Identifikacija opasnih mjesta na državnoj cesti D8

Gaćina, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

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:119:020996

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Antonio Gaćina

IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA NA DRŽAVNOJ CESTI D8

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 27. ožujka 2017.

Zavod: **Zavod za prometno-tehnička vještačenja**
Predmet: **Prometno tehničke ekspertize i sigurnost**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4080

Pristupnik: **Antonio Gaćina (0007171226)**
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

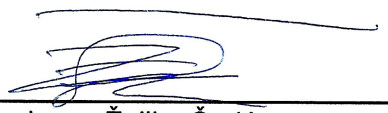
Zadatak: **Identifikacija opasnih mjesta na državnoj cesti D8**

Opis zadatka:

U Diplomskom radu potrebno je opisati geoprometni položaj državne ceste D8. Opisati vrste prometnih nesreća te na temelju statističkih podataka analizirati prometne nesreće na promatranoj cesti. Prikazati metode identifikacije opasnih mjesta te, na temelju dostupnih podataka, definirati relevantnu metodu koja će se koristiti u predmetnom istraživanju. Upotrebom definirane metode, identificirati opasna mjesta i analizirati dobivene rezultate.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:



dr. sc. Željko Šarić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA NA DRŽAVNOJ CESTI D8

IDENTIFICATION OF HAZARDOUS LOCATIONS ON THE STATE ROAD D8

Mentor: dr. sc. Željko Šarić

Student: Antonio Gaćina

JMBAG: 0007171226

Zagreb, rujan 2017.

S A D R Ž A J

1. UVOD 1

2. GEOPROMETNI POLOŽAJ DRŽAVNE CESTE D8 3

3. VRSTE PROMETNIH NESREĆA U CESTOVNOM PROMETU 6

3.1. ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA 6

3.1.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa 7

3.1.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa 7

3.1.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa 9

3.1.4. Čimbenik "promet na cesti" 9

3.1.5. Incidentni čimbenik 9

3.2. PODJELA PROMETNIH NESREĆA U CESTOVNOM PROMETU 10

3.3. NALET NA PJEŠAKA 11

3.3.1. Potpuni frontalni nalet vozila na pješaka 11

3.3.2. Djelomični frontalni nalet vozila na pješaka 12

3.3.3. Bočno okrznuće vozila i pješaka 12

3.3.4. Pregaženje pješaka 13

3.3.5. Kinematika naleta vozila na pješaka 13

3.4. SUDAR DVAJU ILI VIŠE VOZILA 14

3.4.1. Frontalni sudar 15

3.4.2. Bočni sudar 15

3.4.3. Udar straga 16

3.4.4. Prevrtanje 16

3.5. ZANOŠENJE VOZILA 16

3.6. SUDARI MOTOCIKLA S OSOBNIM VOZILOM 17

3.6.1. Potpuni frontalni nalet 18

3.6.2. Djelomični frontalni nalet 19

3.6.3. Bočno okrznuće 19

3.6.4. Bočni nalet 20

4. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA U CESTOVNOJ PROMETNOJ MREŽI 21

4.1. METODE IDENTIFIKACIJE OPASNIH MJESTA 22

4.1.1. Statističke metode identifikacije opasnih mjesta 23

4.1.1.1. Metoda učestalosