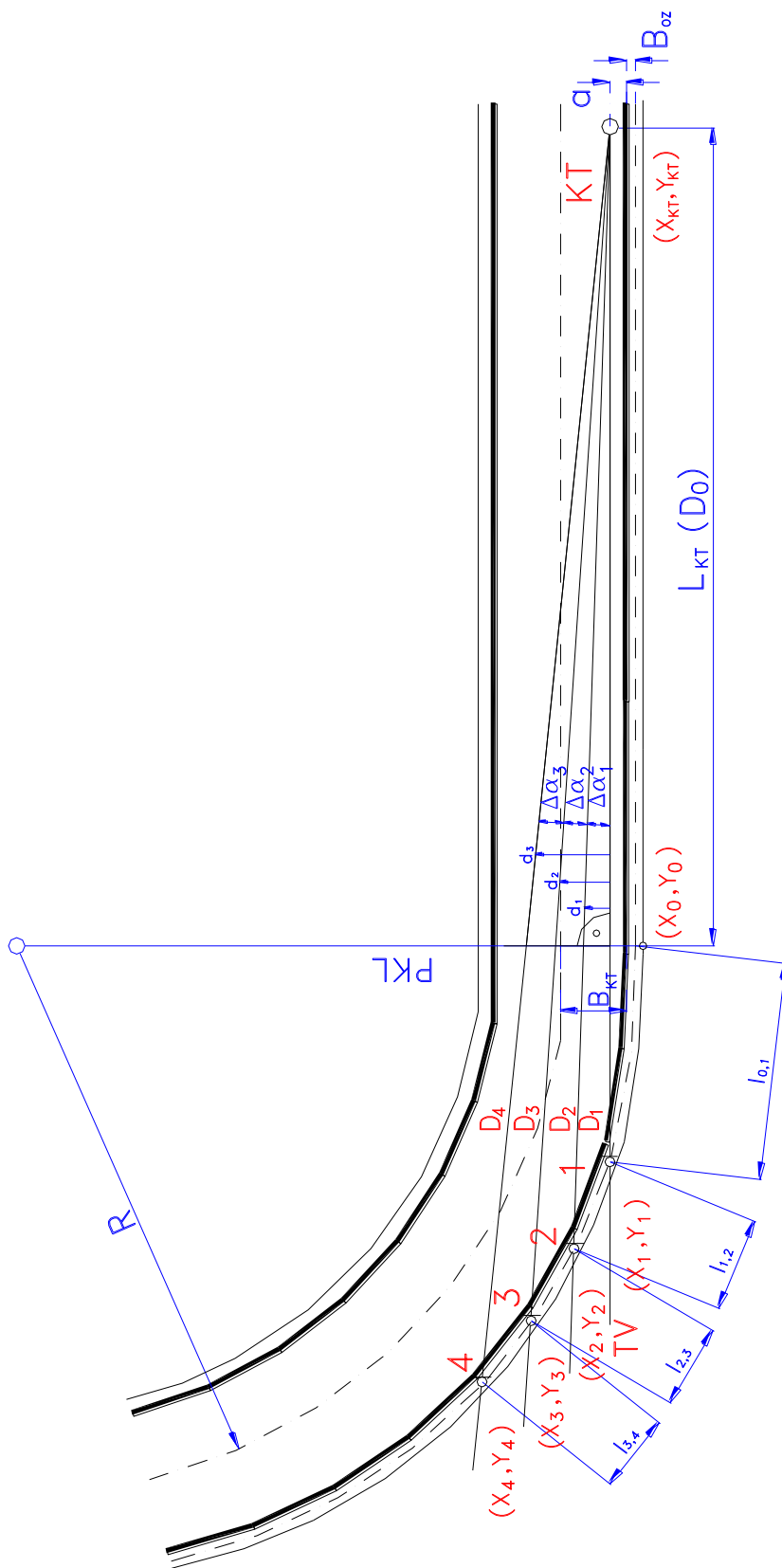
$$y_n = -tg \sum_{i=1}^n \Delta\alpha_i x_n + d_i, \quad d_i = a + B_{oz} + D_o tg \sum_{i=1}^n \Delta\alpha_i$$

izračuna se

$$D_n = \sqrt{(x_n - L_{KT})^2 + (y_n - y_{KT})^2} \quad [m] \quad (2)$$

$$l_{n-1,n} = \sqrt{(x_n - x_{n-1})^2 + (y_n - y_{n-1})^2} \quad [m]$$

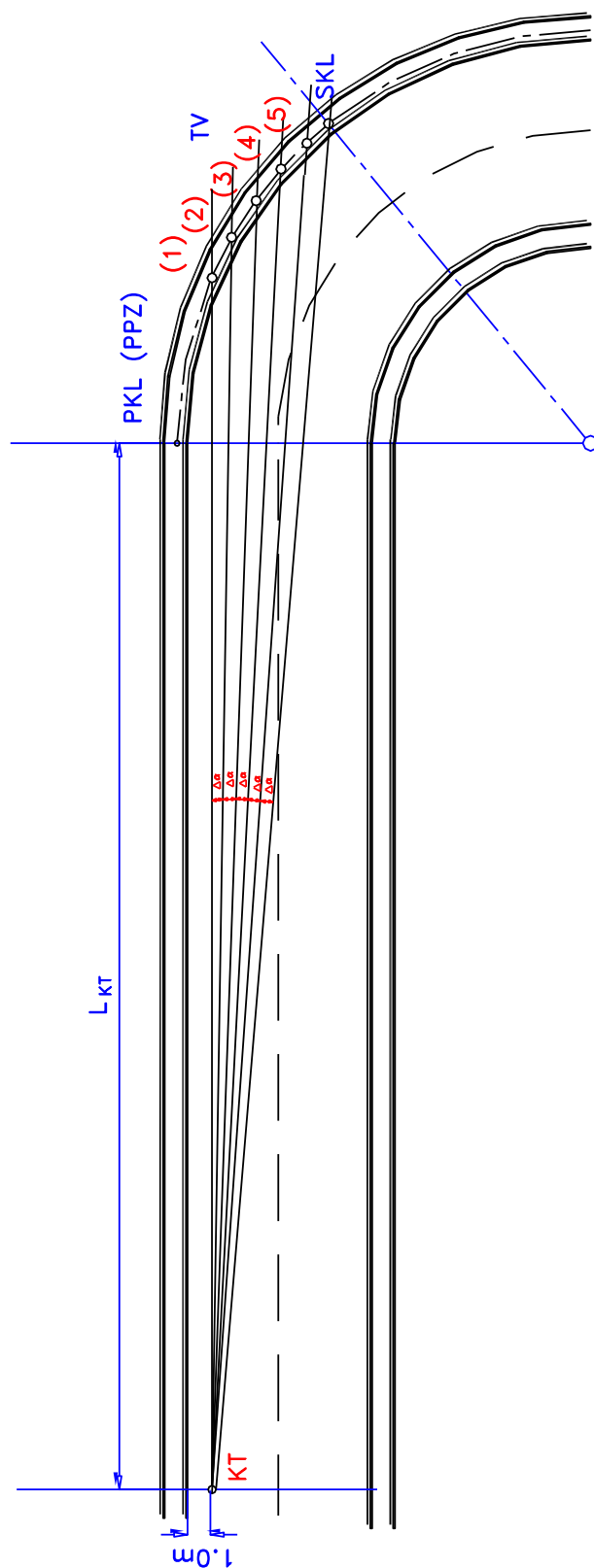
Matematička metoda na teren se prenosi kao i grafička metoda, samo su podaci o udaljenosti među znakovima znatno precizniji. Mogući je nedostatak ove metode u tome što treba imati podatke o zavoju koji u praktičnom radu za neke ceste nisu potrebni, a često nisu ni dostupni zbog nedostatka projektne dokumentacije ili sličnih razloga.



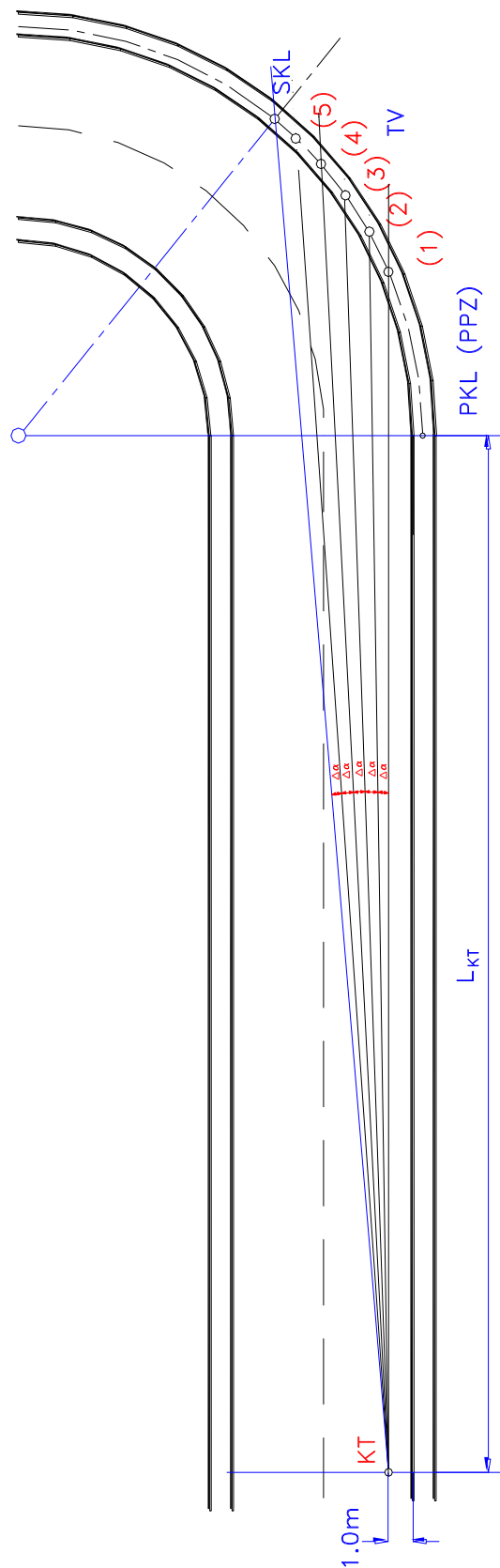
Slika 5. Shema matematičke metode postavljanja znakova [5]

| | |
|--------------------|--|
| TV | temeljna vizura, pravac paralelan s osi ceste, odnosno tangenta na zavoj velikog radijusa zavoja u kritičnoj točki (KT), udaljen od lijevog (desnog za Sliku 7.) ruba krajnjega lijevoga prometnog traka 1 m |
| KT | kritična točka na udaljenosti L_{KT} od početka kružnog luka (PKL) |
| a | udaljenost KT od lijevog ruba krajnjega lijevoga prometnog traka, 1,0 [m] |
| (x_{KT}, y_{KT}) | koordinate kritične točke [m, m] |
| (x_0, y_0) | ishodište koordinatnog sustava [m, m] |
| L_{KT} | udaljenost kritične točke (KT) od početka kružnog luka, mjerena po temeljnoj vizuri (KT-TV) [m] |
| D_0 | udaljenost KT od početka zavoja, paralelno uz os ceste [m] |
| $D_1.. D_n$ | udaljenost KT od mjesta postavljanja znaka n [m] |
| 1, 2...n | mjesto postavljanja znaka (položaj osi stupa prometnih znakova, ploča za usmjeravanje prometa) |
| (x_n, y_n) | koordinate mjesta postavljanja znaka n (koordinate osi stupa prometnih znakova, ploča za usmjerivanje prometa) [m, m] |
| PKL | početak kružnog luka zavoja |
| $\Delta\alpha_n$ | kut vizure (vidljivosti) između stupova (osi) dvaju susjednih prometnih znakova n i n-1 [°] |
| B_{KT} | poluširina kolničkog traka [m] |
| B_{OZ} | udaljenost osi znaka od kolnika [m] |
| $l_{0,1}$ | udaljenost prvog znaka od pomoćne kružnice luka radijusa osi postavljanja znakova i B_{OZ} [m] |
| $l_{1,2}$ | udaljenost između prvog i drugog znaka [m] |
| $l_{n-1,n}$ | udaljenost između n i n-1 znaka [m] |
| SKL | sredina kružnog luka zavoja |

Na Slikama 6. i 7. prikazan je način pronalaženja položaja prometnog znaka u desnom i lijevom zavoju.



Slika 6. Način pronalaženja položaja prometnog znaka (ploča za usmjeravanje prometa) desnog zavoja [5]



Slika 7. Način pronalaženja položaja prometnog znaka (ploča za usmjeravanje prometa) lijevog zavoja [5]

3.5 Principi postavljanja vertikalne signalizacije

Učinkovitost prometnih znakova ovisi o mnogo čimbenika i to objektivno mjerljivih, ali i subjektivnih. Zato je projektiranje samog znaka i njegovo postavljanje na prometnicu složeno. Zbog toga se i danas obavljaju mnoga istraživanja radi dobivanja optimalnih rješenja. [35]

Prometni znakovi igraju vitalnu ulogu u usmjeravanju, informiranju i kontroliranju ponašanja sudionika u prometu, u nastojanju da se ceste pokažu sigurnima što je više moguće za sve sudionike u prometu. [37] Stoga je znanje o prometnim znakovima bitno. To osim novih vozača uključuje i iskusne vozače, ali i sve sudionike u prometu, a prvenstveno daje veliku odgovornost projektantima prometnica i prometne signalizacije.

Znanstvenici pokušavaju naznačiti koji prometni znakovi mogu izvršiti jači utjecaj na određenim zavojima, ali nijedan još ne objašnjava kako vozač reagira na znak. Ono što je poznato jest to da prometni znakovi mogu smanjiti broj prometnih nesreća u zavojima na način da vozači postanu svjesni opasnosti ispred njih, ali kada su prometni znakovi previše korišteni, njihova učinkovitost dolazi u pitanje [38].

Vertikalna signalizacija čini skup posebnih oznaka namijenjenih sudionicima u prometu, one se, u odnosu na prometne površine, lociraju u vertikalnoj ravnini. Osnovna namjena vertikalne signalizacije, kao i horizontalne, jest upravljanje kretanjem po mreži. Drugim riječima, prometni znakovi mogu se tretirati kao jedno od tehničkih sredstava za reguliranje i upravljanje prometnim tokovima.

Ovisno o situaciji značaj vertikalne signalizacije očituje se u činjenici da korisnicima prenosi neophodne informacije o dozvoljenim brzinama, prioritetima i režimima kretanja na pojedinim segmentima prometne mreže.

Signalizacija treba pravovremeno i kontinuirano savjetovati, upozoravati i usmjeravati sudionike u prometu čime izvršava zahtjeve koji su određeni projektiranom strategijom reguliranja prometa. U svakom trenutku [39] mora jasno i nedvosmisleno ukazati korisnicima sustava kojim se dijelom prometne mreže smiju ili trebaju kretati kako bi došli do željenog cilja, s ciljem obavljanja sigurnog kretanja.

Kako bi signalizacija bila što kvalitetnija, mora biti realizirana prema sljedećim principima i zahtjevima [40]:

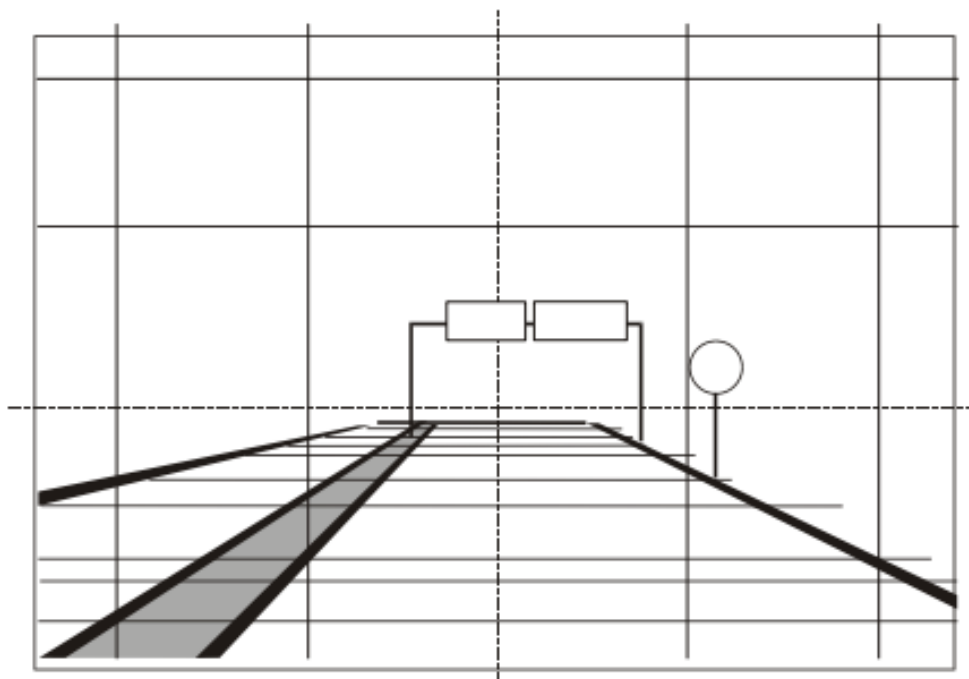
- **PRINCIP VREDNOVANJA** - proces kontakta korisnika i prometne signalizacije kratkotrajan je i ostvaruje se u samo nekoliko sekunda. Iako je tako kratkotrajan, to je u suštini vrlo složen proces koji, uz ostalo, uključuje i vrednovanje svrsishodnosti ponuđenih informacija i naredbi. To projektante u prometu obavezuje da korisnike oslobode svih suvišnih ili loše koncipiranih informacija.
- **PRINCIP KONCENTRACIJE** - sve informacije koje nosi signalizacija moraju biti funkcionalno razdvojene kako bi se korisnik mogao koncentrirati na poruku koja je za njega relevantna. U slučaju istovremene potrebe za više informacija signalizacija mora biti izvedena tako da se to postigne bez izlaganja korisnika posebnim naporima.
- **PRINCIP SELEKCIJE** – učinkovitost pojedinih podsustava, kao i cjelokupnog sustava prometne signalizacije, ovisi o selektivnosti. Selektivnost ponuđenih informacija značajno utječe na njihovo brzo, pravovremeno i pravilno razumijevanje. To se mora postići pravilnim projektiranjem, izvođenjem i pažljivim postavljanjem svakog elementa, nosioca informacije.

Korisnik koji prilazi nekom od znakova vertikalne signalizacije trebao bi bez smanjenja brzine kretanja prepoznati informaciju prije nego što bude u stanju pročitati njenu poruku, da je zatim shvati i s povjerenjem prihvati te da ima dovoljno vremena donijeti odgovarajuću odluku i poduzeti akciju prije nego stigne do mjesta na koje se poruka odnosi. Vrijeme koje je vozaču potrebno za svaku od ovih faza ovisi o brojnim subjektivnim i vanjskim utjecajima, na primjer atmosferskim, prometnim ili uvjetima okruženja, ali i o kvaliteti, načinu postavljanja i složenosti poruke svakog znaka posebno. [40] Temeljem prethodnih tvrdnji moguće je postaviti osnovne zahtjeve koje vertikalna signalizacija treba ispuniti. To su [35]:

- **ZAHTJEV ČITLJIVOSTI** - svi elementi prometnog znaka moraju biti čitljivi
- **ZAHTJEV RAZUMLJIVOSTI** - trebaju biti koncipirani i prezentirani na način da su podjednako razumljivi svim sudionicima u prometu
- **ZAHTJEV UNIFORMIRANOSTI** - sva mjesta istih funkcija i karakteristika trebaju na isti način biti opremljena prometnim znakovima
- **ZAHTJEV KONTINUIRANOSTI** – kako bi sudionik u prometu na svim dijelovima prometne mreže bio kontinuirano obaviješten

- ZAHTJEV KONSTANTNOSTI – da prometni znakovi zadrže isti oblik, boju i veličinu danju i noću
- ZAHTJEV UOČLJIVOSTI – prometni znakovi moraju biti uočljivi u svim vremenskim uvjetima i različitim uvjetima okoline
- ZAHTJEV JEDNOSTAVNOSTI – prometni znakovi moraju biti na onoj razini detaljnosti koja osigurava njezinu punu učinkovitost
- ZAHTJEV JEDNOOBRAZNOSTI – da budu jednoobrazni neovisno na kojem dijelu prometne mreže trebaju djelovati.

U slučaju kojim se bavi ovaj rad, svakako treba istaknuti zahtjev uniformiranosti, odnosno bitnost da su svi opasni zavoji označeni na isti način te da svakom sudioniku u prometu naglašavaju što i kako treba učiniti u slučaju nailaska na pojedini znak. No, nimalo za spomenutim zahtjevom ne zaostaju ni drugi složeni zahtjevi koji trebaju osigurati sigurno i učinkovito upravljanje prometom. Pritom se ne smije zanemariti kako je pri projektiranju i izvođenju potrebno primjenjivati nova znanstvena saznanja te ispuniti osnovne estetske, ekološke, ekonomske i druge zahtjeve te standardizirati postupke projektiranja i izrade signalizacije.



Slika 8. Centralno polje vozačeve pažnje [40]

Kako se kontakt između vozača i vertikalne signalizacije tijekom vožnje realizira u nekoliko sekundi, a u svakom trenutku osim pojedinih elemenata prometnice i signalizacije u vidnom su polju vozača i drugi objekti koji mogu ometati učinkovitost vidljivosti prometnih znakova, pri postavljanju vertikalne signalizacije treba također ispuniti nekoliko zahtjeva.

Zahtjevi su koji utječu na učinkovitost postavljenog prometnog znaka sljedeći[40]:

1. Odgovarajuća veličina znaka i simbola u izravno ovise o značaju prometnice i brzini koja se ostvaruju na njoj.
2. Boja je znaka bitna jer se i njome definira vrsta poruke koja se prenosi korisnicima. Uz to, vrlo je bitno da se koriste uvijek iste odgovarajućim standardima definirane boje.
3. Svjetlosni kontrast izravno utječe na čitljivost znaka, stoga je nužno uvijek ostvariti maksimalni kontrast između boje podloge i boje elemenata na njoj. Međutim, to nije dovoljno pa treba voditi računa da se omogući i kontrast između boje osnove i boje okruženja kako bi znak bio jasno uočljiv.
4. Visina slova i simbola te razmak između njih imaju poseban utjecaj na čitljivost znaka. Zato je ovaj element predmet proračuna na bazi brzine kretanja vozila i uvjeta čitljivosti. Uz to, na čitljivost znaka može utjecati i razmak između slova odnosno simbola.
5. Broj informacija posebno utječe na čitljivost znaka. Vozaču nije moguće prenijeti veliki broj informacija u kratkom periodu koliko traje čitanje znaka. Znakovi s velikim brojem informacija postaju nečitljivi, a time i nerazumljivi.
6. Osvijetljenost znaka izravno utječe na vidljivost znaka, posebno u noćnim uvjetima. Ostvaruje se ili ugradnjom svjetla na znaku ili primjenom visokokvalitetnih reflektirajućih materijala. Naravno, primjena svjetla ili drugih materijala mora biti pažljivo odabrana kako ne bi dolazilo do preosvijetljenosti i potpune nečitljivosti znaka.
7. Održavanje prometnog znaka mora se obavljati redovno i kvalitetno i vrlo je bitno radi dviju namjera. Dobrim i redovnim održavanjem znakova osigurava se uvijek dobra vidljivost znaka. Uz to, redovno održavanje značajno utječe na vijek trajanja prometnog znaka što s ekonomske točke gledišta nikako ne može biti zanemareno.



Slika 9. Primjer lošeg održavanja okoline opasnog zavoja [autorova fotografija]



Slika 10. Potpuno prekriven znak K14 [autorova fotografija]

4 GEOREFERENCIRANI VIDEOZAPIS

Georeferenciranje je postupak prevođenja opisnog lokaliteta u objekt na karti, s pridruženim geografskim koordinatama i vrijednošću njihove nesigurnosti. [41] Georeferenciranje se može primijeniti na bilo koju vrstu objekta ili konstrukcije koji se mogu odnositi na zemljopisni položaj, kao što su ceste, mostovi, zgrade i drugo. [42]

U slučaju cestovnog prometa georeferencirani video omogućava pogled na infrastrukturu iz perspektive vozača u laboratorijskim uvjetima koji su bitno različiti od uvjeta na terenu. To omogućava detaljniju analizu i olakšava percepciju predmetnog istraživanja.

Razvoj informatičke tehnologije i razvoj preciznih sustava radionavigacije otvorili su široku mogućnost primjene geografskih informacijskih sustava (GIS)⁸ i približili ih širem krugu korisnika. GIS orijentirane aplikacije omogućuju povezivanje različitih tipova podataka u svrhu ostvarivanja kompleksnih analiza. Razvoj ovakvih sustava potaknut je sve većim zahtjevima za brzim i jeftinim načinom za prikupljanje, obradu i pohranu velike količine podataka. Iako je takav način prikupljanja podataka poznat i od ranije, segment potrebe za obradom velike količine podataka bio je prepreka i imao je negativan utjecaj na primjenjivost i praktičnost takvog sustava [43]. Temeljna odlika kvalitetnih geografskih informacijskih sustava očituje se pogodnim strukturiranjem podataka radi lakšeg pretraživanja i pristupanja podacima. Podaci strukturirani unutar videozapisa nisu iznimka i odgovarajućim modelom pohrane podataka treba olakšati korisnikovo pretraživanje i pristupanje traženim podacima.

S obzirom da se svako zapisivanje videozapisa događa u prostoru s četiri dimenzije, sistematizirano dodjeljivanje adekvatnih koordinata svakom pojedinom segmentu videozapisa zadovoljilo je postavljene zahtjeve.

⁸ **Geografski informacijski sustav** sustav je za upravljanje prostornim podacima i njima pridruženim osobinama

4.1 Općenito o georeferenciranom videozapisu

Georeferenciranje je postupak dodjeljivanja geografskih koordinata prostorno orijentiranim informacijama, skupovima informacija, objektima ili apstrakcijama objekata.

Digitalni videozapis sačinjen je od slijeda grupiranih informacija koje se nazivaju „okviri“⁹ s unaprijed točno utvrđenim, vrlo kratkim, vremenskim razmakom slijeđenja. Taj elementarni gradivni element videozapisa može se promatrati kao jedinstvena cjelina koja postoji u sve četiri dimenzije. Dodjeljivanjem geografskih koordinata svakom zasebnom okviru moguće je izvršiti georeferenciranje videozapisa. Postupak georeferenciranja videozapisa moguće je automatizirati korištenjem sustava satelitske radionavigacije u sprezi s aplikativnim softverom za snimanje videozapisa. [42]

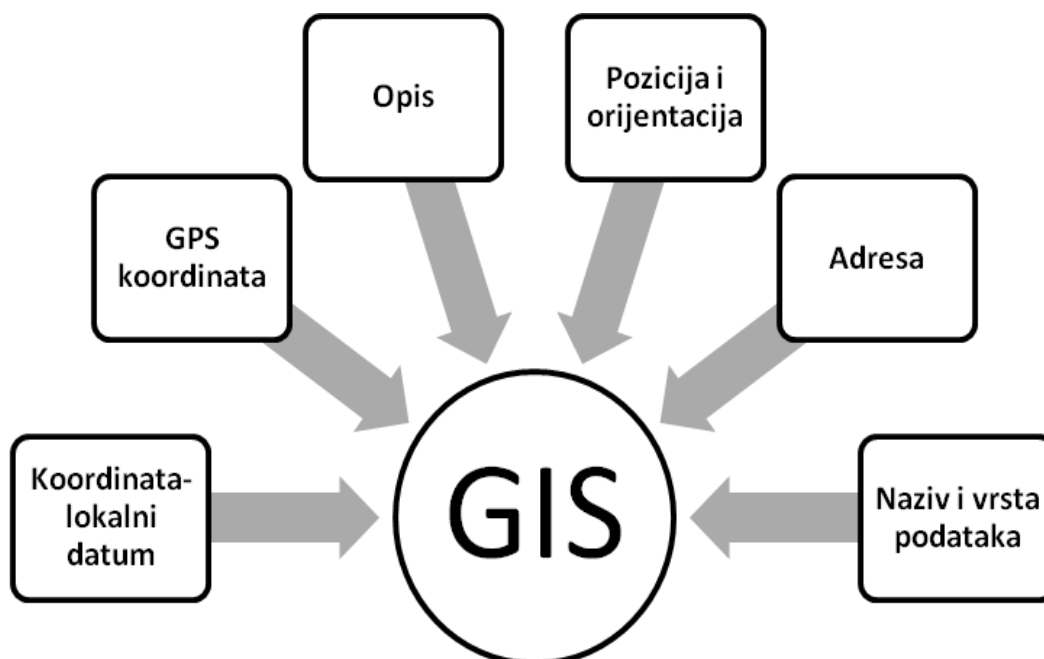
Također, za pozicioniranje videozapisa u prostornim koordinatama uz klasične metode pomoću satelitskog pozicioniranja mogu se koristiti i nove metode ispravljanja pogreške sustava korištenjem različitog skupa aktivnih i pasivnih senzora koji zajedno tvore sustav inercijalne navigacije. [44] Takva korekcija nužna je u uvjetima u kojima se ne može postići dovoljna dostupnost radiosignala sustava za pozicioniranje. Prostorne i infrastrukturne karakteristike kao što su tuneli, garaže, usjeci, urbani kanjoni i sl. koji mogu potpuno onemogućiti korištenje sustava radionavigacije iznimno su česte na cestovnoj infrastrukturi posebice u izgrađenim sredinama. Dodjeljivanje geografskih koordinata videozapisu omogućava integraciju putanje snimanja videozapisa na različitim GIS slojevima podataka.

Videozapis se prikazuje kao zaseban sloj podataka tj. skup točkastih objekata postavljenih u prostoru nad kojima je moguće izvršavati različite upite. Pokretanje videozapisa odvija se na način da korisnik koristeći alat za prostornu selekciju određuje poziciju u prostoru s koje želi započeti reprodukciju videozapisa. Radi lakšeg snalaženja, putanja snimanja videa prikazana je na kartografskim podacima. [8]

Mogućnost preklapanja podataka iz različitih izvora osnovna je odlika geografskih informacijskih sustava. Mogućnost postavljanja upita kroz više slojeva prostornom selekcijom ili selekcijom skupova podataka nužna je prigodom postizanja zahtjeva jednostavnosti pristupa informacijama [45].

⁹ Okvir – eng. frame

Integracija prikaza putanje kretanja videozapisa kroz prostor s rasterskim ili vektorskim podlogama u obliku karata, katastara, digitalnih ortofotosnimaka ili sl. pruža korisniku jednostavnu mogućnost navigacije kroz videozapis i učinkovit pronalazak željenih informacija.



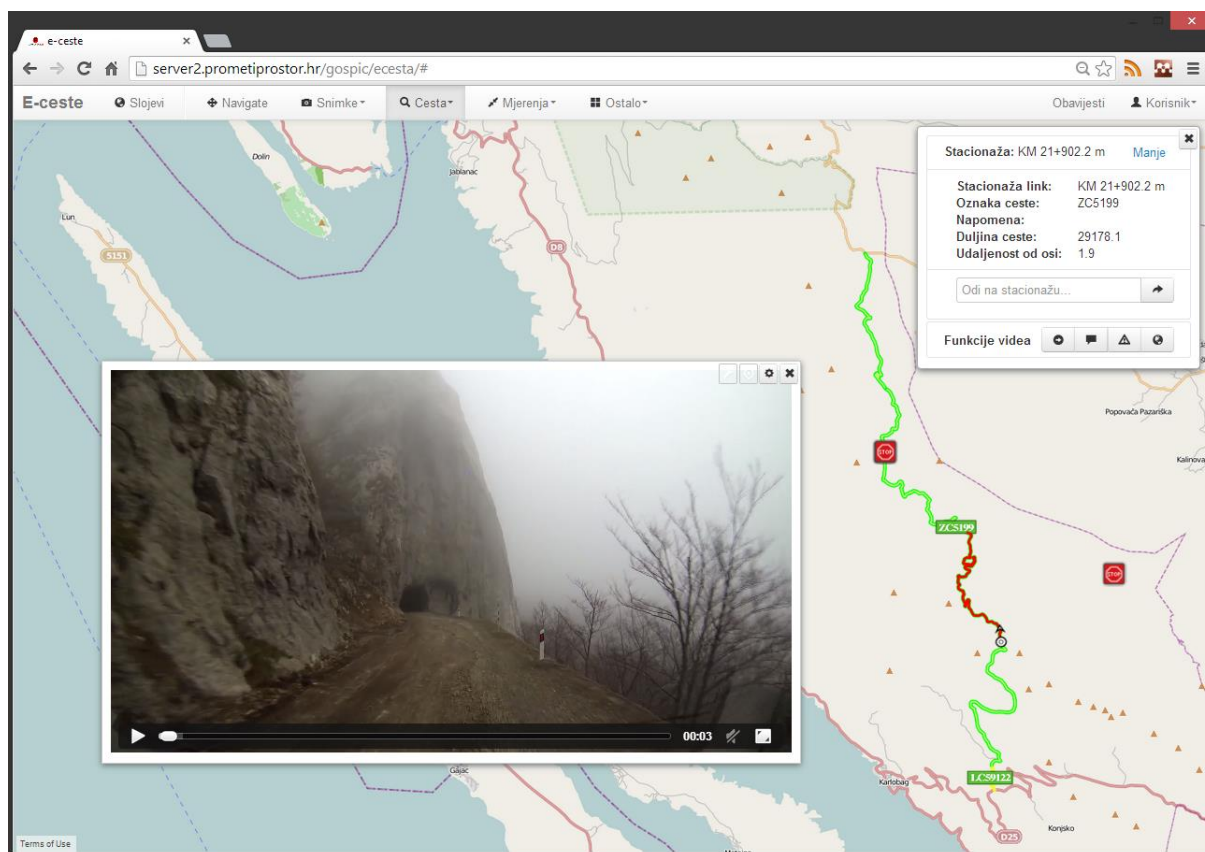
Slika 11. Struktura GIS podataka [46]

Moderni sustavi za prikupljanje georeferenciranoga videozapisa u potpunosti su automatizirana rješenja koja je moguće postaviti na bilo koju pokretnu platformu. Takvi sustavi mogu djelovati u visoko preciznom radnom modalitetu, a za prikupljanje podataka koriste se videokamere visoke rezolucije, sustavi satelitske navigacije, multisenzorski inercijalni navigacijski uređaji i procesne platforme (računala, pametni telefoni ili sl.) koje obavljaju integraciju podataka u realnom vremenu. Postoje rješenja s jednom, dvjema, trima ili četirima kamerama ovisno o zahtjevima i potrebama korisnika.

Sustav s četirima kamerama nudi pokrivenost od 360⁰. Sustav s dvjema kamerama u istom trenutku pruža nam snimku koju vidi i sam vozač, a pruža i mogućnost istovremenog snimanja suprotnog smjera od smjera kretanja. Na ovaj način izbjegava se potreba za obavljanjem dvostrukih mjerenja na prometnicama s dvama smjerovima kretanja. Prikupljanje podataka za potrebe ovog istraživanja obavljeno je kamerom visoke rezolucije na mobilnom uređaju s Android platformom koja podržava snimanje s georeferenciranim podacima. U ovom slučaju korišteni su pametni telefoni marke Samsung Galaxy S4 i Galaxy A5.

Iako za ovo istraživanje nije bilo potrebe za analizom postojećeg stanja prometne infrastrukture, potrebno je istaknuti da su istraživanja i prikupljanja podataka o prometnoj infrastrukturi često najopsežniji dio rada na projektu tj. onaj dio postupka izrade projekta koji iziskuje najviše terenskog rada i troškova, dok je sustavni pristup analizi postojećeg stanja unutar prometnog sustava i lociranja problema preduvjet svakom kvalitetnom izučavanju prometnih tehnoloških procesa.

Stoga je moguće metodu snimanja i naknadne vizualizacije prometne infrastrukture upotrebom georeferenciranoga videozapisa koji je snimljen iz perspektive oka vozača upotrijebiti i u drugim slučajevima kada je potrebna što kvalitetnija analiza postojećeg stanja prometne infrastrukture analiziranog područja. Ovakav pristup analizi prikazao se iznimno učinkovitim. [7]



Slika 12. Analiza prometne infrastrukture korištenjem georeferenciranoga videozapisa snimljenog iz perspektive vozačeva oka [47]

U tim slučajevima vrijeme utrošeno na prethodna i preliminarna terenska istraživanja moguće je smanjiti i do 90 posto te pri tome osigurati jednostavno i ekonomski prihvatljivo

rješenje dodatnih istraživanja i analiza korištenjem sustava za reprodukciju georeferenciranoga videozapisa bez potrebe za naknadnim terenskim radom.

U ovome se radu georeferencirani video koristi kao metoda određivanja i vizualizacije opasnih mjesta na cestama u svrhu sanacije. Sustav za snimanje i reprodukciju georeferenciranoga videozapisa iznimno je koristan alat u svrhu istraživanja prometne situacije iz položaja oka vozača i pri brzini adekvatnoj brzinama koje se postižu u stvarnosti.

Ovakva metoda izučavanja vozačeve okoline korisna je kako pri analizi postojećeg stanja tako i pri evaluaciji terapijskih metoda. Iskustva u sanaciji opasnih mjesta pokazuju da je ovakvim pristupom moguće postići značajne rezultate na smanjenju broja nesreća i stradalih osoba.

Geografski informacijski sustavi, iako zahtijevaju znatne resurse kod postavljanja i unosa podatka, predstavljaju nezamjenjiv alat prigodom izrada različitih tipova analiza. Georeferencirani video kao jedan od slojeva podataka pridodanih skupu geoinformacijskih sadržaja omogućava dodatnu dimenziju virtualne vizualizacije prostora, a snimanje iz perspektive oka vozača osigurava jednostavnost prikupljanja podataka i mogućnost naknadne, vremenski neograničene, detaljne analize, a ponovljivost analize glavna je prednost ovakvog pristupa. Iznimno je važno percipirati da se promjene na cestovnoj infrastrukturi i prometnoj opremi osim u prostoru događaju i u vremenu, stoga sustavi georeferenciranoga videozapisa trebaju omogućiti vođenje evidencije kako bi se osigurao integritet analiziranih podataka. [48]

Daljnjim razvojem geografskih informacijskih sustava i srodnih pratećih tehnologija otvorit će se neslućene mogućnosti poboljšanja metoda istraživanja i analize prometnih tehnoloških procesa u realnom vremenu s kvalitetnim informacijama o stanju pratećih infrastrukturnih objekata. S obzirom na prirodnu interdisciplinarnost prometa dostupnost kvalitetnih analiza koje rezultiraju sustavnim dodavanjem „prometnog sloja“ unutar GIS sustava generirat će transparentne i dostupne podatke koji će u optimizaciji procesa u tehnologiji prometa polučiti najznačajnije rezultate. [49]

Iz prethodnog je vidljivo da su mogućnosti georeferenciranoga videozapisa pri prikupljanju podataka o cestama i sigurnosti na cestama mnogo šire od onih korištenih u ovome istraživanju. Ovdje se georeferencirani videozapis koristi samo za dobivanje koordinata početka opasnog zavoja kako bi se učinkovitije izradio projekt za sanaciju opasnog zavoja.

4.2 Prikupljanje podataka

Iako su do sada poduzete brojne mjere kako bi se smanjio broj nesreća, još uvijek treba smišljati nove pristupe sigurnosti na cestama. Podaci o prometnim nesrećama i infrastrukturi prikupljaju se kontinuiranim tradicionalnim metodama kojima nije moguće predvidjeti nepravilnosti i opasnosti na cesti, već ih se samo može sanirati nakon nesreće. S obzirom da je okolina prometnice i sama prometnica u stalnom razvoju, potrebno je kontinuirano ažuriranje stanja na cestama. Jednostavnost pristupa internetu znatno proširuje dostupne informacije i krajnja je korist puno veća. Potrebno je razviti nove metode analize za obavljanje sanacije opasnih mjesta promjenom vozačke perspektive. Na taj način sudionici u prometu mogu pravovremeno, jasno i nedvosmisleno, i u nepovoljnim uvjetima, uočiti opasnost na cesti, a na taj način izbjegle bi se nesreće.

Razvoj informacijske tehnologije i razvoj preciznih radionavigacijskih sustava otvorio je širok spektar mogućnosti primjene geografskih informacijskih sustava pa su napravljene GIS-orijentirane aplikacije dostupne širem krugu korisnika. GIS-orijentirane aplikacije omogućavaju povezivanje različitih vrsta podataka kako bi se ostvarile složene analize. Bazirano na informacijskim i komunikacijskim tehnologijama (ICT) inteligentni transportni sustavi (ITS) prikupljaju podatke o stanju cestovnog prometa iz različitih izvora. Glavna je svrha usluge za prikupljanje i analizu prometnih i drugih podataka potrebnih za siguran promet da mobilnost učini sigurnom i da je promet kontroliran na svim dionicama.

Redovno statističko prikupljanje prometnih podataka te periodički nadzor i kontrola prometnih okolnosti omogućuju prediktivno i planirano upravljanje prometnim aktivnostima na određenoj prometnoj infrastrukturi. Osnovni je cilj prediktivnog upravljanja prometnim procesima produženo vrijeme optimalnih prometnih procesa na prometnicama i smanjenje broja nepotrebnih zastoja i prekida te predvidljivih incidenata. To je najpovoljnija i najekonomičnija alternativa upravljanju i optimizaciji prometa jer omogućava dinamičko otklanjanje unaprijed predviđenih nepravilnosti u prometnom procesu. [50]

Inteligentni transportni sustavi obavještavaju sudionike o predstojećim prometnim situacijama, to su npr. savjeti za vozača ili putnike o zagušenjima na cesti, informacije o incidentima i podaci o naplati cestarine. Primarna svrha integracije informacijskih sustava i samog prometa jest povećati sigurnost svih sudionika u cestovnom prometu.

Kako bi se podigla svijest putnika i / ili vozača o potrebi povećanja sigurnosti na cestama, na kraju je procesnog lanca korisnički usmjerena distribucija i vizualizacija podataka o prometu.

Informacijski sustavi za upravljanje prometom moraju biti sposobni adaptivno djelovati u stvarnom vremenu kako bi se ostvario maksimalni učinak. Dobro i dinamično prilagodljivo upravljanje protokom prometa smanjuje mogućnost incidentnih događaja te na taj način znatno povećava sigurnost na cestama. Na taj način moguće je deregulirati promet prije nego dođe do zagušenja i na taj način optimalno iskoristiti prometnu infrastrukturu. [51]

Takvi informacijski sustavi sastoje se od sljedećih komponenti:

- komunikacijskog sustava za prijenos informacija (svjetlovodni prijenosni sustav)
- sustava za prikupljanje i obradu informacija – treba postići izravan pristup informacijama, povećati brzinu i kvalitetu odlučivanja
- višemedijskog sustava za distribuciju informacija – poseban naglasak treba staviti na potrebe korisnika
- centra za upravljanje prometom (TMC - Traffic Management Center) - osnovne su funkcije centra za upravljanje prometom detektiranje incidentnih situacija u realnom vremenu, informiranje svih sudionika u prometu o incidentu te upravljanje u koordinaciji s žurnim službama. [50]

4.3 Evidencija i vođenje podataka

Vjerojatno je najbitnija etapa u procesu detekcije opasnog mjesta prikupljanje podataka o cestama, prometu i prometnim nesrećama. Što je više kvalitetnih i točnih podataka prikupljeno i na optimalan način uvedeno za praćenje, to će rješenje o sanaciji biti točnije i prihvatljivije, što će kasnija evaluacija potvrditi.

Dvije su zajedničke metode za praćenje lokacija visokoga rizika:

- **Popis** - na temelju statistike nesreća ukazuje na koncentracije s najvećom frekvencijom nesreća s ozljedama. Popis se dijeli i na raskrižja i cestovne dionice navodeći broj nesreća koje uključuju ozljede po kilometru.

- **Karta** - obično upravlja vlasnik ceste kojem je dužnost redovito ažurirati kartu sa snimkom svih nesreća. Karte je moguće ažurirati ručno (pribadače u boji ovisno o ozbiljnosti prometne nesreće) ili putem posebnog softvera (toplinska karta - *heat map*). To omogućuje brz način za vizualizaciju najopasnijih mjesta i dijelova ceste [52].

Temeljem prikupljenih podataka moguće je svrstati prometne nesreće u klustere. U kontekstu upravljanja prometom, klaster nesreća je skupina grupiranih točaka s podacima koji ukazuju na mjesta s visokim udjelom nesreća na prometnicama.

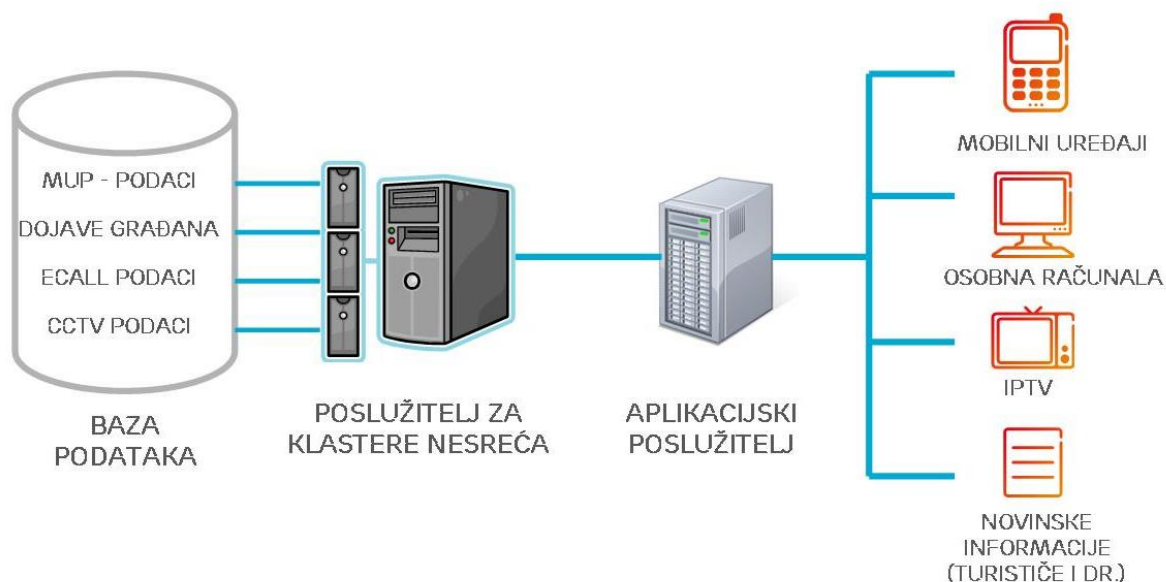
Klasteri nesreća predstavljaju skupinu geoprostorno organiziranih prometnih podataka na temelju podataka o prometnim nesrećama. Klasteri nesreća, kao baze podataka o nesrećama, uvode novu dimenziju u obliku iskustva u prometno svjesne sustave osiguravajući informacije o trenutačnim nesrećama te o onima koje su se prethodno dogodile u zadanom razdoblju. Glavni dio klastera nesreće temelji se na povijesnim izvješćima prometnih nesreća prikupljenim u određenom razdoblju, a temeljem tih podataka ne mogu se predvidjeti potencijalne opasnosti na cestama. [53]



Slika 13. Karte gomilanja prometnih nesreća [52]

Stoga treba različite izvore podataka o stanju i uvjetima na cestama (TV, radio, internet), kombinirati s empirijskim i povijesnim podacima (Slika 14.). [50] Informiranost o situaciji u prometu predstavlja temelj više razine ITS usluga kao što su: savjeti vozačima ili putnicima, osobna navigacija, zagušenja na cesti, informacije o incidentima ili naplata cestarine.

Njihova je primjena velika, a primarna je svrha integracije informacijskih sustava i samoga prometa povećanje sigurnosti svih sudionika cestovnog prometa. Na kraju je lanca procesa podizanja svijesti putnika i/ili vozača o potrebi povećanja prometne sigurnosti korisnički usmjerena distribucija i vizualizacija prometnih informacija [54].



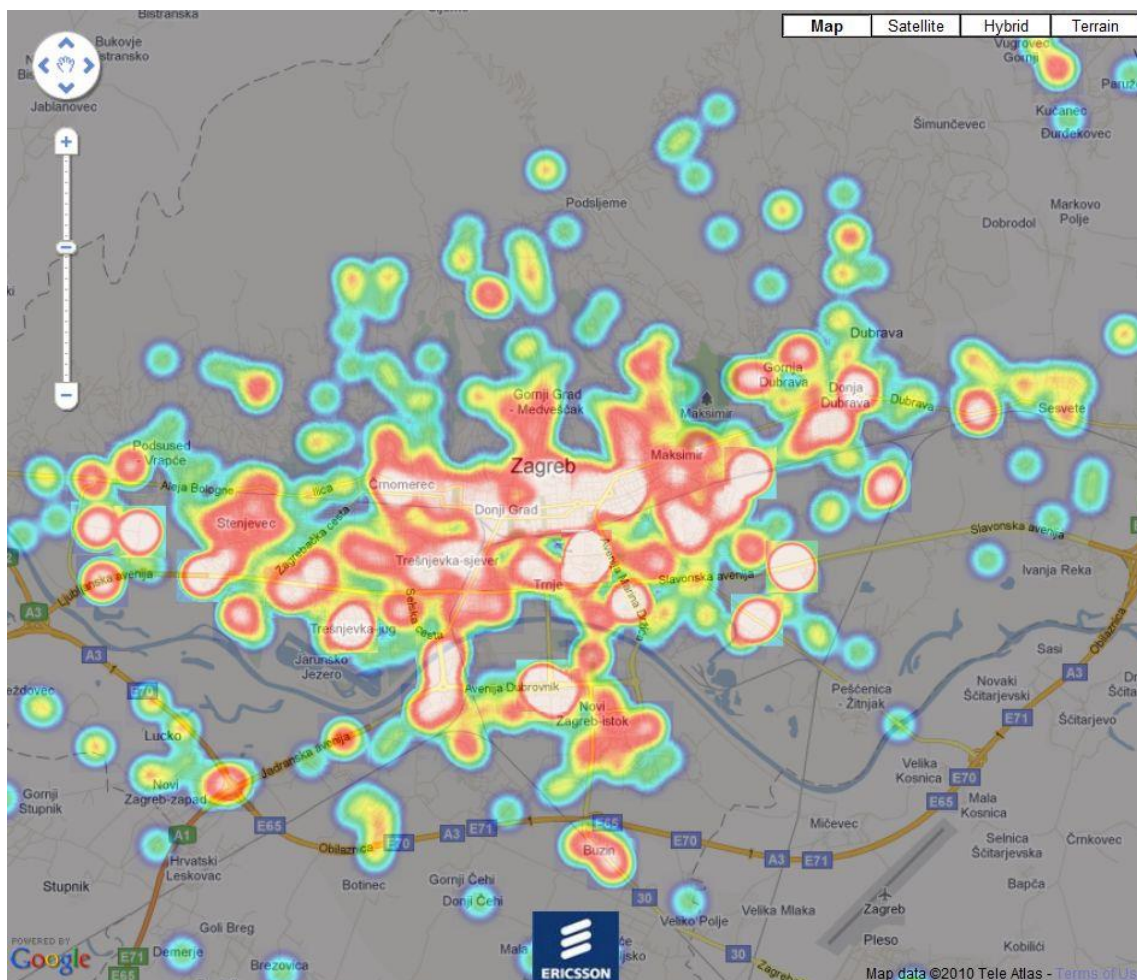
Slika 14. Sinergija različitih izvora podataka [50]

Klaster se stalno ažurira novim izvješćima koja su prikupljena pomoću semantičkog weba. Pronalaze se specijalizirane web stranice koje svakodnevno objavljuju podatke o novim prometnim nesrećama i prikuplja potrebne podatke; adresu, opis nesreće i vrstu. Klaster se nadopunjuje novim podacima.

Rezultat je karta (Slika 15.) koja se stalno razvija, a može se vizualizirati markerima ili kartom topline (*heat map*) koja odražava prometne uvjete gotovo u realnom vremenu što može znatno poboljšati prostornu i situacijsku svjesnost kroz distribuciju na različite načine i platforme, kao što su dinamičke toplinske karte, običan tekst, IPTV¹⁰ emitiranja, fotografije, RDS¹¹, elektroničke ploče uz ceste i sl. [55]. Karta klastera nesreća može se vizualizirati pomoću mobilnih uređaja ili na stolnim računalima.

¹⁰ IPTV – Internet protocol TV

¹¹ RDS – radijski podatkovni sustav



Slika 15. Primjer toplinske mape na području Zagreba [56]

Nakon što su podaci o prometnim nesrećama prikupljeni, potrebno je odabrati opasnu lokaciju za sanaciju. Pri pogledu na kartu (Slika 15.) ili toplinsku mapu vidljivo je sljedeće:

- postoje dijelovi prometne mreže s ekstremno malim postotkom nesreća u duljem vremenskom periodu
- postoje kraće dionice prometnica na kojima ima mnogo prometnih nesreća
- istraživanjem geometrijskih karakteristika dionica prometnica (zavoja, ravnih dijelova, profila...) moguće je zaključiti da su isti elementi i na dionicama s malo nesreća i na dionicama s mnogo nesreća te da taj faktor ne utječe izravno na stvaranje prometnih nesreća. [57]

U kontekstu upravljanja prometom klasteri nesreća ukazuju na lokacije na prometnicama na kojima se događa veći broj prometnih nesreća. Glavna je namjena ovakvih

klastera informirati korisnike o opasnim cestama, cestama smanjene sigurnosti i cestama s brojnim prometnim nesrećama.

Upotrebom ovakvih sustava korisnici mogu pretraživati i informirati se o svim nesrećama koje su se dogodile u posljednjih nekoliko godina korištenjem određenih pretraživačkih zahtjeva (razdoblje, broj nesreća i sl.). Također, oni mogu planirati svoje rute i vizualizirati podatke o prometnim nesrećama koje su se dogodile na određenom pravcu.

S druge strane, ovakve karte pomažu prometnim stručnjacima i projektantima pri definiranju opasnih mjesta na cestama i mogućnostima njihove sanacije.

Brojne prometne nesreće nastaju zbog neodgovarajućeg razumijevanja informacija o pružanju ceste i njenim elementima. Tako opći dojmovi, temeljem ukupnih informacija iz okoline ceste, mogu biti u neskladu s onima koje ukazuju na opasnosti. To se uglavnom svodi na tri znakovite situacije:

1. Vozač ne prepoznaje dostatno jasno sliku pružanja ceste, ne smanjuje brzinu i potencijalni je uzročnik prometne nesreće, ili je u nekim uvjetima i uzrokuje.
2. Vozač ne prepoznaje ili pravodobno ne prepoznaje prioritet odvijanja prometa na križanju što uzrokuje prometnu nesreću zbog neustupanja prednosti, prolaska kroz crveno svjetlo ili zbog nagloga kočenja.
3. Nedostatna je uočljivost vozila u pokretu (neosvijetljena ili slabo osvijetljena vozila u pokretu, noću, u sumraku, ali i danju) te postoje razne vizualne zapreke između vozila i pješaka.

5 METODA SANACIJE OPASNIH MJESTA UPOTREBOM GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA

Podaci prikupljeni georeferenciranim videozapisom integriraju se u posebno razvijenu aplikaciju kojom se korisniku omogućava pozicioniranje i reprodukcija snimljenog materijala u prostoru. U vrijeme snimanja bilježi se stvarno stanje ceste i signalizacije (horizontalne i vertikalne).

Temeljna su polazišta pri izradi analize:

1. Za događanje prometnih nesreća nisu samo ili gotovo samo odgovorni vozači i pješaci kao neposredni sudionici u prometu, već su u znatnoj mjeri odgovorni i oni koji se na svim razinama, i u različitim strukturama države i društva brinu o stvaranju povoljnih uvjeta za sigurno odvijanje prometa.
2. S izuzetno velikom pouzdanošću može se ustvrditi da nijedan izravni sudionik u prometu, bilo vozač bilo pješak, ne izaziva prometnu nesreću, već se ona događa zbog toga što se blagovremeno i nedvosmisleno jasno ne uoči opasnost na cesti.
3. Vozač najveći broj informacija o stanju ceste i prometa na njoj kao i o svim relevantnim čimbenicima o cesti i prometu u vrijeme vožnje prikuplja putem osjetila vida iz položaja vozača. Što je vozilo niže, u pravilu je brže, a vozač lošije i s manje raspoloživog vremena (zbog brzine vozila) uočava cestu i opasnost na njoj. Nesklad između projektanta ceste i vozača, odnosno pješaka u tome je što vozač okolinu vidi (kao i videokamera) kao perspektivnu sliku (centralnu projekciju) iz tzv. žablje perspektive, a projektant projektira u pravilu koristeći ortogonalnu tlocrtnu projekciju iz položaja ptice.



Slika 16. Primjer neprimjerno označenoga desnog opasnog zavoja (autorova fotografija)



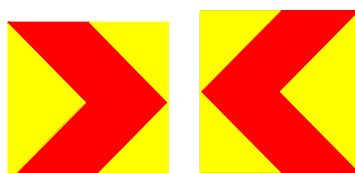
Slika 17 Primjer neprimjerno označenoga lijevog opasnog zavoja (autorova fotografija)

Pri projektiranju prometne signalizacije korištenjem metoda centralne projekcije, a i provedbom tih projekata u praksi, došlo se do načina projektiranja i postavljanja znakova koji nisu puno drukčiji od dosadašnjeg pristupa i Pravilnika, ali su puno učinkovitiji za sigurnost prometa [5].

I metoda koja je obrađena u ovom radu koristi se preporukama iz *Priručnika za označivanje zavoja na cestama* [34], no naglasak je na pravilnom postavljanju „ploča za označivanje zapreke na cesti i oštrog zavoja na cesti“ (K14). [58]

Pri postavljanju znaka K14 (‐ploča za označivanje zapreke na cesti i oštrog zavoja na cesti sa smjerom usmjeravanja na desno i na lijevo‐) osobito je važno izabrati broj i odrediti raspored znakova kako bi se dobio odgovarajući vizualni dojam sa sjedala vozača u vozilu u kretanju. Pritom se mora voditi računa o duljini luka zavoja, preglednosti i uvjetima ograničavanja preglednosti, zatim o smjeru zavoja (udesno ili ulijevo). Kada god postoji ograničavanje ili ometanje preglednosti, treba postavljati oznake za vođenje.

Ti znakovi ubrajaju se u ‐prometnu opremu cesta‐, a namijenjeni su obavještavanju vozača o pružanju smjera ceste u zavoju. Postavljaju se u osobito opasnim zavojima gdje je potrebno dodatno označiti i ukazati na smjer pružanja zavoja.



Slika 18. Prometni znak K14 [58]

Za postavljanje znakova K14 potrebno je izabrati mjesto s kojega se određuje položaj prvog znaka. To mjesto označuje se oznakom KT (kritična točka), a ona je 1 m udaljena od vanjskog ruba ceste (gledajući u smjeru zavoja). Kao druga reporna točka određuje se točka na kolniku udaljena 1m od vanjskog ruba ceste, ali na udaljenosti L_{KT} od točke KT u smjeru zavoja.

Više uzastopnih zavoja označuje se tako da se za svaki sljedeći zavoj postavlja po jedan K14 manje od prethodnog, ali ne manje od dvaju.

Kod određivanja visina postavljanja prometnih znakova treba voditi računa o tomu da je središte visine samog znaka iznad ravnine ceste postavljeno na 0.8 - 1.0 m. U specifičnim situacijama, osobito kod kombinacije horizontalnog i vertikalnog konveksnog zavoja, visina znakova može se i povećati, a prostor ispod znaka popuniti npr. bijelim reflektirajućim pločama.

5.1 Primjer označivanja opasnog zavoja upotrebom georeferenciranoga videozapisa

Nakon što je prema Kriteriju koeficijenta sigurnosti [34] ili nekim drugim kriterijima odabran zavoj koji se treba označiti, radi povećanja sigurnosti prometa zavoj treba snimiti.

Za potrebe istraživanja pristupilo se izradi aplikativne podrške kao pomoćnog alata za rješavanje problema koji je tema ove doktorske disertacije. Programska podrška sastoji se od aplikativnog rješenja na mobilnoj platformi te aplikativnog rješenja na osobnom računalu.

Mobilni telefon s operativnim sustavom Android izabran je kao univerzalna senzorska platforma koja u sebi integrira čitav niz osjetila čije je podatke moguće relativno jednostavno integrirati. Aplikativno rješenje nazvano je Road Recording i koristi podatke iz dvaju dostupnih osjetila. Prvo osjetilo jest videokamera, dok je drugo osjetilo sustav za GNSS¹² pozicioniranje. Aplikativno je rješenje prilagođeno Android platformi tako da može raditi na raznovrsnim uređajima koji podržavaju taj operativni sustav. Unificiranost u tom smislu omogućava raznovrsnost, tako da je aplikaciju moguće pokrenuti i na mobilnim telefonima lošijih performansi, i na kompleksnim sustavima koji uključuju profesionalne kamere kao i profesionalne GNSS sustave za pozicioniranje s visokom preciznošću. Aplikativno rješenje ne uvjetuje sustav za GNSS pozicioniranje, tako da ovisno o sklopovskoj ili programskoj podršci može koristiti sve dostupne sustave za satelitsko pozicioniranje. Ukoliko je dostupan i medijator, odnosno srednji sloj koji agregira podatke iz raznovrsnih sustava za pozicioniranje, sustav će koristiti najbolju i najprecizniju moguću kombiniranu lokaciju.

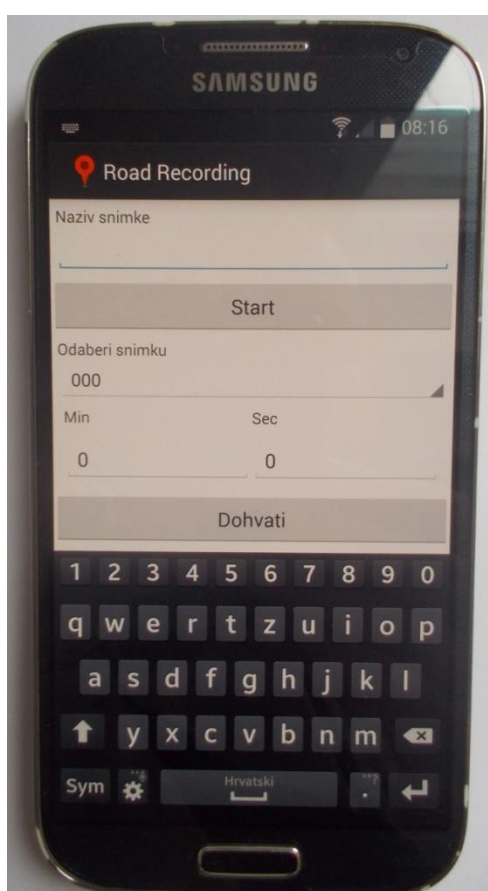
Navedeni sustavi uključuju sve civilno dostupne sustave za satelitsko pozicioniranje, ali uključuju i podatke iz ostalih sustava za pozicioniranje kao što su primjerice pozicioniranje

¹²GNSS - global navigation satellite system

putem mobilnih mreža ili pozicioniranje putem WiFi mreža, odnosno pozicioniranje putem Bluetooth standarda, žiroskopa ili odometra.

Ovisno o namjeni na ovaj je način moguće koristiti cjenovno nezahjevne senzore, ali i profesionalne uređaje visokih performansi. Na taj način moguće je snimanje s većom ili manjom točnošću. Za testiranje ove metode u potpunosti su zadovoljili korišteni uređaji.

Softver je razvijen vlastitim resursima, a on automatski kreira georeferencirani videozapis te omogućuje njegovu implementaciju unutar računalne aplikacije, koja je također razvijena vlastitim resursima.



Slika 19. Korisničko sučelje programske podrške za snimanje (autorova fotografija)

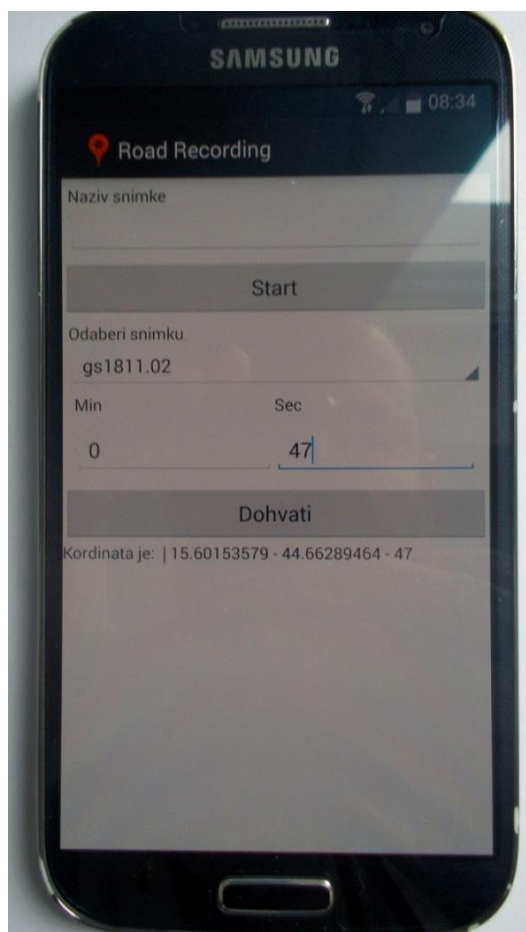
Snimanje započinje osiguravanjem odgovarajućih preduvjeta na uređaju koji će se koristiti za snimanje. Prije početka snimanja treba uključiti sustav za pozicioniranje te započeti snimanje.

Snimanje infrastrukture obavlja se iz vozila koje se kreće preporučenom brzinom od 30 km/h. Tijekom snimanja uređaj treba fiksirati na odgovarajuću površinu kako bi se vibracije i ostali otkloni smanjili na najmanju moguću mjeru. Po prolasku ciljane infrastrukture završava se snimanje.

Korištenjem preglednika videozapisa izabire se vremenska točka u videozapisu koja označava početak segmenta infrastrukture koji treba sanirati. Tijekom snimanja videozapisa aplikacija je obavila i uzorkovanje podataka o lokaciji koje pohranjuje u odgovarajuću bazu podataka o kretanju vozila. Preciznim odabirom vremenskog segmenta u kojem je na videozapisu identificiran element koji je potrebno sanirati, aplikacija vrši upit prema bazi podataka o kretanju te na temelju odgovora definira preciznu lokaciju početka zavoja, odnosno početnu koordinatu za daljnji hodogram aktivnosti.



Slika 20. Primjer vizualne identifikacije početka zavoja (autorova fotografija)



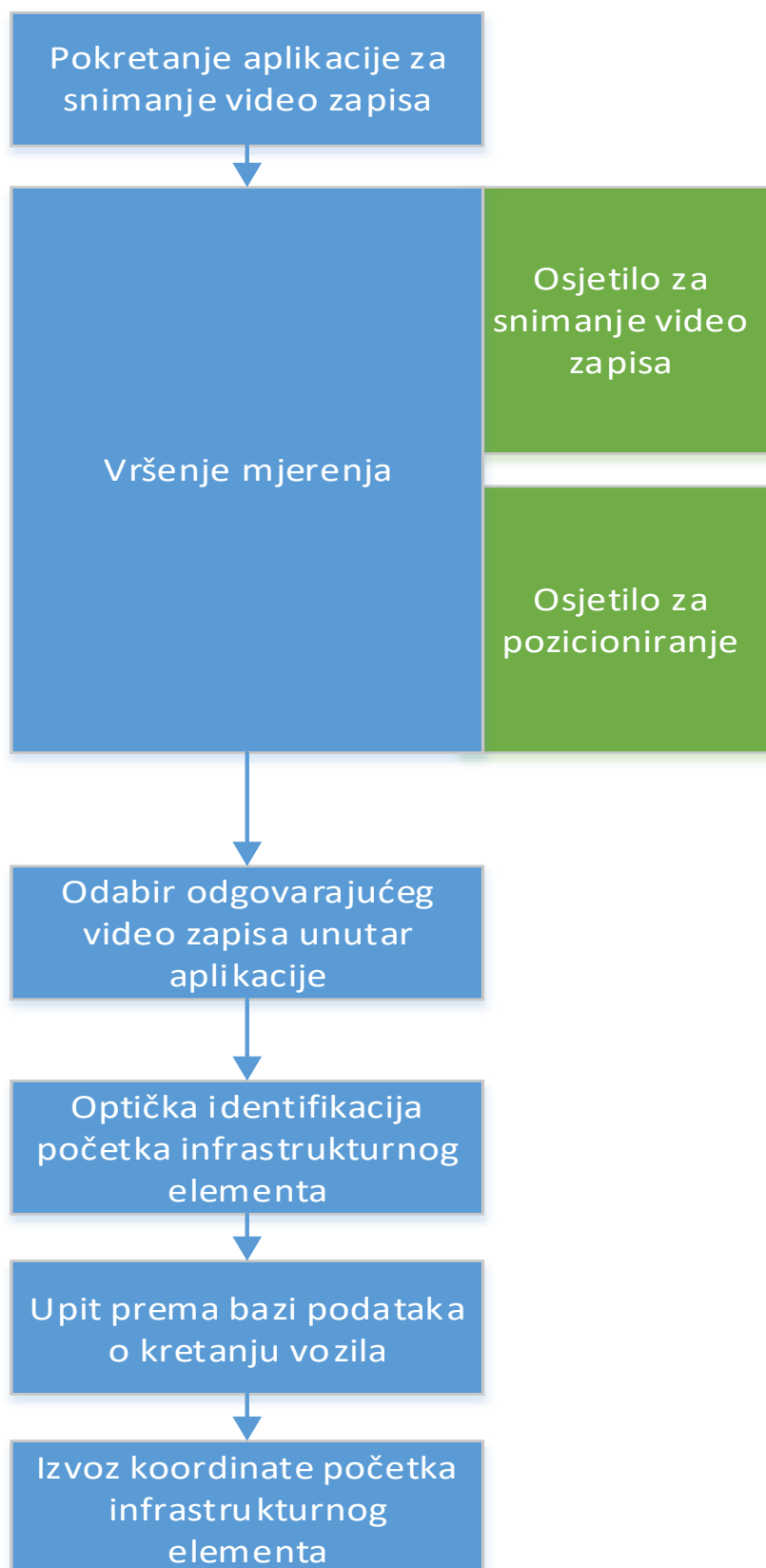
Slika 21. Izračun koordinate za zadani početak zavoja (autorova fotografija)

Početnu lokaciju zavoja nazivamo početak kružnog luka (PKL), a ona je ujedno izvorišna točka za daljnje istraživanje i obradu podataka. Ovim korakom završava proces dobivanja koordinate iz videozapisa i baze podataka o kretanju te se ta koordinata koristi kao ulazni parametar u sljedeći korak procesa.

Drugi dio rješenja sastoji se od aplikativnog rješenja za naknadnu obradu koja je razvijena za Windows platformu i namijenjena je radu na osobnom računalu. Glavna funkcija ove aplikacije jest izračunavanje pozicije znakova koje treba postaviti na odgovarajući element cestovne infrastrukture, odnosno u ovom slučaju na opasan zavoj na državnoj cesti koji treba sanirati.

Kao podloga za ovu fazu poslužila je karta Open street Map¹³. Aplikacija se pokreće putem odgovarajuće ikone na osobnom računalu. Po otvaranju aplikacije javlja se glavni prozor aplikacije koji sadrži upravljačku traku s alatima, zatim prostor za unos informacija o lokaciji, integrirani geoinformacijski sustav te prostor rezerviran za prikaz rezultata proračuna.

¹³ *OpenStreetMap* je projekt čiji je cilj izraditi besplatnu svjetsku geoprostornu bazu podataka bez pravnih ili tehničkih ograničenja za njihovu upotrebu. Korisnici koriste zračne snimke, GNSS uređaje te vlastite novoprikupljene podatke za provjeru točnosti i ažurnosti OSM podataka.



Grafikon 10. Hodogram aktivnosti unutar aplikativnog rješenja za snimanje cestovne infrastrukture (autorov rad)

5.1.1 Primjer postavljanja znakova na državnoj cesti

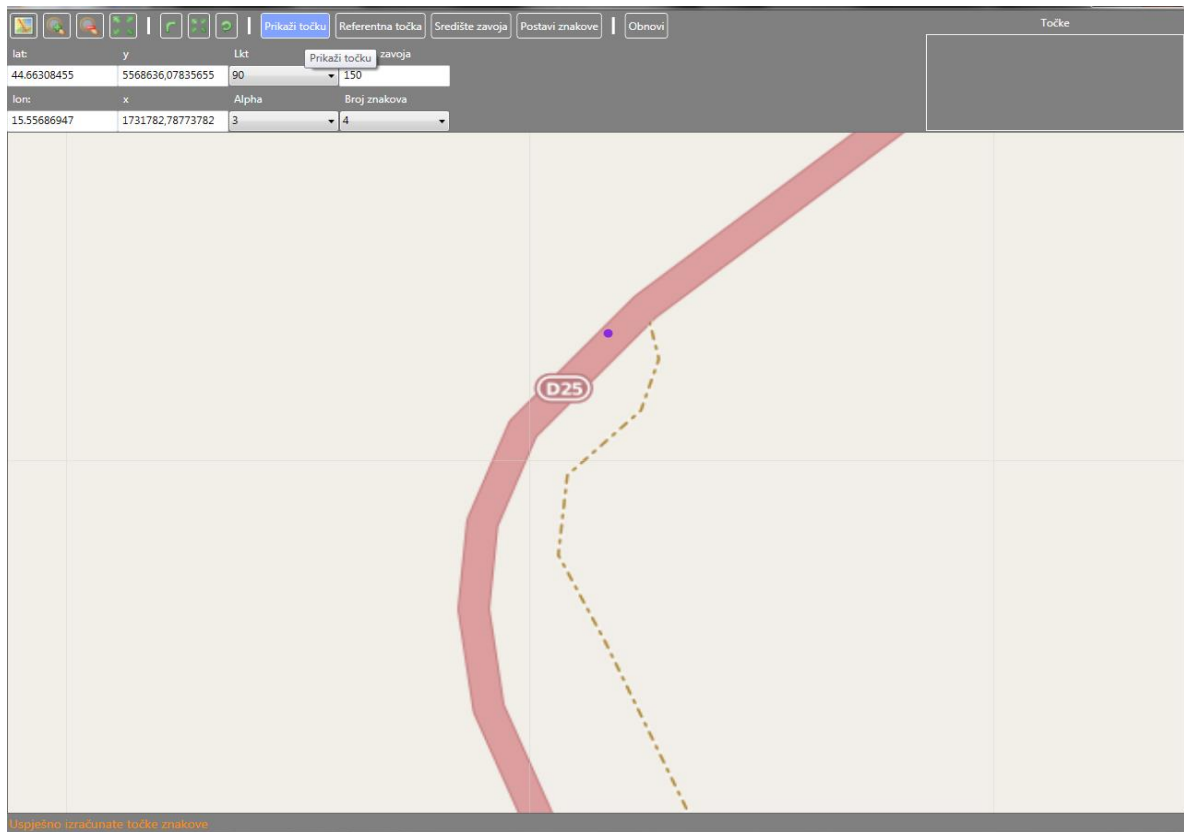
U prethodnom koraku određena je zemljopisna lokacija početka kritične točke. U konkretnom slučaju radi se o državnoj cesti D25 koja vodi od Korenice do Gospića. Ovaj dio prometnice nedavno je rekonstruiran i prema dostupnim podacima Ministarstva unutarnjih poslova tamo nema zabilježenih prometnih nesreća. Kako je zavoj na nizbrdici, a nakon njega dolazi još nekoliko zavoja u nizu, a oni su označeni prometnim znakom unutar predmetnog zavoja, trebalo bi ga obilježiti ga kao opasan zavoj radi povećanja sigurnosti sudionika u prometu, a time bi i ostali zavoji nakon predmetnog bili pokriveni.



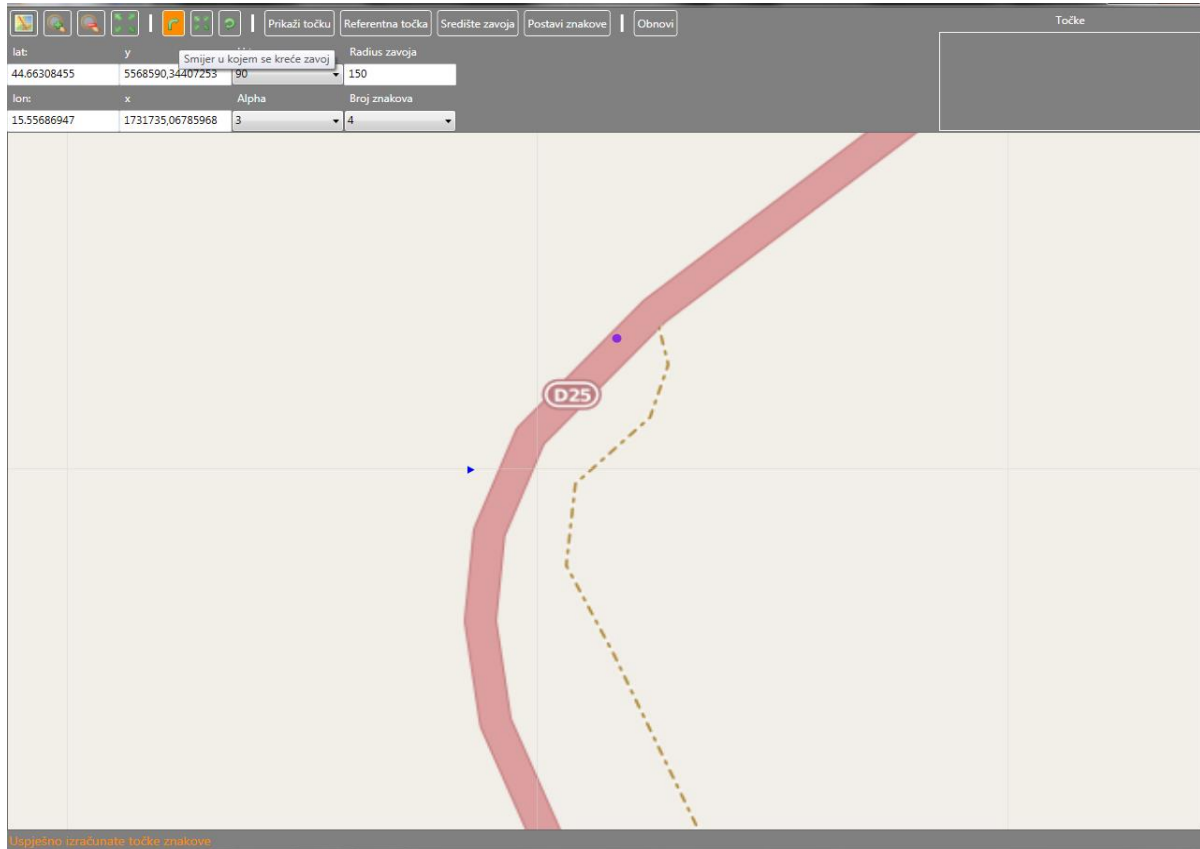
Slika 22. Opasan zavoj na D25 koji treba obilježiti (autorova fotografija)

Nakon što je „kritična“ točka određena (označena ljubičastom točkom na slici 23), pristupa se određivanju smjera kretanja, klikom miša na označenu ikonu i označivanjem smjera na karti. Smjer kretanja uvijek se obilježava pravocrtno nakon obilježene kritične točke (označeno plavom strelicom na slici 24.) i time se daje na znanje u kojem će smjeru postavljeni znakovi biti vidljivi.

METODA SANACIJE OPASNIH MJESTA NA CESTAMA UZ POMOĆ GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA

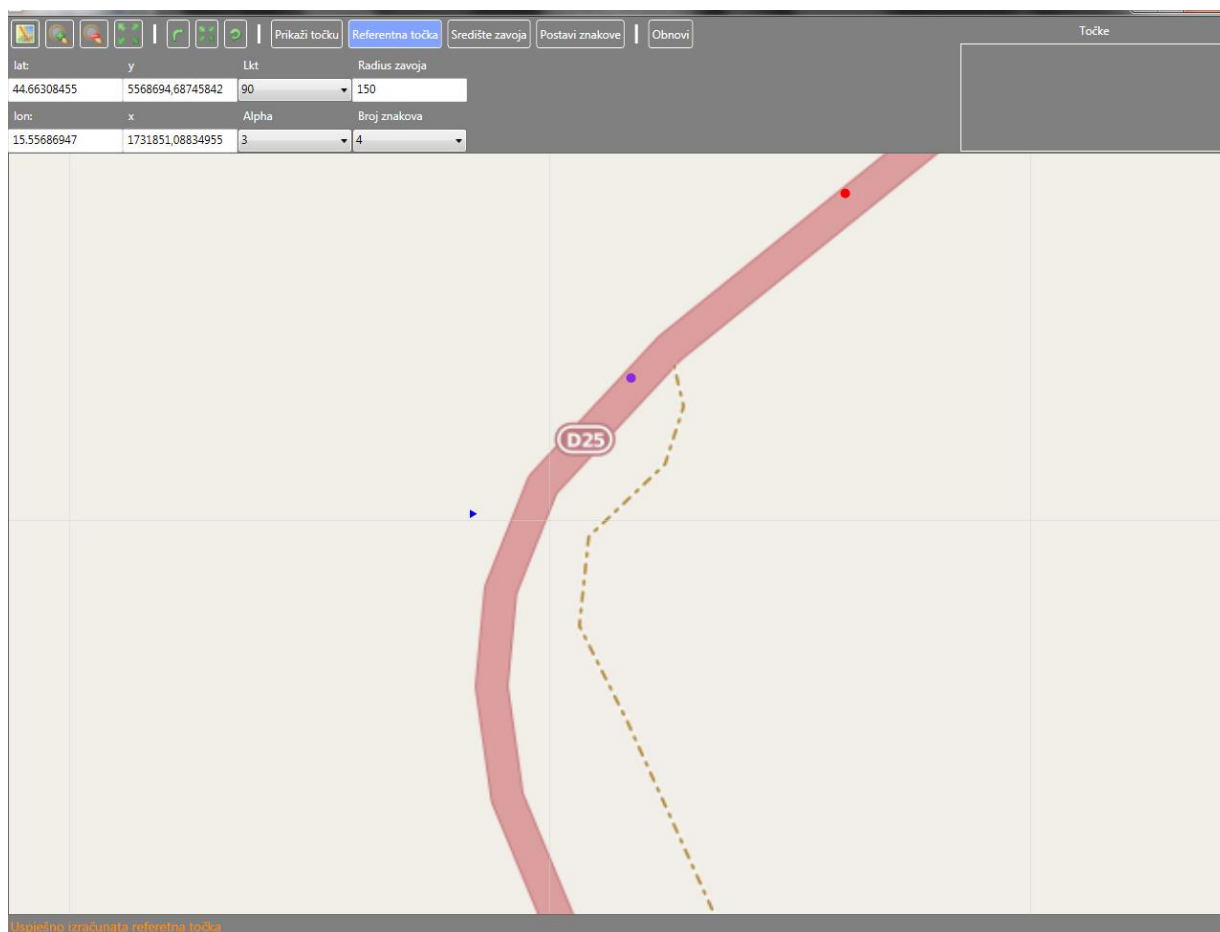


Slika 23. Označavanje kritične točke (KT) na D25



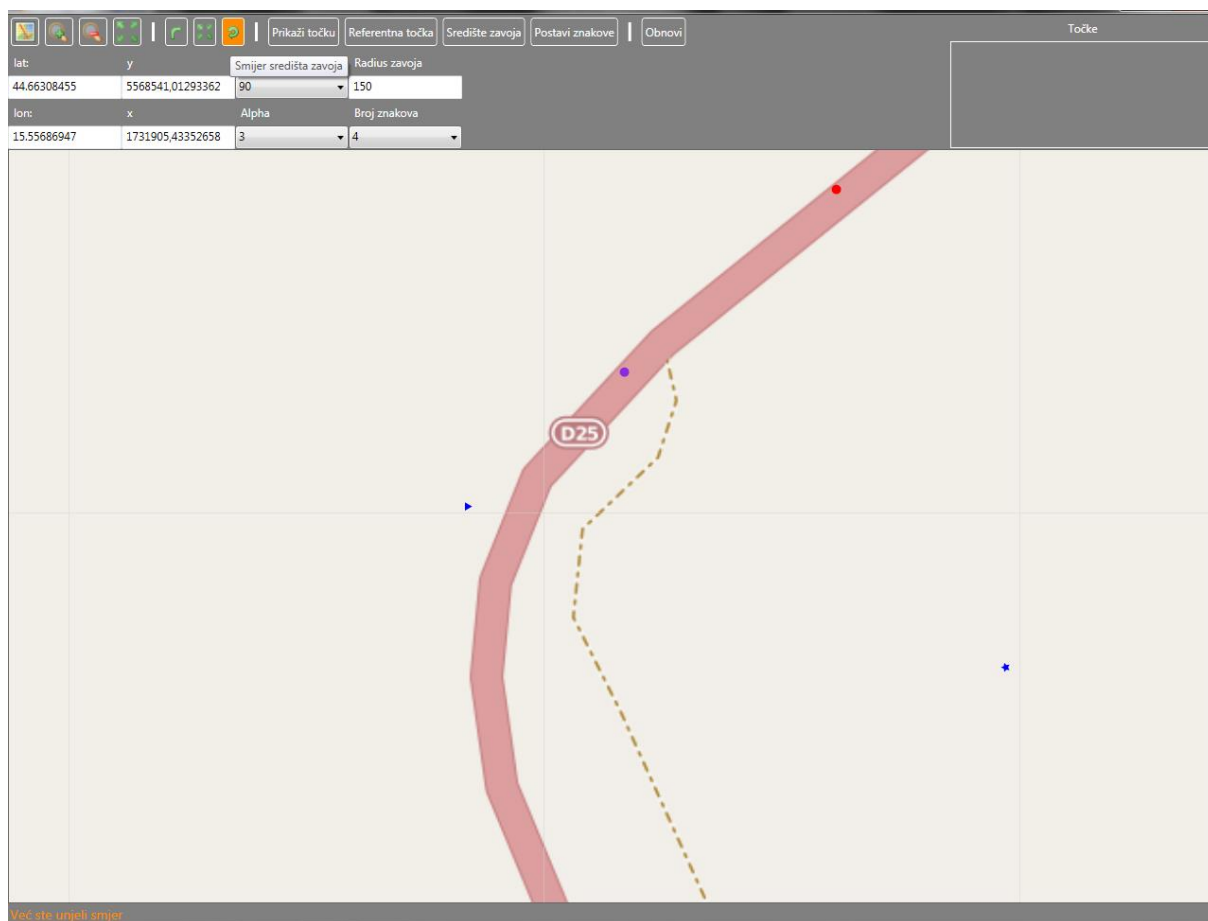
Slika 24. Određivanje smjera zavoja na D25

Ovisno o tipu ceste [34] određuje se LKT, odnosno udaljenost kritične točke (KT) od početka kružnog luka. Kako je ovo istraživanje rađeno na državnoj cesti, u tom slučaju LKT iznosi 90 m, što je potrebno unijeti u program. Tada se automatskom radnjom određuje „referentna točka“ (označena crvenom točkom na slici 25).



Slika 25. Određivanje LKT na D25

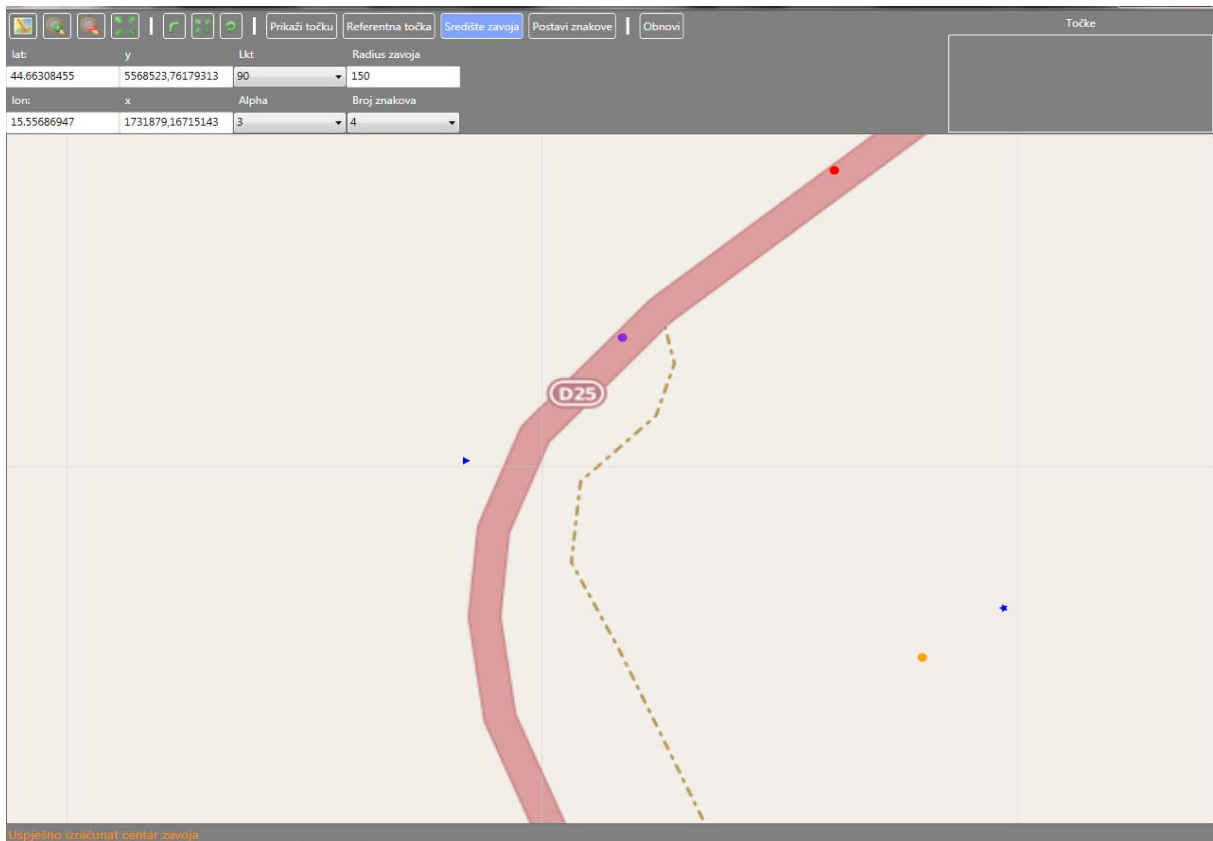
Slijedi označavanje smjera središta zavoja (ljubičasta zvjezdica na slici 26.) i to na način da se klikom miša na karti odredi točka unutar zamišljenog kružnog luka koji čini zavoj. Tada je moguće upisati radijus zavoja koji treba odrediti iz postojećeg projekta ili karte. U ovome slučaju podaci o radijusu zavoja dobiveni su od nadležnih tijela koja upravljaju i održavaju prometnicu. Kada je poznat radijus, upisom vrijednosti u predviđenu rubriku moguće je automatsko određivanje središta zavoja (narančasta točka na Slici 27.) što je potrebno za određivanje pozicija znakova.



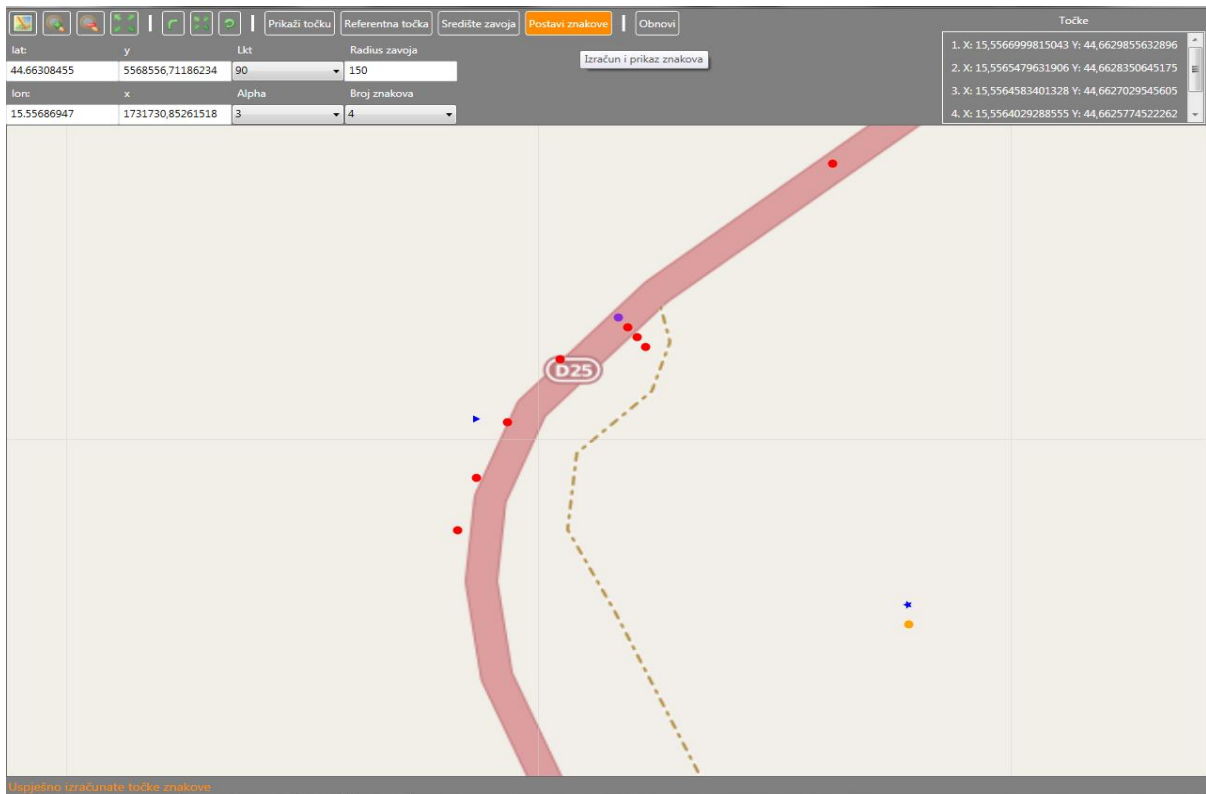
Slika 26. Određivanje smjera središta zavoja na D25

Prema Tablici 10. određuje se kut $\Delta\alpha$ i najmanji broj znakova koje treba postaviti u taj zavoj (crvene točke na Slici 28.). U ovome slučaju kao relevantan uzet je II. kriterij koeficijenta sigurnosti koji pretpostavlja $\Delta\alpha=3^\circ$, dok se zbog dužine zavoja određeno postavljanje četiriju znakova K14. Pritom u desnom gornjem kutu dobivamo koordinate na koje treba postaviti znakove K14 u zadanom zavoju (Slika 29.).

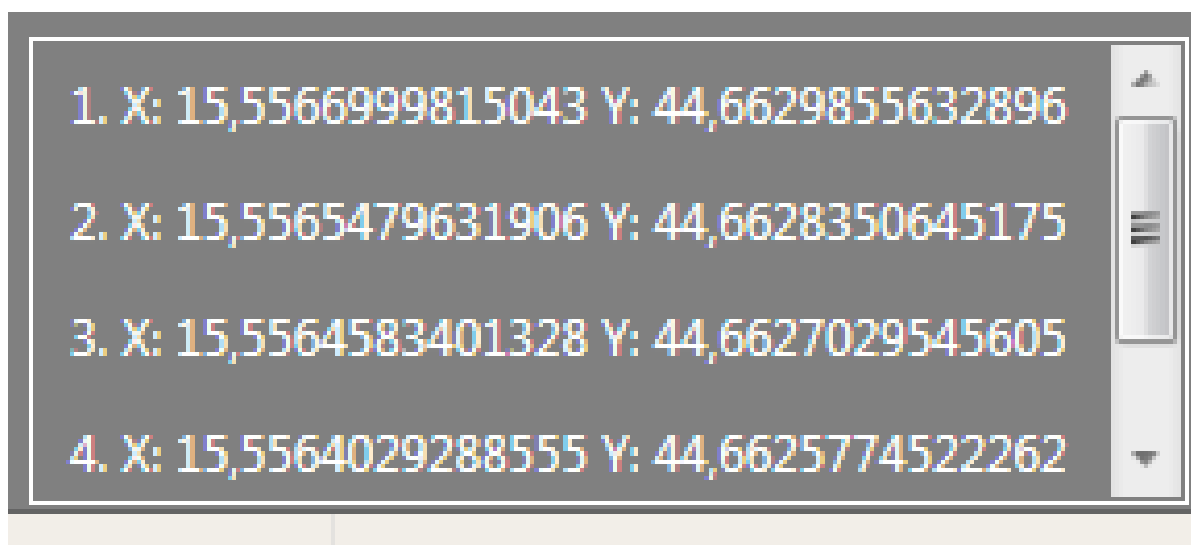
METODA SANACIJE OPASNIH MJESTA NA CESTAMA UZ POMOĆ GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA



Slika 27. Izračunavanje središta zavoja (narančasta točka) na D25



Slika 28. Izračunavanje pozicija postavljanja znakova K14 na D25



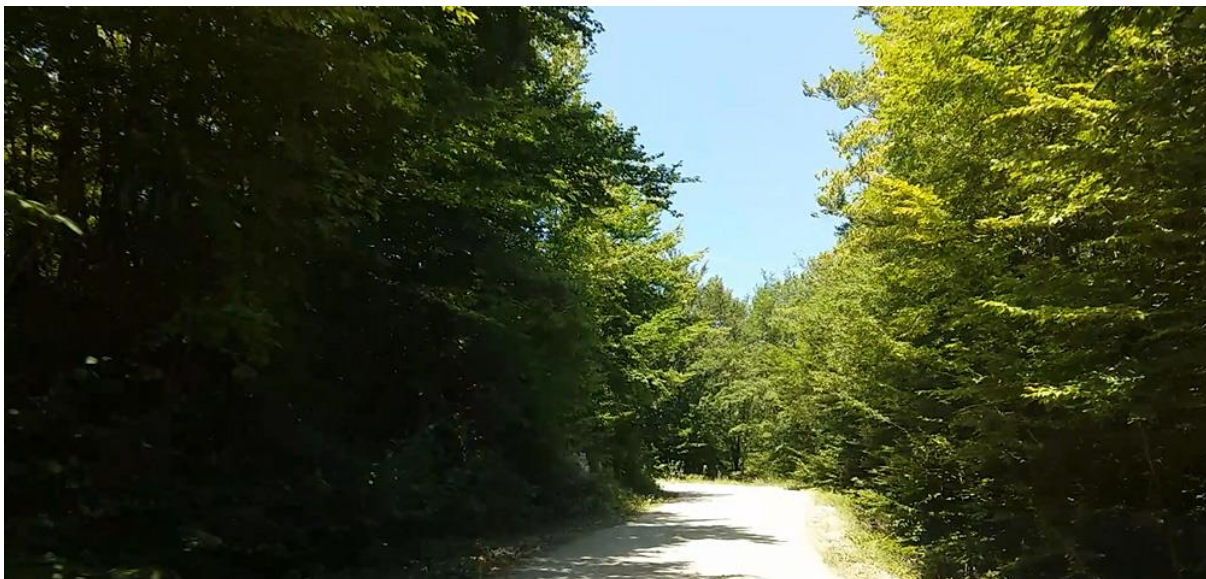
Slika 29. Koordinate postavljanja znakova K14 na D25

Pritom se mora voditi računa da, što je pozicioniranje preciznije, to su i koordinate dobivene ovim istraživanjem točnije. Eksperimentalna mjerenja pokazala su da se ovom metodom dobivaju izvrsni rezultati čak i korištenjem neprofesionalne opreme za snimanje i pozicioniranje i to korištenjem samo onih senzora koji su dostupni unutar uređaja dostupne potrošačke elektronike.

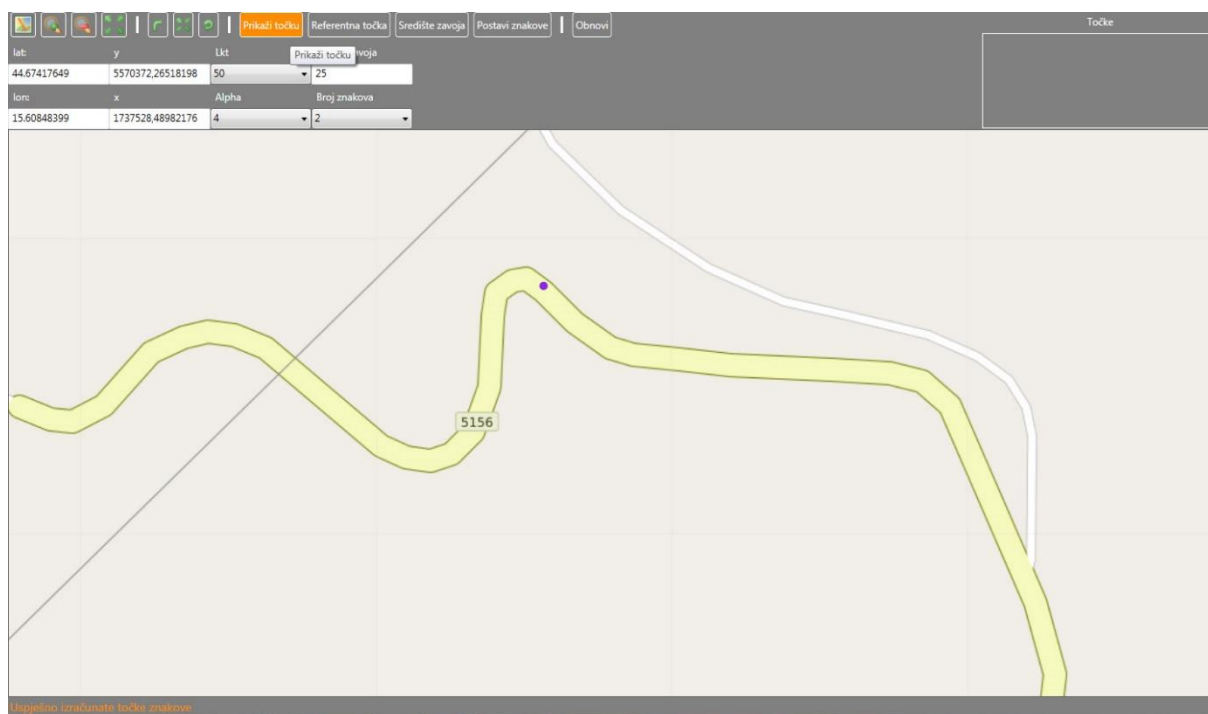
5.1.2 Primjer postavljanja znakova na županijskoj cesti

Županijska cesta Ž5156 povezuje mjesta Bunić i Čanak u Ličko-senjskoj županiji. U svojih 14 kilometara dužine cesta ne prelazi širinu od četiriju metara i nema odijeljene prometne trakove. Problem je što nakon nekih dugačkih ravnih dijelova dolaze oštri zavoji koji su neoznačeni, a na nekim dijelovima ne postoji ni zaštitna ograda, iako je kolnik u nasipu. Takav je slučaj i kod zavoja koji je dan kao primjer zavoja koji bi trebalo označiti (Slika 30.).

Nakon što je „kritična točka“ određena (ljubičasta točka na Slici 31.), pristupa se određivanju smjera zavoja, klikom miša na označenu ikonu i označivanjem smjera na karti, kao na Slici 32. (plava strelica).

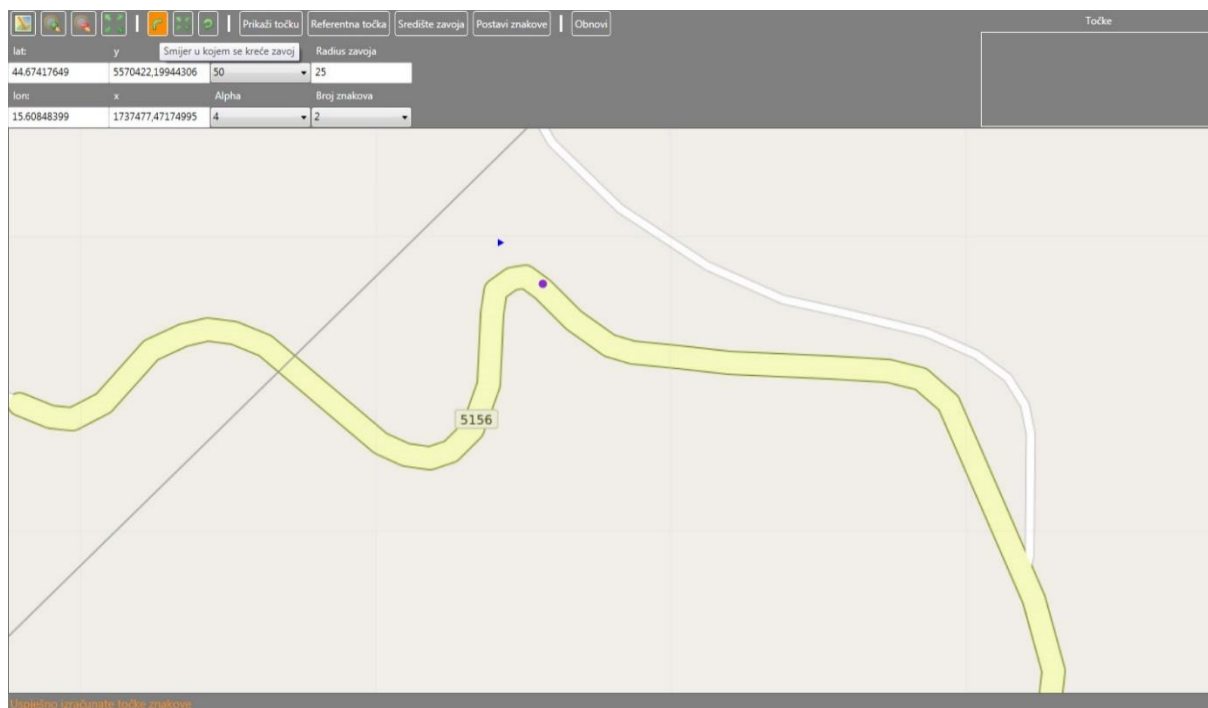


Slika 30. Opasan zavoј na Ž5156 koji treba obilježiti (autorova fotografija)



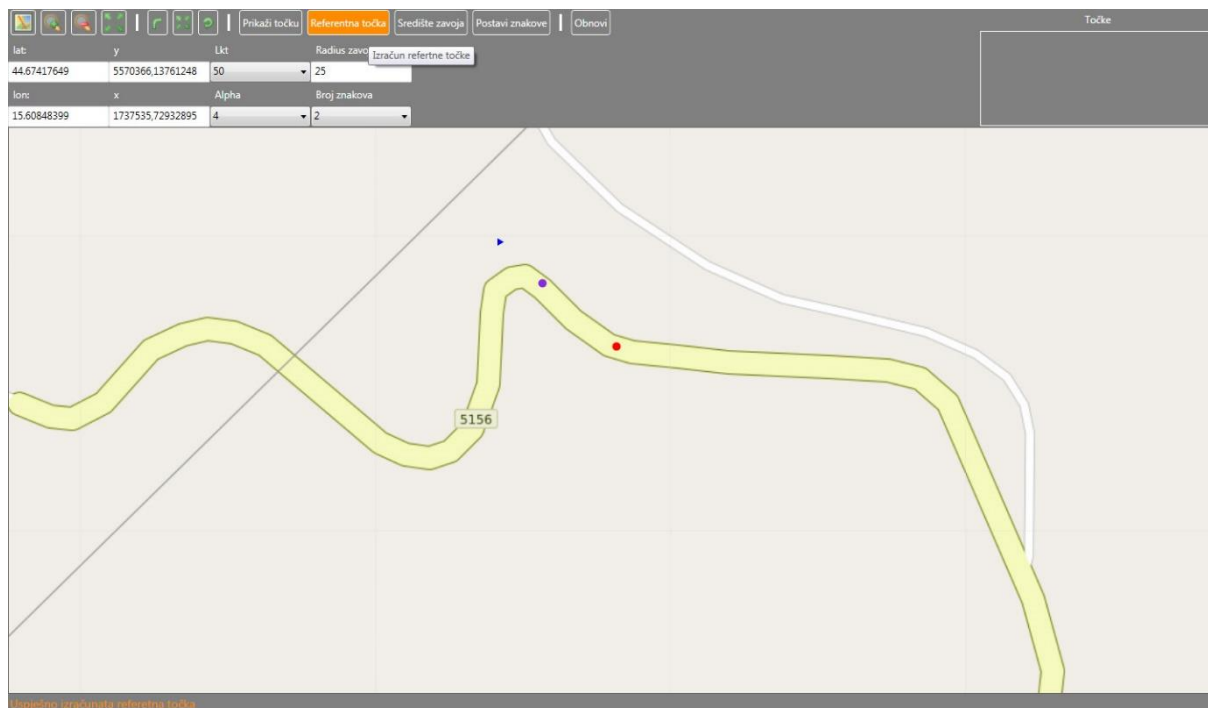
Slika 31. Označavanje kritične točke (KT) na Ž5156

METODA SANACIJE OPASNIH MJESTA NA CESTAMA UZ POMOĆ GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA



Slika 32. Određivanje smjera zavoja na Ž5156

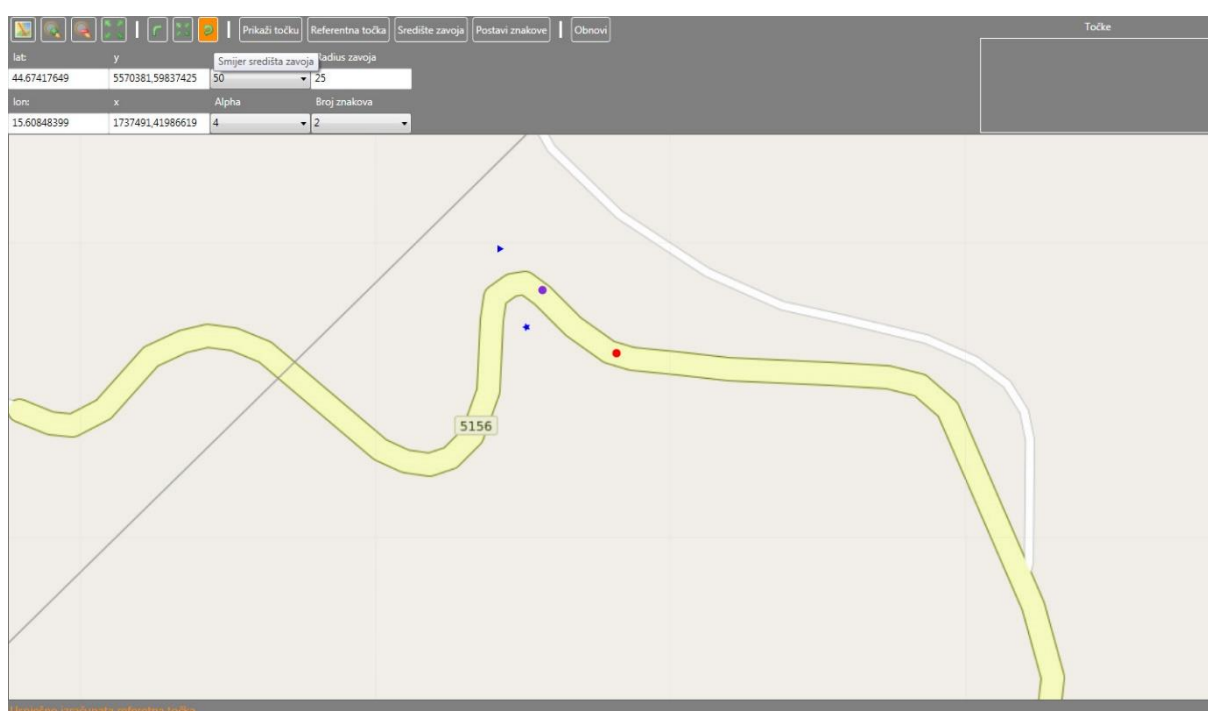
Kako se radi o županijskoj cesti, a računaska brzina za ovu cestu ne iznosi više od 60 km/h, udaljenost kritične točke od početka kružnog luka, odnosno referentna točka postavljena je na udaljenost 50 m od početka kružnoga luka (crvena točka na Slici 33.).



Slika 33. Određivanje LKT na Ž5156

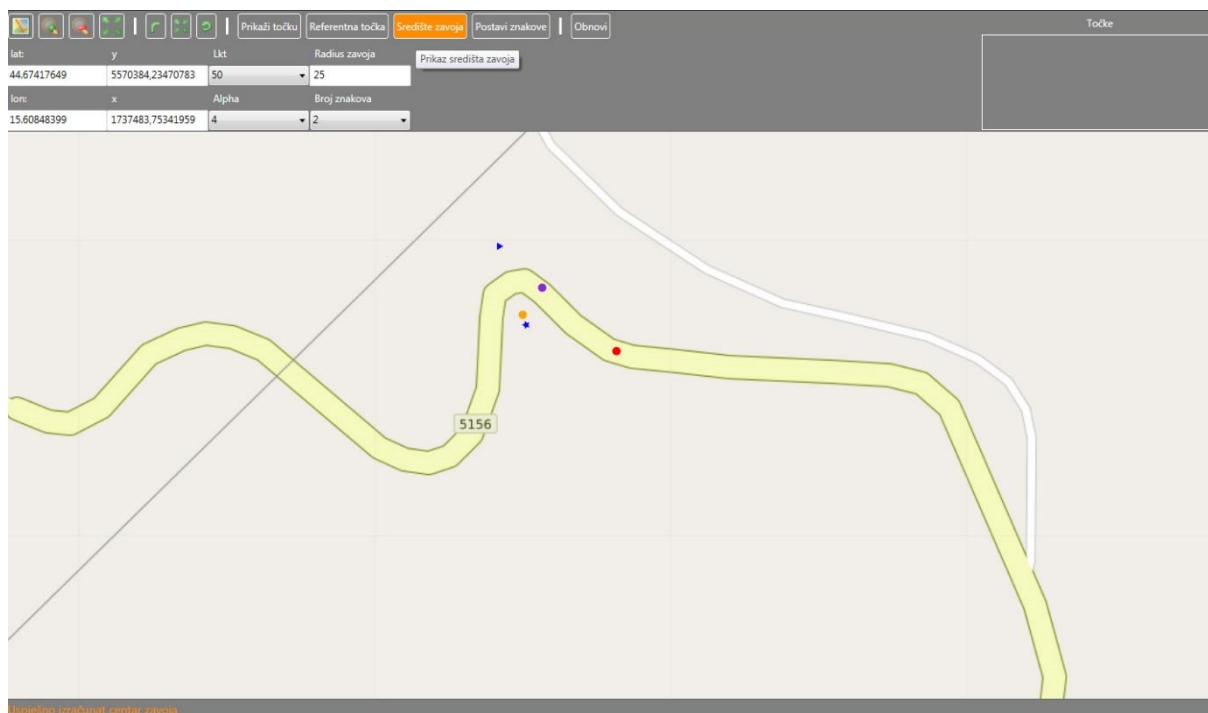
Na Slici 34. prikazano je označivanje smjera središta zavoja, dok je zbog nemogućnosti preciznog određivanja radijusa zavoja kao relevantan uzet najmanji mogući radijus predviđen za projektiranje prometnica kod računskih brzina manjih od 30 km/h. [59] Taj radijus iznosi 25 m i prikazan je na Slici 35.

S obzirom na malen značaj ove prometnice, kao relevantan uzet je III. kriterij koeficijenta sigurnosti, s $\Delta\alpha=4^\circ$ uz tri znaka K14 (Slika 36). Koordinate na koje treba postaviti znakove K14 u zadanom zavoju prikazane su na Slici 37.

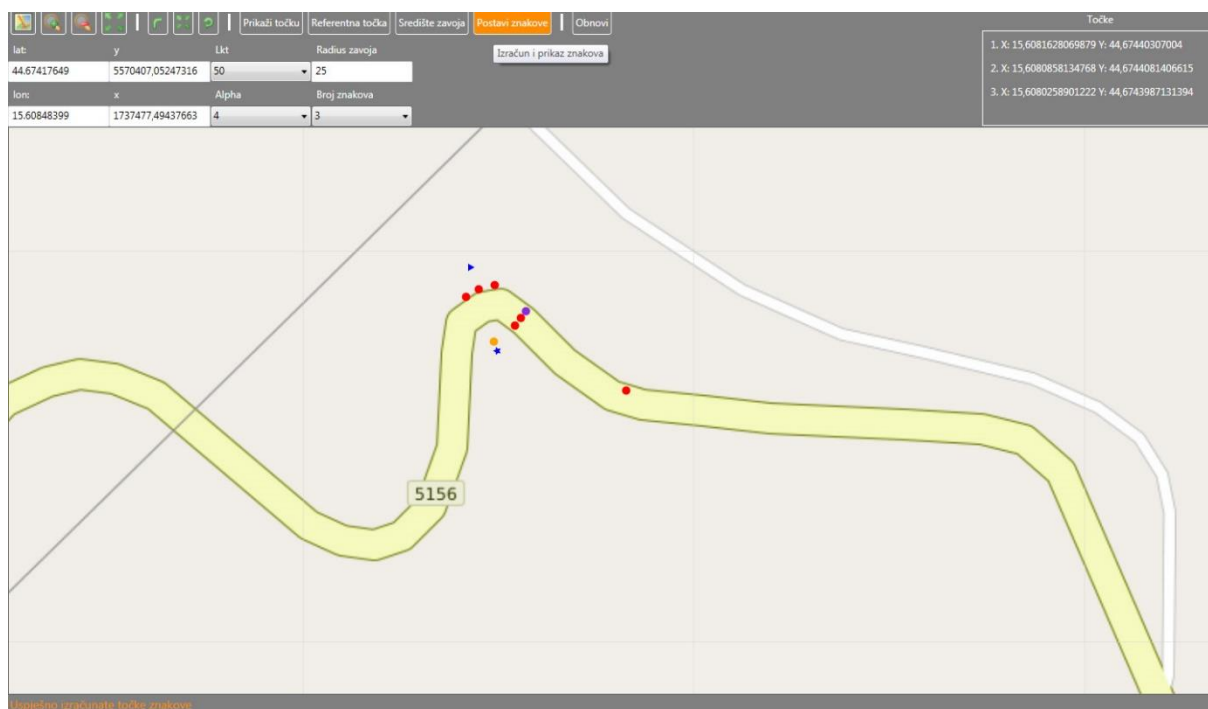


Slika 34. Određivanje smjera središta zavoja na Ž5156

METODA SANACIJE OPASNIH MJESTA NA CESTAMA UZ POMOĆ GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA



Slika 35. Izračunavanje središta zavoja (narančasta točka) na Ž5156



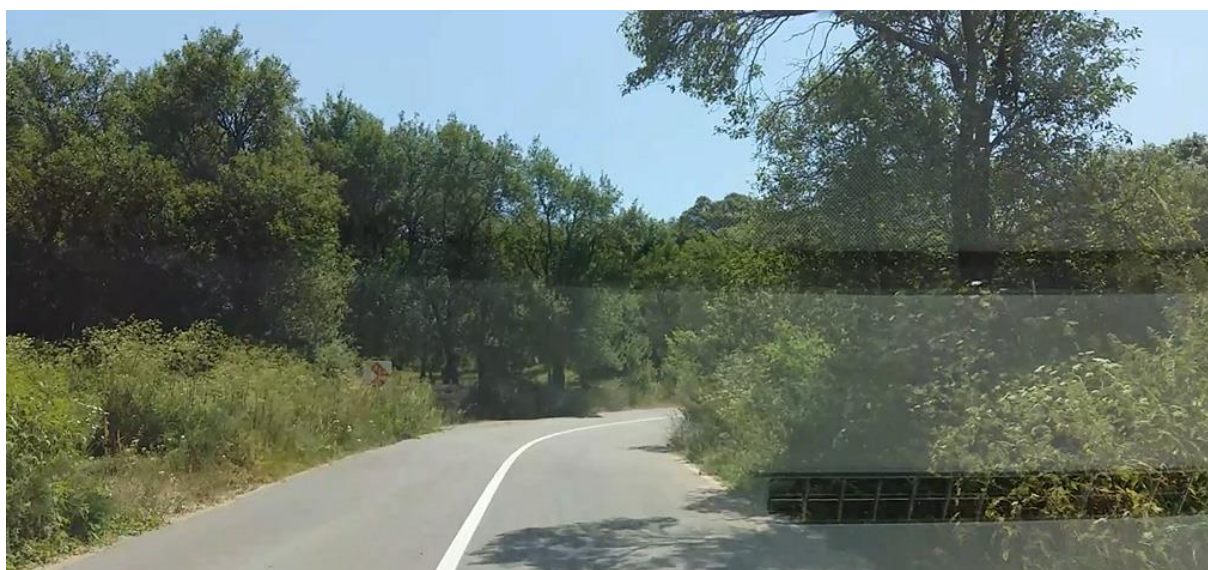
Slika 36. Izračunavanje pozicija postavljanja znakova K14 na Ž5156

| Točke | | | |
|-------|------------------|----|------------------|
| 1. X: | 15,6081628069879 | Y: | 44,67440307004 |
| 2. X: | 15,6080858134768 | Y: | 44,6744081406615 |
| 3. X: | 15,6080258901222 | Y: | 44,6743987131394 |

Slika 37. Koordinate postavljanja znakova K14 na Ž5156

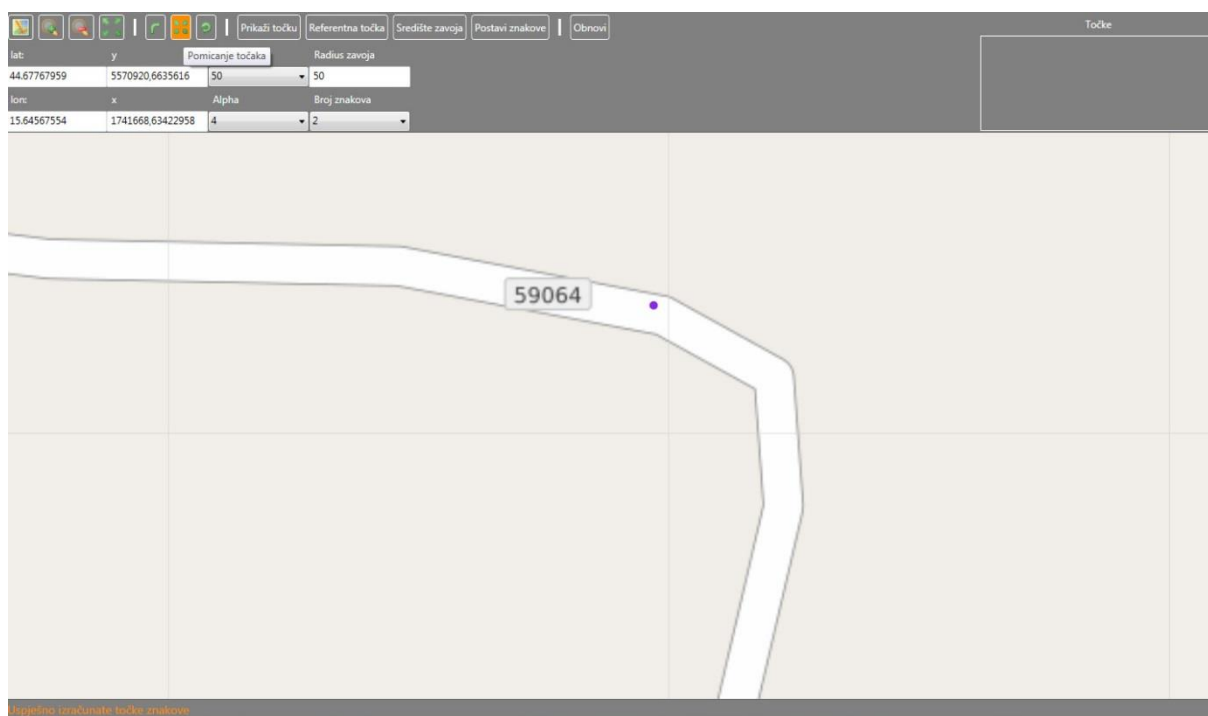
5.1.3 Primjer postavljanja znakova na lokalnoj cesti

Za primjer postavljanja znakova na lokalnoj cesti uzet je primjer zavoja na lokalnoj cesti L59064 koja spaja državne ceste D25 i D1 preko Debelog brda. Ta je prometnica poveznica između Gospića i Udbine preko državne ceste D1. Predmetni zavoj obilježen je znakovima A01 (opasnost na cesti), A20 (sklizak kolnik) te A09 (zavoj u desno) [58], a u zavoju su postavljena dva znaka K14. To svakako upućuje na opasnost i smanjenu sigurnost. Ovdje je bila namjera provjeriti je li prema *Priručniku za označivanje zavoja na cestama* [34] dovoljno postavljanje dvaju znakova K14. U vrijeme snimanja raslinje uz cestu skoro je preraslo znakove pa su bili jedva vidljivi.



Slika 38. Obilježen opasan zavoj na L59064 (autorova fotografija)

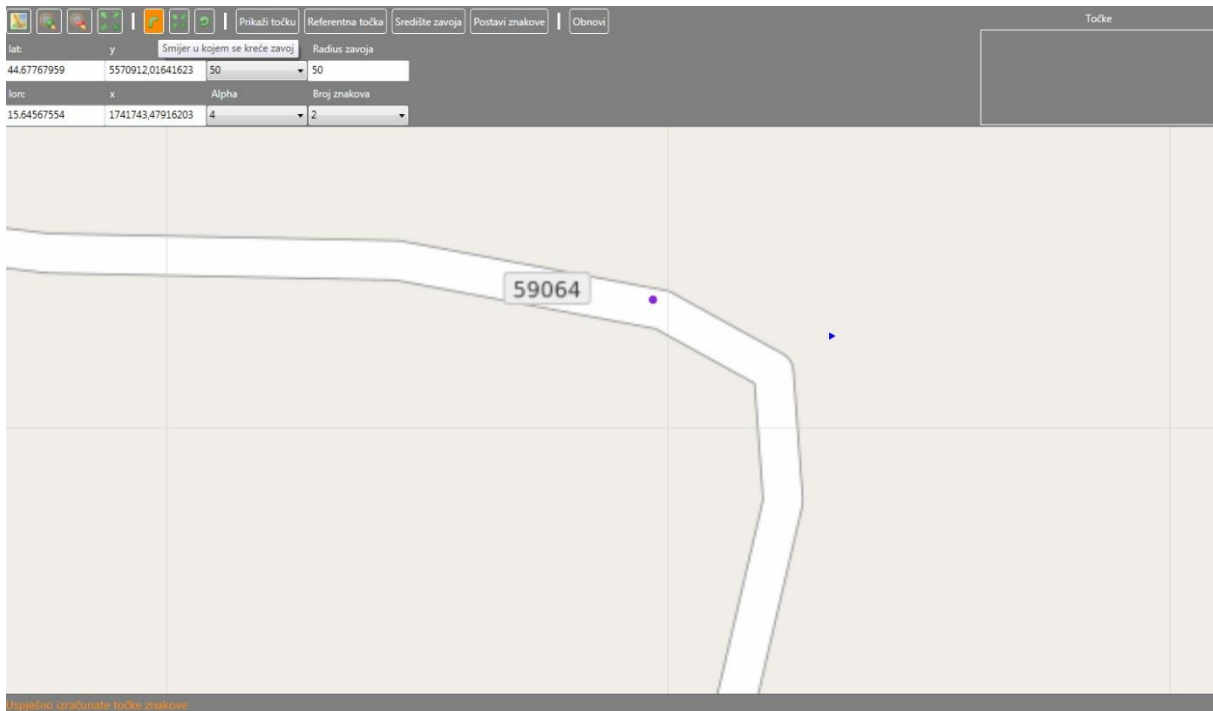
Kako se u ovom slučaju radi o desnom zavoju, prema slici 15. kritična točka nalazi se na lijevoj strani kolnika. Kako sigurnost prometa ne bi bila ugrožena, za vrijeme snimanja dvojica kolega bila su u pripremi zaustaviti promet, dok je treći u autu prešao na lijevu stranu i snimio zavoj iz vozačeve perspektive. Na taj način dobivena je kritična točka (ljubičasta točka na Slici 39.).



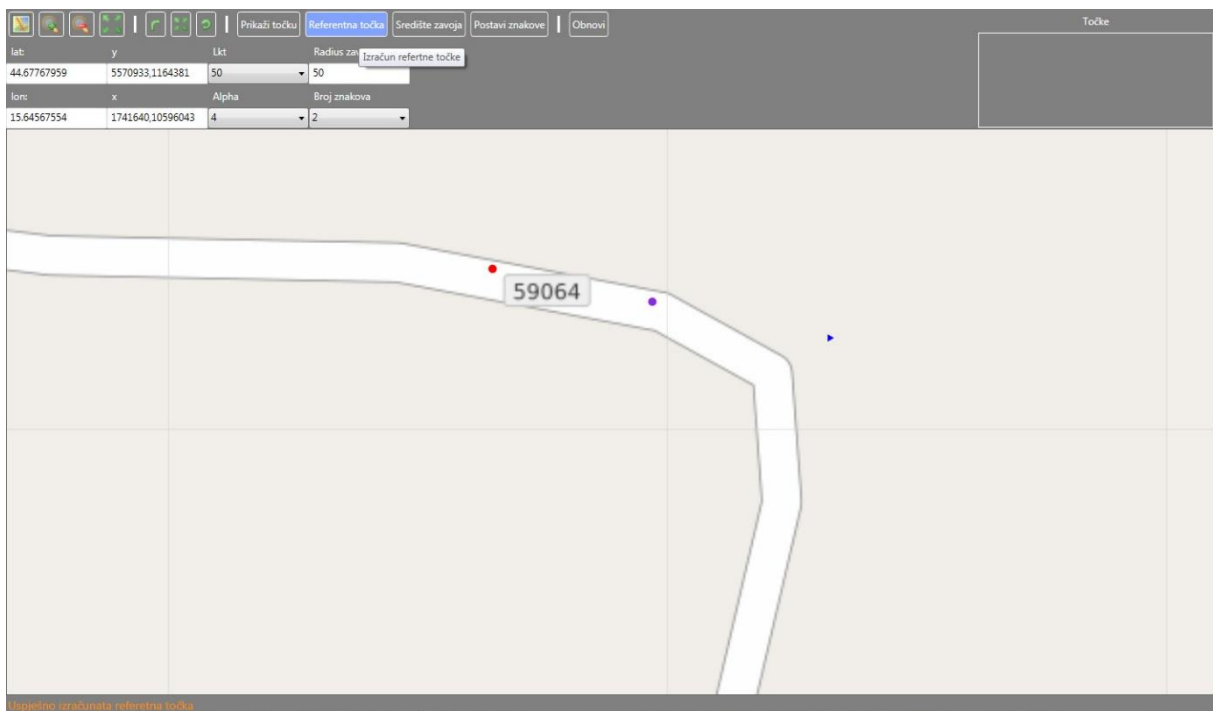
Slika 39. Označavanje Kritične točke (KT) na L59064

Smjer kretanja zavoja određuje se klikom miša na označenu ikonu i označivanjem smjera na karti (plava strelica na Slici 40.).

METODA SANACIJE OPASNIH MJESTA NA CESTAMA UZ POMOĆ GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA



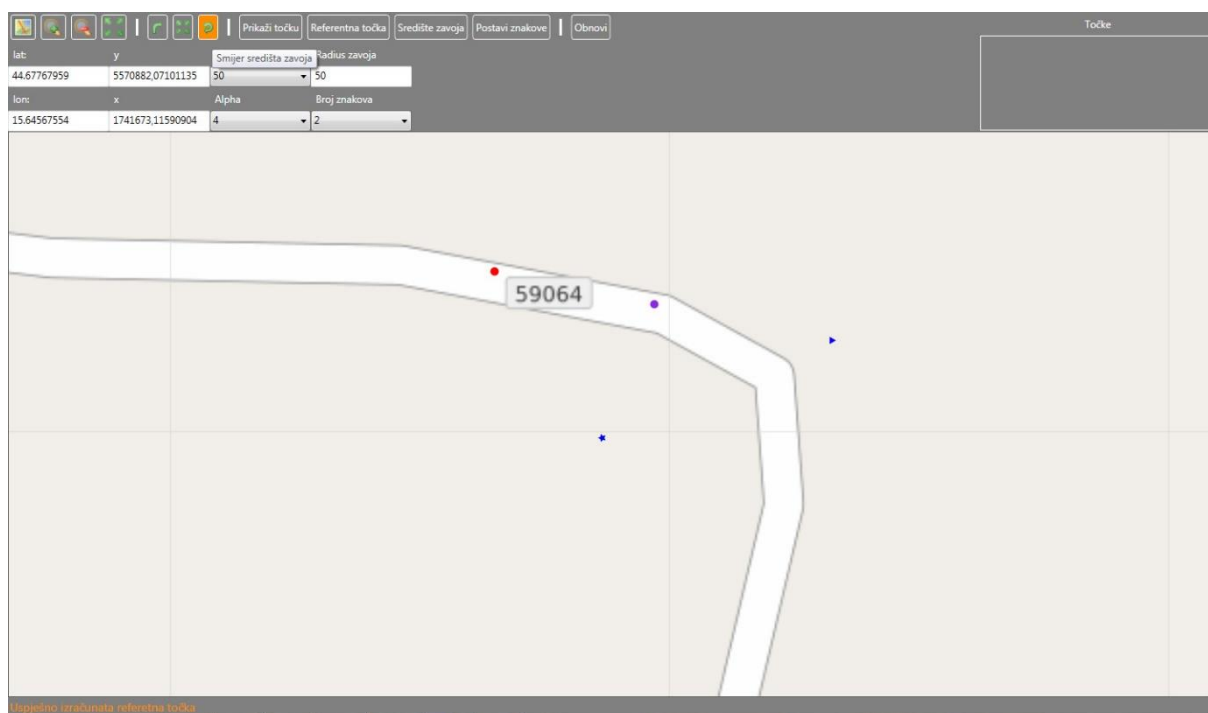
Slika 40. Određivanje smjera zavoja na L59064



Slika 41. Određivanje LKT na L59064

Udaljenost kritične točke (KT) od početka kružnog luka na lokalnim cestama iznosi 50 m [34]. Nakon unosa tog podatka u program automatskom radnjom određuje se referentna točka (crvena točka na Slici 41.).

Slijedi označavanje središta zavoja (Slika 42.) te upis radijusa zavoja čija je vrijednost dobivena programom za izračunavanje radijusa zavoja¹⁴. Određivanje središta zavoja prikazano je na Slici 43.



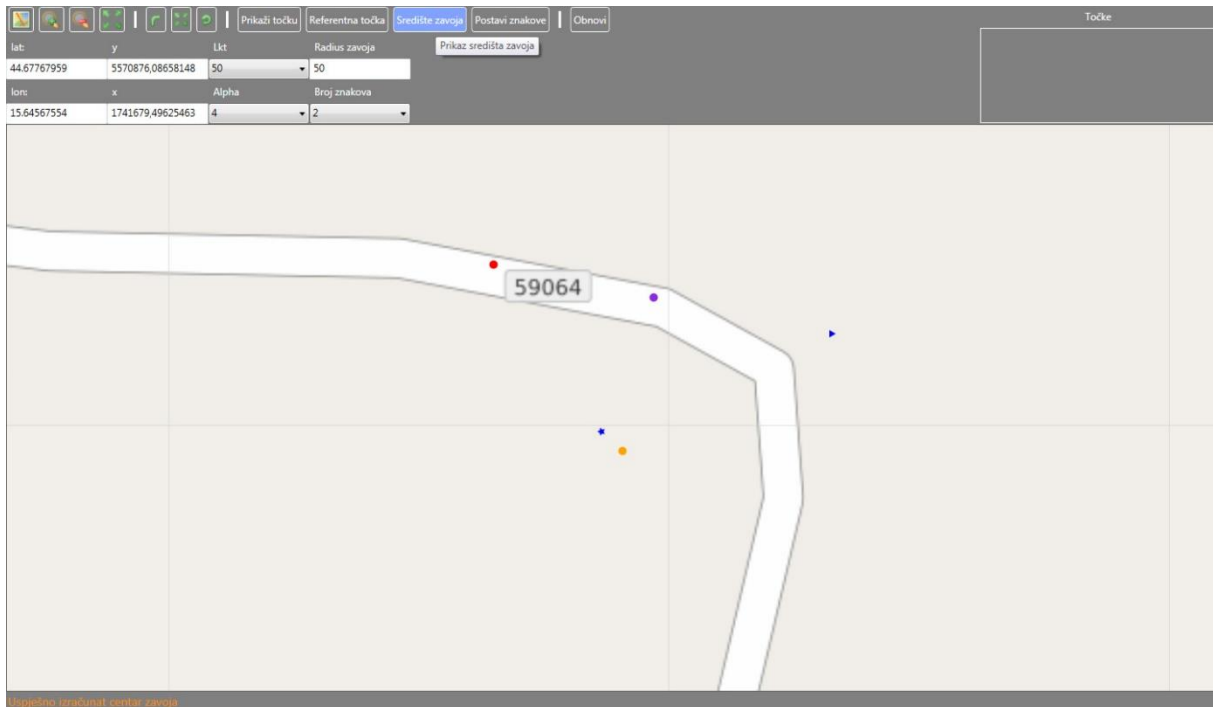
Slika 42. Određivanje smjera središta zavoja na L59064

Prema III. kriteriju koeficijenta sigurnosti određen je kut $\Delta\alpha=4^\circ$. Kako su u ovome zavoju već postavljena dva znaka K14, i ovdje je uzeta mogućnost postavljanja isto toliko znakova. Rezultat je vidljiv na slici 44. (crvene točke) i pokazuje da su u ovome slučaju znakovi u naravi postavljeni u skladu s predloženom metodom.

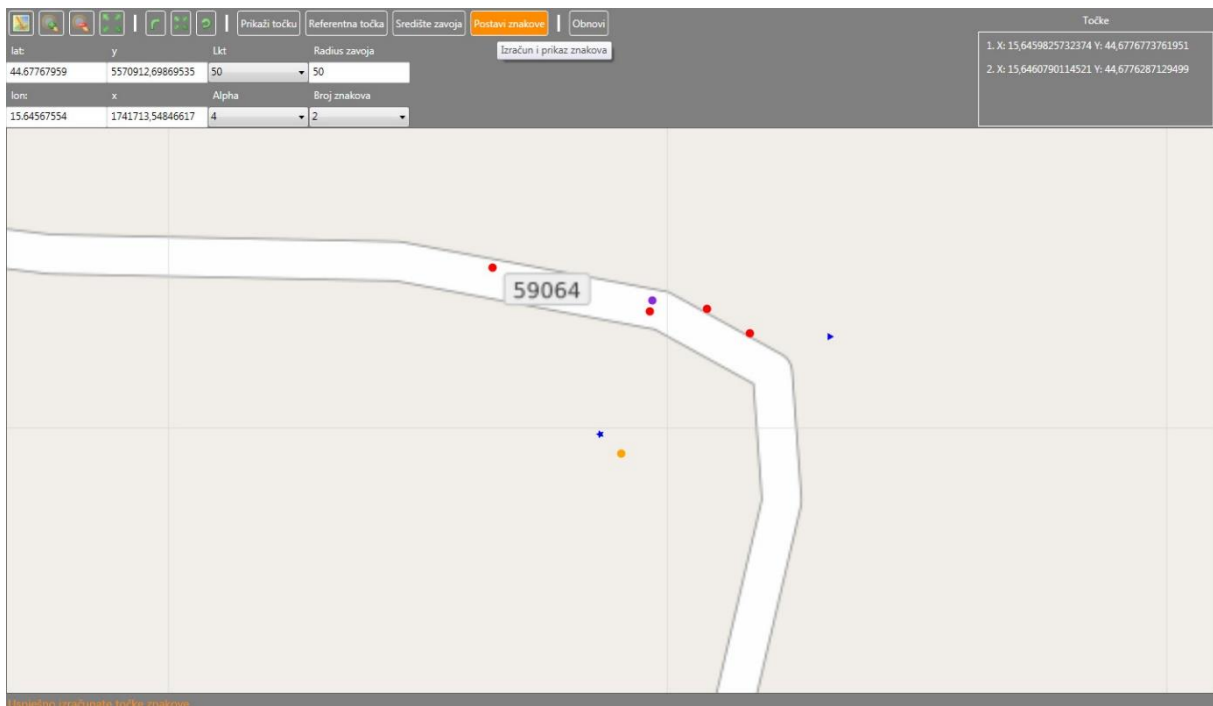
Koordinate znakova K14 u zadanom zavoju prikazane su na Slici 45.

¹⁴ <http://www.islandpondrailroad.com/radii.htm>

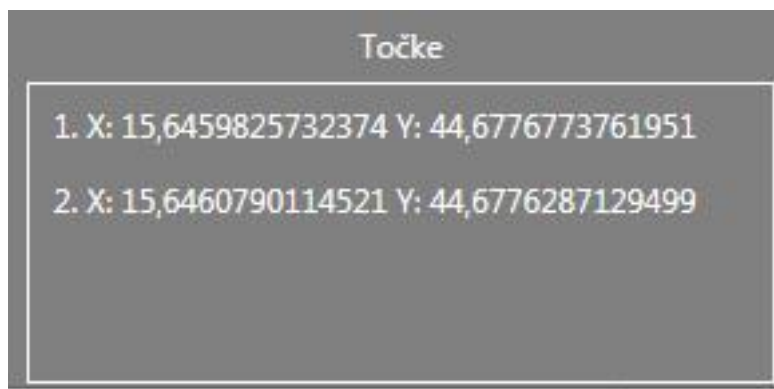
METODA SANACIJE OPASNIH MJESTA NA CESTAMA UZ POMOĆ GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA



Slika 43. Izračunavanje središta zavoja (narančasta točka) na L59064



Slika 44. Izračunavanje pozicija postavljanja znakova K14 na L59064



Slika 45. Koordinate postavljenih znakova K14 na L59064

U trima različitim slučajevima prikazano je da pozicioniranje znakova ovakvom metodom funkcionira na zadovoljavajući način. Moguća prepreka dobrom pozicioniranju, nepoznavanje radijusa zavoja, u današnje vrijeme riješena je izračunavanjem iz preciznih karata ili pomoću AutoCAD dodataka ukoliko do točnih podataka nije moguće doći od tijela koja upravljaju cetom i održavaju je.

Na autocestama nije običaj označivati opasne zavoje iako bi zbog velikih brzina i većih opasnosti to trebalo postati pravilo, a ne biti izdvojeni slučaj. Zasad je prema saznanjima označen samo jedan zavoj na autocesti A1. Ova metoda isprobana je i na autocesti, no zbog prevelikih brzina, pozicioniranje u nekoliko pokušaja nije uspjelo, odnosno dalo je neprecizne rezultate, što bi u kasnijim izračunima dovelo do još nepreciznijih podataka, stoga je izuzeto iz ovog rada.



Slika 46. Označen zavoj na autocesti A1 (autorova fotografija)

6 OCJENA UČINKOVITOSTI UPOTREBE GEOREFERENCIRANOGA VIDEOZAPISA U SANIRANJU OPASNIH MJESTA

Skoro polovica prometnih nesreća u Europi događa se na dvotračnim izvangradskim cestama, no problemi na tim dionicama često ostaju zanemarivani. U mnogim zemljama te ceste čine velik dio primarne i sekundarne cestovne prometne mreže. Generalno gledano te su ceste manjih geometrijskih standarda i nisu toliko održavane kao autoceste i brze ceste. U pravilu stoga imaju viši stupanj prometnih nesreća nego ceste više razine uslužnosti. Obično je to povezano s nedozvoljenim brzinama, opasnim pretjecanjima, vozačevom nepažnjom ili pak neprilagođenom i pretrpanom okolinom. [52]

Najčešći oblik nesreća na takvim je prometnicama izravni čeon sudar ili pak izlijetanje s ceste. Takvih je u Njemačkoj 71 posto od ukupnog broja prometnih nesreća, u Švicarskoj 67 posto, Danskoj 51 posto [60], a Hrvatskoj oko 30 posto [2].

Stajalište da su za prometnu nesreću gotovo uvijek krivi vozači i kao takvi su jedini krivci, čak i u slučaju da su ozlijeđeni ili poginuli u istoj toj nesreći, možda je najveća prepreka stvaranju okruženja sigurnije ceste. Krivnja se obično pripisuje vozaču, a ne okolini ceste ili opasnosti na cesti. Međutim, vozači motornih vozila su ljudi i uvijek je moguće da će pogrešno prosuditi situaciju, a ponekad se ni svi sudionici u prometu ne ponašaju na primjeren način. No, isto je tako činjenica da nitko nikada ne ulazi u promet s premisom da će učiniti pogrešku i uzrokovati prometnu nesreću.

Ponašanje vozača može se poboljšati obrazovanjem vozača i provođenjem zakona, ali razumno je pitanje koliko se još može učiniti u ovom području. Poboljšanje pasivne sigurnosti okoline ceste i same infrastrukture moguće je ponuditi uklanjanjem ili zaštitom zapreka, odnosno opasnosti koje bi mogle utjecati na vozače i predviđanjem izbjegavanja potencijalnih prometnih nesreća.

Europa daje prijedloge i rješenja u vidu „samoobjašnjavajuće ceste“ (*selfexplaining road*) i „opraštajuće okoline ceste“ (*forgiving roadside*), odnosno „održive sigurnosti“.

Princip „održive sigurnosti“ [61] na cestama temelji se na tezi da je cijeli prometni i transportni sustav baziran na ljudskim ograničenjima. Cestovna infrastruktura sprečava korištenje cesta koje uključuju velike razlike u smjeru, brzini i masi te usmjerava korisnika prema sigurnom ponašanju.

Vozila su izgrađena kako bi pojednostavila zadatak vožnje i nude zaštitu u slučaju sudara. Cestovni korisnici educiraju se i ispravno informiraju te se njihovo ponašanje redovito testira. „Održiva sigurnost“ bazira se na pet principa koji su navedeni u tablici 12., a dva od ovih pet principa baziraju se na „samoobjašnjavajućoj cesti“ i „opraštajućoj okolini ceste“.

Tablica 12. Principi "održive sigurnosti" [61]

| Princip održive sigurnosti | Objašnjenje |
|---|--|
| Funkcionalnost prometnica | Monofunkcionalnost cesta bilo kroz same ceste ili distributera cesta, u hijerarhijski strukturiranoj cestovnoj mreži |
| Homogenost prometnica | Jednakost brzine, smjera i mase na umjerenim i velikim brzinama |
| Opraštajući okoliš i sudionici u prometu | Ograničenje ozljeda kroz opraštajući okoliš i predviđanje ponašanja sudionika u prometu |
| Predvidljivost cestovnog pravca i ponašanja sudionika u prometu pomoću prepoznatljivog dizajna cesta | Cestovni okoliš i ponašanje sudionika koji podržavaju očekivanja korisnika cesta kroz konzistentnost i kontinuitet dizajna cesta |
| Državna svijest cestovnog korisnika | Sposobnost za procjenu nečijih mogućnosti pri vožnji |

Koncept „samoobjašnjavajuće ceste“ [62] temelji se na ideji da ceste s određenim dizajniranim elementima ili opremom podižu očekivanja sudionika u prometu, a time izazivaju povećanje brzine ili neželjene manevre. Stoga treba dizajnirati „savršenu“ cestu koja će sama po sebi smanjivati brzinu i upućivati na znakove opasnosti. Kako ni „savršena“ cesta ne može spriječiti sve prometne nesreće, okolina ceste mora biti dizajnirana tako da se izbjegnu ozbiljne posljedice u slučaju izljetanja vozila s ceste. Obično sudari s objektima uz cestu (stupovima, drvećem, ogradom...) imaju najteže posljedice, stoga tako dizajnirana cesta mora biti oslobođena opasnih objekata. Naravno, to nije moguće u svim situacijama, pogotovo jer se većina intervencija i sanacija mora izvoditi na već izgrađenim prometnicama. U takvim slučajevima, ako nema drugih mogućnosti, ti objekti trebali bi se ukloniti ili zaštititi zaštitnim ogradama.

„Opraštajuća okolina ceste“ [63] definira se kao put koji je dizajniran i izgrađen na način da blokira i ometa razvoj mogućih vozačevih pogrešaka i izbjegava ili ublažava negativne pogreške u vožnji, omogućujući vozaču da vrati kontrolu, nastavi vožnju ili zaustavi vozilo na siguran način.

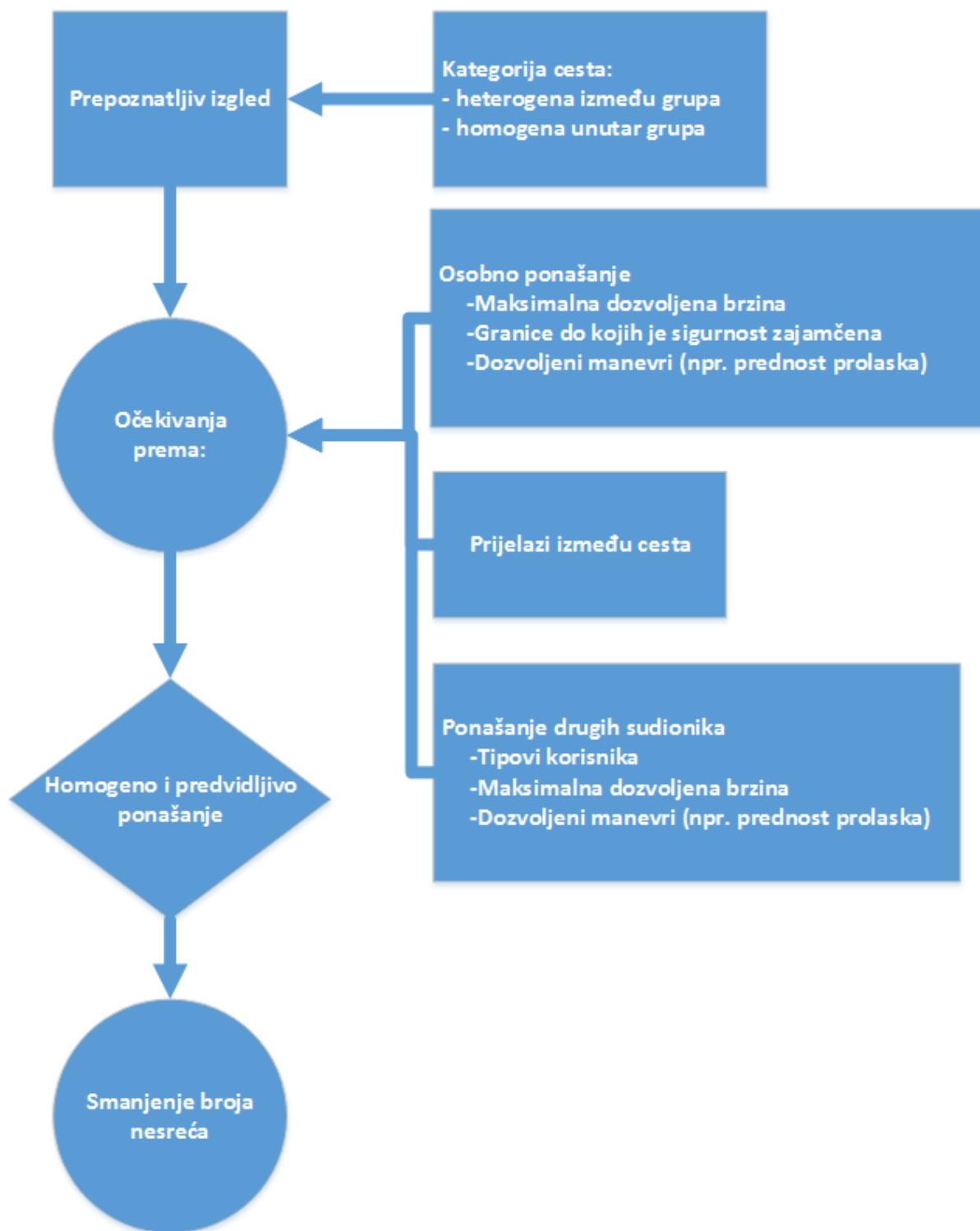
Ukratko, „samoobjašnjavajuće ceste“ pokušavaju predvidjeti vozačeve pogreške [64], dok „opraštajuća okolina ceste“ minimizira posljedice [63].

Prvi je cilj „opraštajuće okoline ceste“ smanjiti posljedice prometne nesreće izazvane pogreškama u vožnji, kvarovima na vozilu ili slabim uvjetima na cesti. Treba se usredotočiti na tretmane koji „zalutala“ vozila vraćaju natrag u cestovnu traku kako bi se smanjile ozljede ili nesreće s kobnim posljedicama. Ako vozilo ipak udari u opremu ceste namijenjenu za tu funkciju, sljedeći je cilj smanjiti ozbiljnost, odnosno posljedice sudara. Drugim riječima, okolina treba oprostiti vozaču/vozačici pogrešku smanjenjem posljedica nesreća s izlijetanjem s ceste.

„Opraštajuća okolina ceste“ ovisi o tome kako su cesta i njena okolina dizajnirane i opremljene, a upravo je to tema ovog rada, dizajnirati najbolju moguću okolinu ceste, u ovom slučaju u zavoju, kako ni u jednom trenutku ne bi došlo do zabune u „čitanju“ ceste ispred vozača. Dobro dizajnirano vidno polje vozača upravlja vozačevim ponašanjem na cesti [65]. Stoga, dobro dizajnirana cesta i okolina ceste pomaže i kod pojma „samoobjašnjavajuće ceste“ i kod „opraštajuće okoline ceste“.

Kako bi se zadovoljio glavni prometni cilj, a to je sigurna i učinkovita vožnja sudionika u prometu, potrebna je zadovoljavajuća integracija cestovnog dizajna, kontrole prometa i sudionika u prometu, odnosno njihovo jedinstveno djelovanje. Dizajneri i planeri cestovnih prometnica moraju prepoznati kakav će utjecaj njihove odluke imati na potrebe za kontrolom prometa s kojima se susreću prometni projektanti, ali i na posljedični utjecaj na sigurno i učinkovito putovanje korisnika. Sigurne su ceste one koje su „samo-objašnjenjem“ korisnicima prikazale kako se ponašati isključivo zbog izgleda i kontrole na cesti [66].

U navedenim primjerima „opraštajuće okoline ceste“ prvenstveno uključuju upotrebu sigurnosnih zaštitnih ograda, vibrirajućih traka, uređenje i povećanje širine bankina na izvangradskim prometnicama te općenito uređenje okoline ceste. Upotrebom georeferenciranog zapisa moguće je takve situacije u uredskim uvjetima pregledati i sagledati te jeftinim mjerama (postavljanjem znakova), za što je primarno ovakav program pripremljen, prolongirati skuplje mjere sanacije ukoliko je to potrebno.



Grafikon 11. Shema prepoznatljivog izgleda ceste i predvidljivog ponašanja kao što je sugerirano u „održivoj sigurnosti“ [61]

Ciljevi koji se postavljaju pred dizajnere, projektante i osobe koji upravljaju cestama prikazani su u Tablici 13.

Tablica 13. Ciljevi koji se postavljaju pred projektante i osobe koji upravljaju cestama [67]

| Tip intervencije | Standardi i pravila | Usklađenost |
|---|---|---|
| Planiranje, projektiranje, upravljanje i korištenje cestovne mreže | Pokrivaju sigurno planiranje, projektiranje, izgradnju, upravljanje i održavanje cestovne mreže | Cilj je da graditelji cesta i operatori, industrija vozila i transportna industrija, sudionici u prometu i hitne medicinske i rehabilitacijske usluge djeluju u skladu sa sigurnosnim standardima i |
| Uvjeti ulaska i izlaska vozila i sudionika u prometu na cestovnoj mreži | Postavljaju sigurnosne standarde za vozila i uvjete licenciranja vozača | |
| Oporavak i rehabilitacija žrtava sudara | Postavljaju se za isporuku hitne medicinske i rehabilitacijske usluge žrtvama prometnih nesreća | |

Istraživanje koje je provelo United Kingdom Royal Society for the Prevention of Accidents (RoSPA) [68] pokazuje kako jednostavne, *low cost* mjere mogu ostvariti velike povrate inicijalnih investicija ili troškova za poboljšanje označivanja prometnica, oznaka na kolniku ili postavljanja učinkovitih sigurnosnih uređaja. U Tablici 14. prikazani su neki primjeri iz tih istraživanja.

Ova istraživanja pokazala su i dokazala da je dobro održavana prometnica, potpuno opremljena pravilno postavljenim znakovima i oznakama na kolniku i ostalom sigurnosnom opremom, spremna za sigurnu i ugodnu vožnju.

Tablica 14. Primjeri *low-cost* mjera [68]

| Kategorija mjera | Broj projekata | Prosječna cijena (£) | Smanjenje nesreća (%) | Stopa povrata prve god. (%) |
|-----------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Antikližuće površine | 34 | 8.620 | 57 | 352 |
| Oznake | 43 | 2.020 | 34 | 957 |
| Oznake i znakovi | 63 | 2.537 | 41 | 820 |
| Zakloni | 65 | 10.387 | 37 | 259 |
| Vertikalno smirenje prometa | 58 | 23.333 | 65 | 198 |
| Znakovi upozorenja | 36 | 553 | 46 | 3.491 |
| Novi prometni signali | 15 | 40.717 | 67 | 153 |

Stoga se s pravom može očekivati da će i ova metoda, ukoliko bude primjenjivana, donijeti istu ili sličnu korist, ali i smanjiti troškove zbog svoje automatiziranosti, a time i povećati odnos koristi i troškova pri sanaciji opasnih mjesta ili pri označivanju zavoja.

Ovakve metode sanacije opasnih mjesta posebno su dobre za tvrtke koje upravljaju prometnicama jer je njihova zakonska obveza pravilno održavanje prometnice, a ovime je moguće optimalno to činiti uz male troškove održavanja. Planiranjem ovakvih sanacija moguće je vrlo brzo vratiti sredstva uložena u korekcije prometnica jer povrat na investiciju daleko premašuje troškove i u gotovo svakom slučaju čak i ostvaruje korist, financijsku i humanitarnu.

6.1 Doprinos smanjenju prometnih nesreća

Istraživanja mogućnosti smanjenja broja prometnih nesreća s najtežim posljedicama koja se provode u različitim zemljama diljem svijeta pokazuju jasnu potrebu za višestrukim povećanjem sigurnosnih analiza usmjerenih na infrastrukturni aspekt sustava vozač-vozilo-infrastruktura. U zemljama s uređenim prometnim sustavom, u kojima se podrazumijeva postojanje suvremene prometne infrastrukture, kvalitetnog sustava prometne edukacije te

sustava nazora provedbe zakonske regulative i održavanja prometnica, broj osoba koje su teško ozlijeđene ili poginu u prometu ipak je i dalje neprihvatljivo visok¹⁵.

U svijetu se provodi nekoliko kampanja pod okriljem Međunarodne automobilističke federacije (FIA)¹⁶ kojima se zagovara pristup izgradnje cestovne infrastrukture temeljene na pretpostavkama da je jedna od pet stotina reakcija vozača pogrešna [69]. Kampanje promoviraju izgradnju takve cestovne mreže koja će, i u slučaju vozačeve pogreške, pružiti dovoljno zaštite sudionicima u prometu kako bi se izbjegle najteže posljedice.

U Hrvatskoj se jedna takva kampanja provodi kroz projekt EuroRAP¹⁷. EuroRAP je međunarodna neprofitna udruga registrirana u Bruxellesu koju su formirale automobilističke organizacije i cestovne vlasti kako bi zajednički unapređivali sigurnost prometa na europskim cestama. EuroRAP trenutno okuplja pedesetak članova iz 30 zemalja.

EuroRAP podržavaju i vodeći proizvođači automobila i on predstavlja sestrinski program EuroNCAP¹⁸-u u okviru kojeg se provode testovi sudara novih vozila na osnovu kojih im se dodjeljuju zvjezdice za sigurnost. EuroRAP dodjeljuje zvjezdice za sigurnost cestama i izrađuje karte koje pokazuju rizik nastanka prometnih nesreća koje uzrokuju smrt i po život opasne ozljede. EuroRAP obavlja i specijalne inspekcije tehničkih značajki cesta te ističe poboljšanja koja se mogu provesti na njima kako bi se smanjila vjerojatnost nastanka prometnih nesreća, odnosno smanjila razina stradanja ako ipak do njih dođe.

Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu nositelj je licence za provođenje inspekcija prema EuroRAP protokolima. Ti protokoli obuhvaćaju:

- analizu i mapiranje kobnih nesreća i nesreća s ozlijeđenima koje se javljaju na glavnim cestama
- praćenje poboljšanja performansi pojedinih dijelova cesta tijekom vremena, kobnih nesreća i nesreća s ozlijeđenima tijekom određenog vremena
- inspekcijske preglede kvalitete sigurnosti cestovne infrastrukture snimanjem iste te utvrđivanje na kojim su dijelovima infrastrukture prometne nesreće vjerojatnije i u kojoj mjeri cesta štiti korisnike od nesreće, odnosno od smrti i ozbiljne ozljede kada se nesreće javljaju.

¹⁵U Europskoj uniji godišnje u prometnim nesrećama život izgubi približno 35.000 ljudi, a u Hrvatskoj godišnje u prometu pogine približno 300 do 400 osoba.

¹⁶ FIA Foundation - <http://www.fiafoundation.org/our-work/road-safety/projects>

¹⁷EuroRAP - European Road Assessment Programme

¹⁸EuroNCAP - European New Car Assessment Programme / Europski program procjene novih automobila

Tijekom 2009. i 2010. godine provedeni su pilot projekti ocjenjivanja stanja sigurnosti na najkritičnijim prometnicama u RH, a rezultati su pokazali kako se upravo na dionicama s najvećim brojem smrtnih slučajeva u pravilu javljaju i niske ocjene stanja prema EuroRAP protokolima. Takva istraživanja prepoznao je i Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa RH u kojemu se za naredni period programa (2011.-2020.) predlaže¹⁹ provođenje dodatnih aktivnosti i sveobuhvatnih istraživanja u sklopu projekta EuroRAP. Istraživanja i snimanja i danas se provode.

Inspekcija tehničkih značajki ceste obavlja se prema RPS protokolima EuroRAP-a koji definiraju postupke i načine prikupljanja i obrade podataka o cestama. Prema EuroRAP RPS 2.0 protokolu sustav prikupljanja podataka sastoji se od vozila opremljenog trima videokamerama i prijemnikom globalnog sustava satelitskog pozicioniranja (GPS+GLONASS). Vozilom se zatim obavlja videosnimanje prometnice na kojoj se obavlja inspekcija te se podaci, zajedno s podacima pozicijskih senzora prosljeđuju treniranim inspektorima koji obavljaju vizualnu inspekciju unošenjem karakterističnih atributa.

Prvi korak kod ove metodologije podrazumijeva provođenje inspekcije, odnosno snimanja promatrane cestovne mreže, pri čemu treba izraditi videozapise svih relevantnih elemenata cestovne infrastrukture koji utječu na razinu prometne sigurnosti. Temeljem kodiranja i analize videozapisa utvrđuju se kvantitativne vrijednosti razine rizika kojemu su izloženi cestovni korisnici prigodom korištenja promatranih dionica cestovne mreže. Dobivene ocjene rizika pokazuju postojeću razinu prometne sigurnosti na promatranim dionicama cestovne mreže [70].

Temeljem prikupljenih podataka ovakvim istraživanjima, a pomoću Risk Rate Mapa, koje prezentiraju stope prometnih nesreća bazirane na broju kobno stradalih i ozlijeđenih prema vozilu-kilometru, prikazuju rizike i pokazuju kako se sanacijama rizik mijenja i pomiče s dionice na dionicu, moguće je izdvojiti potencijalna opasna mjesta ili dionice, izraditi optimalni plan za provođenje mjera sanacije i sanirati potencijalno opasna mjesta uz prihvatljive investicijske troškove (maksimalni odnos koristi i troškova) te na taj način učiniti cestu sigurnijom. Ovdje je moguće uključiti metodu sanacije opasnih mjesta pomoću georeferenciranoga videozapisa jer je ona već i djelomično uključena snimanjem cesta spomenutom EuroRAP metodom.

¹⁹ Prema prijedlozima radne skupine za pripremu Nacionalnog programa SCPRH, siječanj, 2011.

Investicijski planovi identificiraju mjere kojima se najmanjim troškovima mogu postići najbolji rezultati na mjestima na kojima je ocjena sigurnosti pokazala potencijalnu opasnost i visoku vjerojatnost događanja najtežih prometnih nesreća. EuroRAP predlaže uvođenje više od 70 mjera koje su se dokazale učinkovitima u spašavanju života. Te mjere kreću se od jednostavnih mjera kao što je kvalitetno iscrtavanje horizontalne signalizacije ili izmjena vozačeve okoline pa do najskupljih mjera kao što su rekonstrukcija raskrižja ili gradnja drugog kolnika na najopasnijim dionicama [71].

Većina smrtno stradalih na europskim i našim cestama događa se na prometnicama izvan naseljenih mjesta, a od toga je otprilike 30-40% koncentrirano na mrežu glavnih izvangradskih prometnica. Upotrebom EuroRAP metoda u Velikoj Britaniji se u periodu od tri godine smanjio broj prometnih nesreća za 30 posto na visokorizičnim i srednjerizičnim dionicama prometnica [67].

Mjere koje su se provodile na tim dionicama u svrhu povećanja sigurnosti prometa ubrajaju se u *low-cost* mjere koje uključuju:

- poboljšanje vertikalne i horizontalne signalizacije
- mjere smanjenja dozvoljene brzine
- otklanjanje potencijalnih mogućnosti za događanje prometnih nesreća.

To je u potpunosti kompatibilno s metodama predloženim u ovom radu.

Kako je prethodno istaknuto, jasne i vidljive oznake na kolniku zajedno s visokim stupnjem održavanja, vrlo su bitne za očuvanje i osiguravanje visokog stupnja sigurnosti na cestama. **Oznake na kolniku** moraju biti najveće kvalitete kako bi bile vidljive i trajne te kako bi garantirale otpornost protiv klizanja koje je isto kao i kod ostale površine ceste. Primjena znanosti također utječe na razinu performansi i trajnosti. Studije su pokazale da bi sigurne oznake na kolniku trebale biti vidljive tijekom noći u mjeri koja omogućuje vozaču vrijeme reakcije minimum od 2,5 sekunde. To se može postići odgovarajućom širinom i retrorefleksivnošću.

Prometni znakovi su jedno od glavnih sučelja između kolnika i vozača, a koriste se za prijenos informacije koja bi inače bila nejasna do vozača. Oni su tu da podsjetite vozače na prometna pravila. Oni također mogu savjetovati o posebnim opasnostima i na koji način ih je moguće izbjeći.

U suvremenom prometnom sustavu vožnja bez znakova nemoguća je. To je razlog zašto su povezani, jasni i izraženi prometni znakovi sastavni dio prometnog sustava. Da bi bili učinkoviti, znakovi moraju biti dizajnirani, izgrađeni i prikazani tako da njihova poruka bude jasna, nedvosmisljena, vidljiva i čitka.

Međunarodna legislativa propisuje da prometni znakovi moraju biti prepoznatljivog oblika, boje i veličine i danju i noću, odnosno 24 sata dnevno 365 dana u godini. To rezultira sličnim znakovima u skoro svakoj zemlji na svijetu.

Da bi se to ostvarilo, potrebno je projektirati znakove na zadovoljavajući način, postavljati znakove prema projektu, obavljati povremenu inspekciju znakova kako bi se pružilo redovito i sistematično održavanje i ceste i znakova.

Iz ekonomske perspektive prometni znakovi imaju važnu ulogu u sigurnosti prometa. Njihov doprinos povećanju sigurnosti uvelike se kompenzira malim investicijama koje prometni znakovi traže pri postavljanju i održavanju. U normalnim slučajevima oko 10 posto budžeta redovitog cestovnog održavanja trebalo bi biti dovoljno da se osigura učinkovitost prometnih znakova [62].

Četiri su važna principa dobrog označivanja cestovne infrastrukture prometnom signalizacijom [72]:

- Sustav označivanja treba biti dosljedan, potpun, sveobuhvatan i zadržati jednostavnost.
- Horizontalno i vertikalno označivanje treba biti komplementarno i nikad kontradiktorno.
- Vozači moraju percipirati znakove i noću i danju na isti način.
- Cestovni i prometni uvjeti, kao što su tuneli, mostovi, privremene regulacije, koji predstavljaju posebne poteškoće, moraju se tretirati s posebnom pažnjom.

Time sudionici u prometu dobivaju i obrađuju informacije, donose odluke i reagiraju u optimalnom vremenskom intervalu, a pritom je važno [73]:

- upozoriti sudionike u prometu na sve uvjete koji nisu sukladni normama ili su na neki način neuobičajeni
- informirati sudionike u prometu o uvjetima s kojima bi mogli biti suočeni
- voditi sudionike u prometu po neuobičajenim dionicama
- voditi sudionike kroz konfliktne točke i oblasti

- oprašati sudionicima u prometu greške i nepropisno ponašanje
- izbjegavati nedovoljne i nepravilne mjere (nešto je poduzeto, ali nedovoljno)
- izbjegavati nepravilne ili pogrešno locirane mjere (za postojeću situaciju)
- izbjegavati suvišne mjere (previše urađeno za poboljšanje sigurnosti na jednom mjestu zbog čega dolazi do rizika na drugim mjestima).

6.2 Ekonomski doprinosi

Kako bi se proizveli rapidni rezultati, projekti moraju ciljati na dijelove prometne mreže s visokim koncentracijama smrti i ozljeda da bi se na taj način povećao opseg vjerojatnih koristi i izvjesnost njihova postizanja.

Istraživanja pokazuju da se na manjem dijelu cjelokupne prometne mreže događa veliki postotak društvenog troška cestovnih nesreća. To ukazuje na činjenicu da je većina smrtnih slučajeva i ozljeda obično nastala na malom dijelu cestovne prometne mreže i cjelokupni akcijski planovi mogu biti usmjereni u tome smjeru. Dostupni podaci o prometnim nesrećama potkrepljuju tezu, a ukoliko takvi podaci nisu dostupni, i dalje je moguće identificirati najopasnije koridore identificiranjem dionica s visokim prometnim opterećenjem i koridore na kojima se razvijaju velike brzine, gdje je moguće očekivati visoku gustoću kobnih i ozbiljnih ozljeda u prometnim nesrećama.

Iskustva razvijenih zemalja potvrđuju da je istraživanje problema sigurnosti na cestama isplativ način sprečavanja prometnih nesreća. To je bitno i za gospodarski razvoj budući da troškovi prometnih nesreća čine znatan postotak bruto domaćeg proizvoda (BDP). Sigurnost na cestama glavna je briga većine Europljana. Studije pokazuju da vozači u Europi očekuju strože mjere u vezi s cestovnom sigurnošću, kao što je poboljšana kvaliteta cesta, bolje obrazovanje vozača, provođenje prometnih pravila, provjere sigurnosti vozila i dr.²⁰

Odnos je koristi i troškova mjera protiv gomilanja nesreća, odnosno odnos između postignute koristi i uloženi sredstava služi dokazivanju ekonomičnosti odnosno djelotvornosti određenih mjera.

²⁰ Sartre (Social attitudes to road traffic risk in Europe) projekti; 1992. Sartre 1 je uključivao 12 zemalja, a Sartre 2 (1997.) 19 zemalja.

Pomoću *Preporuka za istraživanje ekonomičnosti cesta* [74] moguće je provesti istraživanje ekonomičnosti - također i za mjere mjesnoga istraživanja nesreća. Za procjenu mjera služi odnos koristi i troškova (OKT). Odnos pokazuje kolika je korist u eurima na svaki uloženi euro u sanaciju zavoja ili raskrižja.

Korist su sve promjene uslijed neke mjere nasuprot neostvarenju mjere, a koje se ne svrstavaju u troškove. Dakle, nije bitno izračunava li se korist pozitivno kao poboljšanje ili negativno kao pogoršanje. Korist K uslijed promjene prometne sigurnosti izračunava se iz razlike nesreća u cestovnome prometu u situaciji kada nikakva mjera nije primijenjena i u slučaju kada je primijenjena neka mjera.

Osnove za izračun troškova nesreća čine sve nesreće i njihove posljedice koje je policija zabilježila (dodatno podijeljene i po kategorijama nesreća). Ekonomska procjena obuhvaća veličinu koristi ostvarene izbjegnute ljudskim žrtvama (izbjegnute pogibije, teške ili lake ozljede) i izbjegnute materijalne štete (kod nesreća s ozljedama ili samo kod nesreća s materijalnom štetom) u cestovnome prometu. Paušalne stope troškova koje su korištene za sljedeće primjere prikazane su u tablici 15.

Tablica 15. Paušalne stope troškova nesreća ovisno o kategoriji nesreće i kategoriji ceste (u €)
[68, autorova obrada]

| Kategorija nesreće | Kategorija ceste | | | | |
|---|-------------------------|-------------------|--------------------------|---------------|--------------------|
| | Izvan naseljenog mjesta | | Unutar naseljenog mjesta | | |
| | Autocesta | Međugradska cesta | Glavna ulica | Sabirna cesta | Srednja vrijednost |
| TO: nesreća s poginulima ili teško ozlijeđenima | 295.000 | 265.000 | 155.000 | 130.000 | 145.000 |
| LO: nesreća s lakše ozlijeđenima | 30.500 | 18.000 | 12.500 | 10.000 | 11.000 |
| O: nesreća s ozlijeđenima | 105.000 | 110.000 | 44.000 | 33.000 | 38.000 |
| TM: teža nesreća s materijalnom štetom | 18.000 | 12.500 | 11.500 | 11.000 | 11.500 |
| LM: ostale nesreće s materijalnom štetom | 8.000 | 6.000 | 6.000 | 5.500 | 5.500 |
| M: nesreća s materijalnom štetom | 10.500 | 6.500 | 6.500 | 5.500 | 6.000 |

Primjenom znanstvenih istraživanja Institut prometa i veza u suradnji je s Fakultetom prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatskim cestama i njihovim tehničkim ispostavama u Varaždinu, Dubrovniku, Osijeku, Zadru i Bjelovaru te policijskim upravama - prometnom policijom, izradio tehničku dokumentaciju za saniranje raskrižja državne ceste s pristupnom cestom za Luku Gruž u Dubrovniku te za raskrižja državne ceste Varaždin - Čakovec s državnom cestom Nedelišće - Ptuj (u Republici Sloveniji) u Nedelišću te zavoj u mjestu Bračevci na cesti Đakovo - Našice. Temeljem uputa Instituta prometa i veza djelatnici tehničkih ispostava u Zadru i Bjelovaru izvršili su saniranje triju opasnih zavoja: Ljubački stanovi (Zadar) te Čurlovac I. i Čurlovac II. (Bjelovar) na državnim cestama [75] te jednu sanaciju zavoja na županijskoj cesti u Klinča Selu [36].

Na tim opasnim mjestima u pet godina prije sanacije ukupno su smrtno stradale 23 osobe, a broj ozlijeđenih osoba i broj nesreća s materijalnom štetom bio je znatan. Nakon sanacije tih opasnih mjesta na njima je u osam godina poginula samo jedna osoba, a broj nesreća i ozlijeđenih smanjio se za više od 80 posto (Tablica 16.) U sanaciju tih osam navedenih opasnih mjesta utrošeno je najviše 750.000 kuna ili oko 100.000 eura, odnosno prosječno oko 100.000 kuna po jednom mjestu²¹.

Iz navedenih tablica moguće je izračunati godišnje troškove nesreća prije sanacije. Temeljem dosadašnjih istraživanja moguće je utvrditi da će sanacijom opasnog mjesta broj nesreća biti smanjen, a moguće je također procijeniti da će doći do smanjenja troškova od barem 50%.

Također, moguće je izračunati i troškove sanacije i neke dodatne troškove, kao što je redovito održavanje, a na temelju toga i godišnje investicijske troškove.

Iz kvocijenta zbroja godišnje koristi i zbroja godišnjih troškova dobije se mjera za ekonomičnost cjelokupne sanacije raskrižja. Mjere su ekonomski opravdane ako odnos koristi i troškova (OKT) doseže ili premašuje vrijednost $OKT = 1$, što u slučaju sanacije navedenih mjesta iznosi i više od 1. Tom računicom moguće je izraziti koliku korist donosi svaka kuna uložena u sanaciju.

²¹ podaci Instituta prometa i veza

Stvarni troškovi na saniranim opasnim mjestima prosječno su se smanjili više od 20 puta. Iz toga se može zaključiti da je primjenom centralne projekcije u označivanju opasnih mjesta od smrti sačuvano više desetaka života, izbjegnuto više stotina ozlijeđenih i materijalne štete.

Tablica 16. Godišnji broj prometnih nesreća i poginulih na opasnom mjestu prije i poslije sanacije s povećanjem sigurnosti (podaci Instituta prometa i veza, autorova obrada)

| Opasno mjesto | Prometne nesreće | | Poginuli | | % |
|--------------------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------|
| | Prije sanacije | Poslije sanacije | Prije sanacije | Poslije sanacije | |
| Bjelovar (Rovišće) D28 | 39,0 | 3,0 | 5,1 | 0 | 92,3 |
| Bjelovar (Ćurlovac) D43 | 62,5 | 3,2 | 0,0 | 0 | 95,0 |
| Zadar (Ljubački stanovi) Ž2910 | 52,7 | 0,8 | 1,3 | 0 | 98,0 |
| Našice-Đakovo (Bračevci) D515 | 15,2 | 2,1 | 0,0 | 0 | 86,4 |
| Klinča Sela Ž1042 | 7,7 | 6,0 | 0,3 | 0,3 | 18,0 |
| Dubrovnik-Sustjepan D8 | 23,6 | 2,9 | 1,7 | 0 | 87,7 |
| Nedelišće D3 i D-208 | 31,3 | 2,4 | 2,7 | 0,1 | 92,3 |
| Kloštar Ivanić Ž3074 i Ž3041 | 4,5 | 2,0 | 0,1 | 0 | 75,0 |

Navedeni podaci ovoj novoj metodi označivanja zavoja ili sanacije opasnog mjesta daju relevantnost.

6.3 Sustav upravljanja cestovnom sigurnošću

Jedan je od najbitnijih načina za optimalno funkcioniranje i upravljanje cestovnom sigurnošću dobra baza podataka o cestovnim prometnim nesrećama. Bez tih podataka prometni stručnjaci i znanstvenici iz područja sigurnosti cestovnog prometa ne bi mogli provoditi istraživanja i postavljati nove metode i modele za povećanje sigurnosti prometa.

Obradom podataka dobivaju se ključne informacije za procjenu ekonomskih troškova proizašlih iz cestovnih prometnih nesreća te je na taj način moguće kvalitetno identificiranje rizika i prioriteta rješavanja problema kako bi se spriječio ili umanjio broj cestovnih prometnih nesreća.

Unapređenje prometne statistike i analize te implementacija pouzdane statističke baze podataka o cestovnim prometnim nesrećama, koja mora biti jednostavna i prepoznatljiva, predstavlja nezamjenjiv alat za objektivno istraživanje i procjenu sigurnosti cestovnog prometa te selektiranje njegovih ključnih problema.

Detaljna baza podataka ostvarila bi se povezivanjem baza različitih izvora raznih subjekata (MUP, zdravstvo, osiguravajuće kuće, čimbenici koji upravljaju cestama...) te njihovim usklađivanjem, obradom i interpretacijom. Krajnji rezultat bio bi kvalitetna i provjerena baza podataka o cestovnim prometnim nesrećama na temelju koje bi bilo moguće razvijati nove metode i modele prevencije i sanacije opasnih mjesta na cestama [76].

U svjetskim okvirima postoje isprobani sustavi upravljanja opasnim mjestima, a oni bi se uspostavom kvalitetne baze podataka mogli implementirati i u Republici Hrvatskoj. Vjerojatno najeksponiraniji od njih su Black Spot Management (BSM) i Network Safety Management (NSM) kojima je cilj identificirati opasna mjesta i sanirati ih te praćenjem stanja njima upravljati.

Kao što mu i naziv govori, Black Spot Management koncentrira se samo na „crne točke“, odnosno lokacije na kojima se dogodila prometna nesreća. Najčešće su to raskrižja. S druge strane, Network Safety Management ima cilj obuhvatiti i dijelove cestovne prometne mreže na kojima se učestalo događaju prometne nesreće te analizira ozbiljnost prometnih nesreća na tim dionicama i dovodi ih u korelaciju s uzrokom tih prometnih nesreća.

Trenutno je u izradi projekt pod nazivom ESReT koji razvija alat koji će podržavati pregled cestovnih dionica koje su identificirane kao visokorizične prema procesima inspekcije cesta [77]. Ovaj alat predstavlja metodologiju za prikupljanje i analizu cestovnih atributa koristeći niskobudžetnu opremu te bi se softver razvijen predmetnom metodologijom vrlo lako mogao integrirati unutar ovog alata, a na taj način bi osim detekcije i analize bilo moguće i sanirati opasne zavoje. [38]

Navedeni sustavi nisu isključivi pa ih je moguće kombinirati i na taj način još bolje procijeniti sigurnosnu situaciju te postupiti na pravilan način. No, za početak uvođenja ovakvih sustava uz dobivanje kvalitetne baze podataka bilo bi dovoljno inkorporirati sustav Black Spot Manegementa [31].

7 ZAKLJUČAK

Problemi sigurnosti cestovnog prometa rezultat su kompleksnog međuovisnog djelovanja četiriju skupina sudionika od kojih tri skupine predstavljaju neposredni sudionici u prometu (cesta, vozilo, sudionik – vozač, pješak, putnik i sl.), a jednu čine neizravni sudionici u prometu u koje se ubrajaju svi oni koji su sudjelovali ili sudjeluju u osmišljavanju, uspostavljanju, organizaciji i upravljanju sustavom cestovnog prometa (projektanti, graditelji, oni koji održavaju ceste i vozila, donose propise, obrazuju, ili na drugi neizravan način sudjeluju u oživotvorenju sustava cestovnoga prometa).

Horizontalna i vertikalna signalizacija imaju iznimno značenje za sigurnost prometa. Iskustvo i znanstvenoistraživačka djelatnost u svijetu, a i kod nas, potvrđuju da se djelotvorno smanjenje prometnih nesreća i njihovih posljedica omogućuje djelovanjem na izmjenu okoline vozača na opasnim mjestima, odnosno okoline sudionika u prometu, radi uspostave odgovarajućih jasnih i nedvosmislenih informacija o pružanju ceste koje vozač prima iz okoline, a važne su za sigurno upravljanje vozilom.

Ceste i njihovo stanje imaju veliki učinak i na korisnike cesta i utječu na opću percepciju javnosti. Ta percepcija povezana je sa zahtjevima za udobnošću, sigurnošću i estetikom od kojih je neupitno najvažnija sigurnost. Kao rezultat cestovna sigurnost jest ili mora biti od primarne važnosti za svakog subjekta koji upravlja cestom i to bi trebalo biti popraćeno prikladnim akcijama. Štoviše, osjeća se da način na koji se cestovna infrastruktura (nogostupi, tuneli, mostovi...) i njen namještaj (znakovi, oznake...) planiraju, dizajniraju, izvode i način brige o njima, otkriva stavove državnog aparata i govori o brizi stanovnika o kvaliteti i kvantiteti ljudskog života.

Prema dosadašnjim eksperimentalnim istraživanjima primjenom centralne projekcije pri projektiranju prometne signalizacije može se utvrditi da je moguće na opasnim mjestima smanjiti broj prometnih nesreća za 30-70 %.

Jedan je od ciljeva Europske unije i 50 postotno smanjenje broja smrtno stradalih u prometu u svijetu. Kao jedna od metoda za povećanje sigurnosti prometa spominje se i posebno označavanje crnih točaka te sastavljanje popisa crnih točaka na transeuropskoj mreži cesta koje će biti označene, između ostalog, i brojem žrtava na toj crnoj točki.

U posljednjih pedeset godina u visokorazvijenim zemljama razvili su se sustavi upravljanja sigurnošću prometa, dok je srednjim i niskorazvijenim zemljama izazov da naučene lekcije inkorporiraju u prometne sustave i izbjegnu nepotrebne probleme s kakvima su se susretali stručnjaci visokorazvijenih zemalja.

Geografski informacijski sustavi, iako zahtijevaju znatne resurse prigodom postavljanja i unosa podataka, predstavljaju nezamjenjiv alat kod izrade različitih tipova analiza. Georeferencirani video, kao jedan od slojeva podataka pridodanih skupu geoinformacijskih sadržaja, omogućava dodatnu dimenziju virtualne vizualizacije prostora. Jednostavnost prikupljanja podataka i mogućnost naknadne vremenski neograničene detaljne analize te ponovljivost analize glavne su prednosti ovakvog pristupa.

U svrhu izrade analiza stanja prometne infrastrukture georeferencirani videozapis omogućava pogled na infrastrukturu iz korisnikove perspektive i to u uvjetima bitno različitim od uvjeta na terenu, što omogućava detaljnu analizu i olakšava percepciju predmeta analize.

Daljnijim razvojem geografskih informacijskih sustava i srodnih pratećih tehnologija otvorit će se neslućene mogućnosti poboljšanja metoda istraživanja i analize prometnih tehnoloških procesa u realnom vremenu, s kvalitetnim informacijama o stanju pratećih infrastrukturnih objekata. [78] S obzirom na prirodnu interdisciplinarnost prometa dostupnost kvalitetnih analiza, koje rezultiraju sustavnim dodavanjem „prometnog sloja“, unutar GIS sustava generirat će se transparentni i dostupni podatci koji će u analizi izrazito opasnih mjesta i optimizaciji procesa u tehnologiji prometa polučiti najznačajnije rezultate.

Istraživanje je provedeno na svim tipovima javnih cesta u Republici Hrvatskoj (autocestama, državnim cestama, županijskim i lokalnim cestama), a kako se najviše prometnih nesreća s kobnim posljedicama događa na prometnicama izvan naselja, glavni naglasak stavlja se na istraživanje okoline ceste u zavojsima izvan naselja.

Kao rezultat istraživanja izrađen je softver koji pokazuje da je metoda sanacije opasnih mjesta na cestama uz pomoć georeferenciranoga videozapisa primjenjiva u praksi. Pritom se mora voditi računa da, što je pozicioniranje preciznije, to su i koordinate dobivene ovim istraživanjem točnije. Eksperimentalna mjerenja pokazala su da se ovom metodom dobivaju izvrsni rezultati čak i korištenjem neprofesionalne opreme za snimanje i pozicioniranje te korištenjem samo onih senzora koji su dostupni unutar uređaja dostupne potrošačke elektronike.

Temeljem prethodnih istraživanja poznatim metodama sanacije opasnih mjesta, koja su dala rezultate povećanja sigurnosti između 30 i 70 posto, moguće je zaključiti da bi i nova metoda ostala u tim okvirima, povećala sigurnost, odnosno smanjila broj prometnih nesreća. Ukoliko bi se pretpostavilo da bi se sigurnost povećala u prosjeku 50 posto, tada bi se stradanja u zavojima mogla sustavno smanjivati što bi na sadašnji broj od 20 posto prometnih nesreća u zavojima od ukupnog broja prometnih nesreća te 35 posto poginulih i 25 posto ozlijeđenih, donijelo velike uštede.

Razvijena metoda sanacije opasnih na cestama uz pomoć georeferenciranoga videozapisa postaje alat koji će prometnim istraživačima, planerima i projektantima omogućiti lakše i optimalnije donošenje zaključaka o potrebama i mogućnostima sanacije opasnih zavoja i to bez provođenja skupih terenskih istraživanja. Primjena metode moguća je pri elementarnim istraživanjima u prometu, projektima sanacije opasnih mjesta te pri izradi prometnih studija i projekata.

Ova metoda predstavlja temelj za nastavak istraživanja i izradu modela u svrhu preciznijeg pozicioniranja znakova u zavoje, ali i moguću nadogradnju za postavljanje ostalih znakova uz prometnice. Na taj način potvrđene su svrha, cilj i hipoteza ovoga rada.

LITERATURA

- [1] »Global status report on road safety,« World Health Organisation, Luxembourg, 2013.
- [2] »Bilten o sigurnosti prometa,« Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2006-2016.
- [3] Dadić, I., Marić, V., Kos, G., »Izučavanje označavanja zavoja i sigurnost cestovnoga prometa,« u *Zbornik referatov V. međunarodnog simpozija o elektornici u prometu*, Ljubljana, 1992.
- [4] Dadić, I., Kos, G., Brlek, P., »Neki aspekti vidljivosti horizontalne i vertikalne signalizacije,« u *Zbornik referata "Ceste 2001"*, Poreč, 2001.
- [5] P. Brlek, Metode centralne projekcije prometne signalizacije na cestama, magistarski rad, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2004.
- [6] Dadić, I., Ševrović, M., Budimir, D., »Analiza prometne signalizacije iz perspektive oka vozača metodom snimanja georeferenciranog videa,« u *Nezgode i nesreće u prometu i mjere za njihovo sprečavanje*, Zagreb, 2007.
- [7] Brlek, P., Šoštarić, M., Vidović, K., »The Use of Georeferenced Video in the Increase of Traffic Safety,« u *9th Symposium with International Participation "Prevention of Traffic Accidents on roads 2008"*, Novi Sad, 2008.
- [8] Dadić, I., Ševrović, M., Budimir, D., Božičević, A., »Geo-referenced video recording and analysis of road infrastructure from driver's perspective,« u *15th World congress on Intelligent Transport Systems*, New York, 2008.
- [9] Escalera, A., Moreno, LE., Salichs, MA., Armingol, JM., »Road traffic sign detection and classification,« *IEEE Transactions on industrial electronics*, svez. Vol 44, br. Issue 6, pp. 848-859, 1997.
- [10] Othman, S. Thomson, R., Lanner, G., »Identifying critical road geometry parameters affecting crasg rate and crash type,« u *Scientific Conference "Association for the Advancement of Automotve Medicine"*, Chicago, 2009.
- [11] Othman, S., Thomson, R., Lanner, G., »Safety Analysis of horizontal curves Using Real Traffic Data,« *Journal of Transportation Engineering*, svez. vol 140, br. Issue 4, 2014.
- [12] Khan, G., Bill, AR., Noyce, DA., »Horizontal curves, Signs and Safety,« *Transportation Research Record*, pp. 124-131, 2012.

- [13] Gomes, SV., Cardoso, JL., »Safety Effects of low-cost engineering measures. An observational study in a Portuguese multilane road,« *Accident analysis and Prevention*, pp. 346-352, 2012.
- [14] Li, ZX., Chitturi, MV., Bill, AR., Noyce, DA., »Automated Identification and Extraction of Horizontal curve Information from Geographic Information System Roadway Maps,« *Transportation Research Record*, pp. 80-92, 2012.
- [15] Brlek, P.; Meić, K.; Vidovic, K., »Increase the Safety of Road traffic accidents by Applying Clustering,« *ROMANIAN JOURNAL OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE*, svez. No 2, pp. 45-51, December 2013.
- [16] Gundogdu, IB., »A new approach for GIS-supported mapping of traffic accidents,« u *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Transport*, London, 2011.
- [17] Ramos, L., Silva, L., Santos, MY., Pires, JM., »Detection of road accident accumulation zones with a visual analytics approach,« u *Conference on ENTERprise Information systems*, Porto, 2015.
- [18] Zelenika, R., Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela, Rijeka: Ekonomski fakultet u Rijeci, 2000.
- [19] Yulong P., Jianmei, D., »Improvement in the quality control method to distinguish the black spots of the road,« u *Proceedings of the Eastern Asia society for Transportation Studies*, 2005.
- [20] Hu, SR., Wu, KH. , »Accident Risk Analysis and Model Applications of Railway Level Crossings,« u *Proceedings of the 11th International IEEE Conference on ITS*, 2008.
- [21] Zhu, S., Zhang, S., Wang, H., Xiong, J., »A New Method fot Identifying Traffic Accident Black Spots Avoiding Statistical Influence,« *Management and Service Sceince*, 2009.
- [22] Yu-Zeng, L., Dian-Ye, Z., »Arrangement distinguish method of traffic accident black spots based on the genetic algorithms,« *Journal of Transportation studies*, 2005.
- [23] Kowtanapanich, W., »Black Spot Identification, Methods in Thailand,« Faculty of Civil Engineering, Mahasarakham, 2006.
- [24] Elvik, R., »State-of-the-Art Approaches to Road Accident Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks,« Elvik, R.: State-of-the-Art Approaches to Road Accident Bla6th Framework Programme RIPCORDER-ISEREST-Deliverable, 2008..

- [25] »Smjernice za razvrstavanje cestovne mreže s obzirom na sigurnost«, Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, Zagreb, 2016.
- [26] Andres, J. et al, »Metodika identifikacije a rešeni mist častych dopravnich nehod«, Brno, 2001.
- [27] Lipovac, K., jovanović, D., Nešić, MJ, »Metodologija identifikacije opasnih mesta na putevima«, Novi Sad.
- [28] »Metodologija za določitev nevarnih mest in za njihovo odpravo na državnem cestnem omrežju«, Ministrstvo za promet, Direkcija RS za ceste, Ljubljana.
- [29] PIARC, Road Safety Manual, 2003.
- [30] Cheng, W., Washington, S.P., »Experimental evaluation of hotspot identification methods,« *Accidents analysis and prevention*, 2005.
- [31] »Black spot management and Safety analysis of Road Networks,« Black spot management anInstitute of Transport Economics, Norwegian centre for transport research, Oslo, 2007.
- [32] »Pregled osnovnih sigurnosnih pokazatelja I.-VII. 2016. godini u Republici Hrvatskoj,« Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2016.
- [33] »Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2015.,« Ministsarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2016.
- [34] »Priručnik za označivanje zavoja na cestama,« Institut prometa i veza, Zagreb, 1996.
- [35] Pašagić, S., Dadić, I., Mlinarić, T., Pavlin, S., Ščukanec, A., Vizualne informacije u prometu, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2000.
- [36] »Projekt sanacije opasnih zavoja u Klinča selu,« Institut prometa i veza, Zagreb, 2003.
- [37] »Know Your Traffic Signs: Official Edition,« Department for transport, London, 2007.
- [38] Guan, W., Zhao, X., Qin, Y., Rong, J., »An explanation of how the placement of traffic signs affects drivers' deceleration on curves,« *Safety Science*, pp. 243-249, 2014.
- [39] Bella, F., »Driver perception of roadside configurations on two-lane rural roads: effects on speed and lateral placement,« *Accident Analysis and Prevention*, pp. 251-262, 2013.
- [40] Zdravković P., Stanić B., Vukanović S., i Milosavljević S., »Vertikalna signalizacija,« Saobraćajni fakultet, Beograd, 2003.
- [41] »Priručnik za georeferenciranje,« Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 2014.
- [42] Taylor, G., Blewitt, G., Intelligent Positioning, Chichester: John Wiley & sons Ltd, 2006.

- [43] Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W., *Geographic Systems and Science*, London: John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- [44] Hofmann-Wellenhoff, B., Lichtenegger, H., Wasle, E., *GNSS - Global Navigation Satellite Systems, GPS, Glonass, Gallileo and more*, New York: Springer, 2008.
- [45] Thurston, J., Poiker, T.K., Moore, J.P., *Integrated Geospatial Technologies: A Guide to GPS, GIS and Data Logging*, Wiley, 2003.
- [46] Bolstad, P., *GIS Fundamentals: A first text on Geographical Information System*, Eider Press, 2005.
- [47] »Analiza županijskih i lokalnih cesta Ličko senjske županije,« *Promet i prostor*, Zagreb, 2012.
- [48] Miller, Harvey J. & Shih-Lung Shaw, *Geographic Information Systems for Transportation*, Oxford: Oxford University Press, 2001.
- [49] Butler, J.A., *Designing geodatabases for transportation*, ESRI Inc, 2008.
- [50] Kljaić, Z., Dujak, M., Meić, K., »Prediktivni sustavi za povećanje sigurnosti cestovnog prometa temeljeni na statističkim geoprostorno organiziranim prometnim podacima,« u *Mipro 2011*, Opatija, 2011.
- [51] Taylor, M.A.P., *Handbook of transport systems & traffic control 3: Intelligent transport systems*, 2001.
- [52] »Roads to Respect,« *European Transport Safety Council*, Bruxelles, 2006.
- [53] Dujak, M., »Primjena klastera nesreća sa svrhom povećanja sigurnosti u cestovnom prometu,« *Suvremeni promet.*, pp. 466-470, 2011.
- [54] Filjar, R., Dujak, M., Drilo, B., Saric, D., Kljaić, Z., »Road traffic status estimation using network-based location intelligence,« u *Automation in Transportation, 29th Conference on Transportation Systems 2009*, 2009.
- [55] Hecht, C., Heinig, K., »A map based accident hot spot warning application,« u *concept from MAPS&ADAS vertical subproject of the 6FP integrated project PReVENT*, 2006.
- [56] Vidović, K., Meić, K., Dujak, M., »accident Clusters Estimation as Part of Traffic information Services,« u *Road Accidents Prevention 2010*, Novi Sad, 2010.
- [57] Kos, G., Brlek, P., Vidović, K., Meić, K., »Increase the Safety of Road Traffic accidents by Applying Clusters,« u *Road Research and Administration - 6th edition of International Scientific Conference*, Bukurešt, 2013.

- [58] »Pravilnik o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11),« Narodne novine, Zagreb, 2011.
- [59] »Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa (NN110/01),« Narodne novine, Zagreb, 2001.
- [60] Designing safer roadsides: A Handbook for Highway Engineers, London: The Passive Revolution, 2008.
- [61] Wegman, F.C.M., Aart, L.T., »Advancing Sustainable Safety,« *National Road Safety Outlook for 2005-2020*, 2006.
- [62] Theeuwes, J., Godthelp, H., »Self-explaining roads,« *Safety science*, svez. Vol 19, br. Issues 2-3, pp. 217-225, 1995.
- [63] »Forgiving roadsides design guide,« Conference of european Directors of Roads, Bruxelles, 2012.
- [64] Harwood, et al, »Prediction of expected Safety Performance of rural Two-Lane Highways,« Federal Highway Administration, Washington, 2000.
- [65] »Human Factors for Safer Road Infrastructure,« PIARC, Paris, 2008.
- [66] »Human Factors Guidelines NCHRP Report 600A,« Transportation Research Board of the National Academies, Washington, 2008.
- [67] Bliss, T., »Implementing the Recommendations of the world Report on Road Traffic Injury Prevention,« world Bank, Washington DC, 2004.
- [68] »A cost effective means of optimising road safety,« International Road Federation, Washington DC, 2006.
- [69] Whittingham, R.B., »The Blame Machine: why human error causes accidents,« *Elsevier*, 2004.
- [70] »Izvješće o razinama rizika na dionicama državne ceste D8 utvrđenim prema EuroRAP/iRAP metodologiji,« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [71] »Vaccines for Roads,« iRAP, Hampshire, 2015.
- [72] Lawson, S., The International Road Assessment Programme and Network Safety Upgrading, London: The Passive Revolution, 2008.
- [73] Sinani, F., Bombol, K., »Prometni principi revizije sigurnosti cesta,« *Suvremeni promet*, pp. 21-24, 2008.

- [74] »Massnahmen gegen Unfallhaufungen Auswertung von Strassenverkehrs-unfallen,« ISK & GDV, Koln, 1998.
- [75] »Metodologija za istraživanje utjecaja ceste i njene okoline na događanje prometnih nezgoda i iznalaženje mjera za njihovo otklanjanje,« Institut prometa i veza, Zagreb, 1993..
- [76] Tepeš, K., Brčić, D., »Modeli predikcije cestovnih prometnih nesreća te mogućnosti primjene u Republici Hrvatskoj,« u *6. kongres o cestama*, Opatija, 2015.
- [77] Weekley, J., Barrell, J., McCarthy, T., »Developing a road safety review tool to identify design standard and safety deficts on high risk road sections,« *Transportation Research Procedia*, pp. 4130-4139, 2016.
- [78] Gregoriades, A., Mouskos, K.C., »Black spots identification through a Bayesian Networks quantification of accident risk index,« *Transportation Research*, pp. 28-43, 2013.
- [79] Milošević, S., Milić, J., »Speed Perception in Road Curves,« *Journal of Safety Research*, pp. 19-23, 1990.
- [80] »Studija opravdanosti rekonstrukcije i modernizacije dionice županijske ceste 5126 od Velike Plane do Pazariškog Bakovca,« Institut prometa i veza, Zagreb, 2001.
- [81] »Studija opravdanosti rekonstrukcije dijela Ulice bana Josipa Jelačića – Šubićevac u Šibeniku,« Institut prometa i veza, Zagreb,, 2001.
- [82] »Analiza prometne signalizacije i sigurnosti prometa na autocesti Rijeka - Zagreb,« Institut prometa i veza, Zagreb, 2005.
- [83] »Analiza učinaka regulacije prometnih tokova za vrijeme odvijanja radova na autocesti,« Institut prometa i veza, Zagreb, 2006.

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1. Primjer centralne projekcije [5, autorova obrada]..... | 29 |
| Slika 2. Primjer primjene grafičke metode pri sanaciji opasnog zavoja “Botica” [36, autorova obrada]..... | 32 |
| Slika 3. Izgled zavoja prije označivanja [36] | 34 |
| Slika 4. Izgled zavoja poslije označivanja (fotomontaža) [36] | 34 |
| Slika 5. Shema matematičke metode postavljanja znakova [5] | 38 |
| Slika 6. Način pronalaženja položaja prometnog znaka (ploča za usmjeravanje prometa) desnog zavoja [5] | 40 |
| Slika 7. Način pronalaženja položaja prometnog znaka (ploča za usmjeravanje prometa) lijevog zavoja [5]..... | 41 |
| Slika 8. Centralno polje pažnje vozača [40]..... | 44 |
| Slika 9. Primjer lošeg održavanja okoline opasnog zavoja [autorova fotografija] | 46 |
| Slika 10. Potpuno prekriven znak K14 [autorova fotografija] | 46 |
| Slika 11. Struktura GIS podataka [8] | 49 |
| Slika 12. Analiza prometne infrastrukture korištenjem georeferenciranog videozapisa snimljenog iz perspektive vozačeva oka [44]..... | 50 |
| Slika 13. Karte gomilanja prometnih nesreća [47]..... | 54 |
| Slika 14. Sinergija različitih izvora podataka [46]..... | 55 |
| Slika 15. Primjer toplinske mape na području Zagreba [51]..... | 56 |
| Slika 16. Primjer neprimjereno označenoga desnog opasnog zavoja (autorova fotografija)... | 59 |
| Slika 17. Primjer neprimjereno označenoga lijevog opasnog zavoja (autorova fotografija)... | 59 |
| Slika 18. Prometni znak K14 [53]..... | 60 |
| Slika 19. Korisničko sučelje programske podrške za snimanje (autorova fotografija)..... | 62 |
| Slika 20. Primjer vizualne identifikacije početka zavoja (autorova fotografija)..... | 63 |
| Slika 21. Izračun koordinate za zadani početak zavoja (autorova fotografija) | 63 |
| Slika 22. Opasan zavoj na D25 koji treba obilježiti | 66 |
| Slika 23. Označavanje kritične točke (KT) na D25..... | 67 |
| Slika 24. Određivanje smjera zavoja na D25 | 67 |
| Slika 25. Određivanje LKT na D25 | 68 |
| Slika 26. Određivanje smjera središta zavoja na D25 | 69 |
| Slika 27. Izračunavanje središta zavoja (narančasta točka) na D25..... | 70 |
| Slika 28. Izračunavanje pozicija postavljanja znakova K14 na D25 | 70 |

| | |
|--|----|
| Slika 29. Koordinate postavljanja znakova K14 na D25..... | 71 |
| Slika 30. Opasan zavoj na Ž5156 koji treba obilježiti | 72 |
| Slika 31. Označavanje kritične točke (KT) na Ž5156 | 72 |
| Slika 32. Određivanje smjera zavoja na Ž5156..... | 73 |
| Slika 33. Određivanje LKT na Ž5156 | 73 |
| Slika 34. Određivanje smjera središta zavoja na Ž5156 | 74 |
| Slika 35. Izračunavanje središta zavoja (narančasta točka) na Ž5156 | 75 |
| Slika 36. Izračunavanje pozicija postavljanja znakova K14 na Ž5156..... | 75 |
| Slika 37. Koordinate postavljanja znakova K14 na Ž5156 | 76 |
| Slika 38. Obilježen opasan zavoj na L59064 | 76 |
| Slika 39. Označavanje kritične točke (KT) na L59064..... | 77 |
| Slika 40. Određivanje smjera zavoja na L59064..... | 78 |
| Slika 41. Određivanje LKT na L59064..... | 78 |
| Slika 42. Određivanje smjera središta zavoja na L59064 | 79 |
| Slika 43. Izračunavanje središta zavoja (narančasta točka) na L59064 | 80 |
| Slika 44. Izračunavanje pozicija postavljanja znakova K14 na L59064..... | 80 |
| Slika 45. Koordinate postavljenih znakova K14 na L59064..... | 81 |
| Slika 46. Označen zavoj na autocesti A1 | 81 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Tipične etape pri sanaciji opasnih mjesta [19, autorova obrada] | 9 |
| Tablica 2 Parametri uzeti u obzir pri izračunavanju crnih točaka / opasnih mjesta [autorova obrada]..... | 13 |
| Tablica 3. Prometne nesreće prema značajkama ceste – ukupno [2, autorova obrada] | 15 |
| Tablica 4. Prometne nesreće prema značajkama ceste – s poginulim osobama [2, autorova obrada]..... | 17 |
| Tablica 5. Prometne nesreće prema značajkama ceste – s ozlijeđenim osobama [2, autorova obrada]..... | 19 |
| Tablica 6. Prometne nesreće prema značajkama ceste, odnos ukupnog broja prometnih nesreća i prometnih nesreća u zavoju [2, autorova obrada] | 21 |
| Tablica 7. Prometne nesreće po kategorijama cesta - ukupno [2, autorova obrada] | 23 |
| Tablica 8. Prometne nesreće po kategorijama cesta – s poginulima [2, autorova obrada] | 25 |
| Tablica 9. Prometne nesreće po kategorijama cesta – s ozlijeđenima [2, autorova obrada] | 26 |

| | |
|---|----|
| Tablica 10. Udaljenosti i kutovi za postavljanje znakova K14 [34] | 35 |
| Tablica 11. Svrstavanje <i>zavoja</i> prema kriteriju koeficijenta sigurnosti (K) [34] | 36 |
| Tablica 12. Principi "održive sigurnosti" [56]..... | 83 |
| Tablica 13. Ciljevi koji se postavljaju pred projektante i osobe koji upravljaju cestama [62] | 86 |
| Tablica 14. Primjeri <i>low-cost</i> mjera [63]..... | 87 |
| Tablica 15. Paušalne stope troškova nesreća ovisno o kategoriji nesreće i kategoriji ceste (u €) [68, autorova obrada] | 93 |
| Tablica 16. Godišnji broj prometnih nesreća i poginulih na opasnom mjestu prije i poslije sanacije s povećanjem sigurnosti (podaci Instituta prometa i veza, autorova obrada)..... | 95 |

POPIS GRAFIKONA

| | |
|---|----|
| Grafikon 1. Prometne nesreće prema značajkama ceste – ukupno [2, autorova obrada]..... | 18 |
| Grafikon 2. Prometne nesreće prema značajkama ceste – s poginulim osobama [2, autorova obrada]..... | 20 |
| Grafikon 3. Prometne nesreće prema značajkama ceste – s ozlijeđenim osobama [2, autorova obrada]..... | 22 |
| Grafikon 4. Usporedba ukupnog broja prometnih nesreća s prometnim nesrećama u zavoju [2, autorova obrada]..... | 24 |
| Grafikon 5. Usporedba ukupnog broja prometnih nesreća s ozlijeđenima s prometnim nesrećama s ozlijeđenima u zavoju [2, autorova obrada]..... | 24 |
| Grafikon 6. Usporedba ukupnog broja prometnih nesreća s poginulima s prometnim nesrećama s poginulima u zavoju [2, autorova obrada]..... | 25 |
| Grafikon 7. Prometne nesreće po kategorijama cesta - ukupno [2, autorova obrada]..... | 26 |
| Grafikon 8. Prometne nesreće po kategorijama cesta – s poginulima [2, autorova obrada].... | 27 |
| Grafikon 9. Prometne nesreće po kategorijama cesta – s ozlijeđenima [2, autorova obrada]. | 28 |
| Grafikon 10. Hodogram aktivnosti unutar aplikativnog rješenja za snimanje cestovne infrastrukture..... | 68 |
| Grafikon 11. Shema prepoznatljivog izgleda ceste i predvidljivog ponašanja kao što je sugerirano u „održivoj sigurnosti“ [61]..... | 88 |

Životopis

Mr. sc. Predrag Brlek, dipl. ing. prometa rođen je 09. veljače 1971. godine u Varaždinu od oca Ljudevita i majke Marije. Osnovnu i srednju školu pohađao je u Varaždinu.

Fakultet prometnih znanosti upisao je 1992. godine kao redoviti student cestovnog smjera za stjecanje diplome diplomiranog inženjera prometa. Za vrijeme studija uključuje se u rad Instituta prometa i veza kao vanjski suradnik. Diplomski rad pod naslovom *Prometna koncepcija izgradnje i rekonstrukcije Slavonske i Ljubljanske avenije kao gradske autoceste* obranio na je Fakultetu prometnih znanosti 06. travnja 1998. uz mentorstvo prof. dr. sc. Dražena Topolnika.

Poslijediplomski znanstveni magistarski studij Tehničko-tehnološki sustavi u prometu i transportu upisao je 1998. na Fakultetu prometnih znanosti pod mentorstvom prof. dr. sc. Ivana Dadića. Magistarski znanstveni rad pod naslovom *Metode centralne projekcije prometne signalizacije na cestama* obranio je na Fakultetu prometnih znanosti, 08. travnja 2004.

Doktorski studij Tehničko-tehnološki sustavi u prometu i transportu upisao je 2004. godine na Fakultetu prometnih znanosti pod mentorstvom prof. dr. sc. Ivana Dadića te prijavio doktorsku disertaciju pod nazivom *Metoda sanacije opasnih mjesta na cestama uz pomoć georeferenciranog videozapisa*.

Od 1. listopada 1998. do 1. listopada 2011. zaposlenik je Instituta prometa i veza gdje aktivno sudjeluje na svim projektima i studijama u okviru istraživanja koja se provode u Institutu prometa i veza, sudjeluje na znanstvenim i stručnim skupovima te u koautorstvu objavljuje znanstveno-stručne radove. Bio je član Upravnog vijeća Instituta prometa i veza i v.d. ravnatelja Instituta prometa i veza.

Od listopada 2011. zaposlen na Veleučilištu Nikola Tesla u Gospiću. U listopadu 2012. biran je u nastavno zvanje *viši predavač*. Nositelj je kolegija *Grafičke komunikacije, Prometno i prostorno planiranje, Prometni koridori i robni tokovi, Infrastruktura cestovnog prometa i Prometna tehnika*.

Mr. sc. Predrag Brlek kao koautor objavio 30-ak znanstvenih i stručnih članaka objavljenih u znanstveno-stručnim časopisima te zbornicima radova s domaćih i međunarodnih savjetovanja, bio je voditelj ili suradnik na više od 100 studija i projekata, bio je član tima i uspješno je sudjelovao u realizaciji četiriju projekata Ministarstva znanosti i tehnologije.

Popis objavljenih radova

1. Dadić, I., Petrinović, T., Brlek, P.: Traffic System On the Island of Krk. *Promet-Traffic-Traffico*, Vol 10, No. 3, p. 117-122, Zagreb, 1998.
2. Dadić, I., Kos, G., Brlek, P.: Reduction of the traffic jams in the cities by using the methods of traffic flow organisation. ISEP'98 (7th International Symposium on Electronics in Traffic), p. 105-116, Ljubljana, 8.-9. October 1998.
3. Dadić, I., Kos, G., Brlek, P.: Prometno-urbanističko planiranje i projektiranje i sigurnost prometa. ICTS'98 (2nd International Conference on Traffic Science), p. 295-300, Trieste-Patras, 24.-28. October 1998.
4. Dadić, I., Kos, G., Brlek, P.: Metode organizacije prometnih tokova za smanjenje zagušenja prometa na dionicama prometnica između raskrižja. ISEP'99 (8th International Symposium on Electronics in Traffic), Ljubljana, 1999.
5. Dadić, I., Kos, G., Brlek, P.: Conflicts of the traffic flows at one level intersections. *Promet-Traffic-Traffico*, Vol. 11, Supplement No. 4, p. 55-60, Zagreb, 1999.
6. Dadić, I., Badanjak, D., Ščukanec, A., Brlek, P.: Dependence of conflict intensity between traffic flows and traffic safety. 10th International Conference – Traffic Safety on Two Continents, Malmö, Sweden, Sept 20 – 22, 1999.
7. Dadić, I., Burazer – Pavešković, J., Brlek, P.: Prilog analizi utvrđivanja najpovoljnije cestovne veze između Splita i Zagreba. *Suvremeni promet*, Vol. 20, No. 5, p.368-372, Zagreb, 2000.
8. Dadić, I., Kos, G., Brlek, P.: Prijedlozi cestovne mreže od vitalnog interesa za Grad Čakovec i Grad Varaždin. *Suvremeni promet*, Vol. 20, No. 5, p.376-380, Zagreb, 2000.
9. Dadić, I., Božičević, D., Kos, G., Brlek, P., Štefančić, G., Rajsman, M.: The capacity of the traffic network patterns in relation to the intersections. 8th World Congress on Intelligent Transport Systems, Sydney, 2001.
10. Dadić, I., Kos, G., Brlek, P.: Neki aspekti vidljivosti horizontalne i vertikalne prometne signalizacije, 25. stručni seminar “Ceste 2001”, Novigrad, 07.-10.03.2001.
11. Dadić, I., Kos, G., Brlek, P.: Razvitak hrvatske cestovne mreže u funkciji turizma, *Suvremeni promet*, Vol. 21, No. 5, p.388-392, Zagreb, 2001.

12. Dadić, I., Kos, G., Brlek, P.: Possibilities of improving the Zagreb traffic system using methods of traffic flow organisation and regulation. *Promet-Traffic-Traffico*, Vol. 14, Supplement No. 1, p. 47-54, Zagreb, 2002.
13. Dadić, I., Kos, G., Brlek, P.: Application of changeable message signs in traffic. *Promet-Traffic-Traffico*, Vol. 15, No. 5, p. 307-314, Zagreb, 2003.
14. Dadić, I., Kos, G., Brlek, P.: The role of roundabouts in traffic network design. *Proceedings, "Central European Traffic Systems and the EU Enlargement"*, *Promet-Traffic-Traffico*, Vol. 15, Supplement No. 1, p. 32-39, Zagreb, 26. March 2003.
15. Kos, G., Brlek, P., Ševrović, M.: Prijedlozi poboljšanja cestovne povezanosti Varaždina i Čakovca. HAZU, *Prometna povezanost Hrvatske s Europskim zemljama u funkciji društveno-ekonomskog i kulturnog razvitka sjeverozapadne Hrvatske*. Zbornik radova s međunarodnog znanstvenog skupa, Varaždin, 10-11. studenog 2005.
16. Kos, G., Brlek, P., Ševrović, M.: Mogućnosti povećanja propusne moći središta Grada Zagreba. HAZU, *Znanstveni skup „Prometna problematika Grada Zagreba“*, Zagreb, 12 i 13. Lipnja 2006.
17. Brlek, P., Šoštarić, M., Ćosić, M.: Change of driver's environment and road safety, *The Fourth Croatian Road Congress*, Cavtat, 28-31.10.2007.
18. Božičević, J., Brlek, P., Šoštarić, M.: Povećanje sigurnosti prometa izmjenom vozačeve okoline. HAZU, *Znanstveni skup „Nezgode i nesreće u prometu i mjere za njihovo sprječavanje“*, Zagreb, 2007.
19. Kos, G., Brlek, P., Šoštarić, M.: Ekonomski doprinosi sanacije opasnih mjesta izmjenom vozačeve okoline, 31. stručni seminar “Ceste 2007”, Poreč, 13.-16.03.2007.
20. Brlek, P., Vidović, K., Šoštarić, M.: The Use of Geo-referenced Video in the Increase of Traffic Safety, 9th Symposium with international participation „Prevention of Traffic Accidents of Roads 2008“, Novi Sad, 2008
21. Kos, G., Brlek, P., Šoštarić, M.: Ekonomski doprinosi sanacije opasnih mjesta izmjenom vozačeve okoline. HAZU, *Znanstveni skup „Medicinski, tehnički i pravni aspekti sigurnosti prometa“*, Zagreb, 2009.
22. Brlek, P., Kos, G., Vidović, K.: Traffic information system based on information from Internet social networks, 10th international symposium Road Accidents prevention 2010, *Proceedings*, p. 153-156, Novi Sad, 21-22.10.2010
23. Brlek, P., Krešić, V., Kranjc, L.: Primjena ekoloških odbojnih ograda u cilju zaštite okoliša, 36. stručni seminar, *Ceste 2012“*, Poreč, 14.-16. 03. 2012.

24. Kos, G., Brlek, P., Franolić, I.: Rationalization of public road passenger transport by merging the bus lines on the example of zadar county, *Promet-Traffic and Transportation*, Vol. 24, No 4, p. 323-334, Zagreb, 2012
25. Kos, G., Brlek, P., Poic, P.: Correct temporary regulation in cities in the function of traffic safety, 11 th International Symposium Road Accidents Prevention 2012, Proceedings, p. 13-21, Novi Sad, 11.-12. 10. 2012.
26. Vrban, D. Dadić, I., Šoštarić, M., Brlek, P.: Dimenzioniranje natpisa na kolniku za primjenu na autocestama. *Stručni skup CESTE 2013*, p. 46-53, Poreč, 20-22.03.2013.
27. Kos, G., Brlek, P., Vidović, K.(2013.): Shared Space concept in Local Communities: Case Study. „Road Safety in Local Community“ (8th International Conference), p. 173-178, Valjevo, Srbija, 18.-20.04.2013.
28. Kos, G., Brlek, P., Vidović, K., Meić, K.: Increase the Safety of Road Traffic accidents by Applying Clusters. „Road Research and Administration“ (6th edition of International Scientific conference), p. 745-751, Bukurešt, Rumunjska, 04-05.07.2013.
29. Kos, G., Brlek, P., Nevistić, A.: Značaj turističke signalizacije za razvoj ruralnih krajeva. „Održivi razvoj ruralnih krajeva“ (1. Interdisciplinarna znanstveno stručna konferencija), p. 381-391, Gospić, 17-18.10.2013.
30. Brlek, P., Huljak, M., Podnar, A., Vrkljan, T.: Analiza sigurnosti cestovnog prometa na dijelu autoceste A1 dionice koja prolazi kroz Ličko-senjsku županiju, „Ceste 2014“, Poreč, Hrvatska , 19-21/03/2014
31. Horvat, R., Brlek, P., Perkec, B., Pintarić, M.: Razvoj biciklističkog prometa u Gradu Varaždinu, „Ceste 2014“, Poreč, Hrvatska , 19-21/03/2014
- 32.** Horvat, R.; Šoštarić, M.; Brlek, P., Perkec, B.: Utjecaj pogrešaka vozača u tehnici vožnje na sigurnost cestovnog prometa, 39. Stručni skup CESTE 2015., Novigrad, 2015.
- 33.** Horvat, R., Huljak, M., Brlek, P.: Fiksni uređaji za nadzor i mjerenje brzine vozila u funkciji sigurnosti cestovnog prometa, 40. Stručni skup CESTE 2016., Novigrad, 2016.
34. Horvat, R., Klobučar, K., Brlek, P.: Utjecaj ergonomije sjedala na pogreške mladih vozača u tehnici vožnje i sigurnost u prometu, Tridesetšesti skup o prometnim sustavima s međunarodnim sudjelovanjem Automatizacija u prometu 2016.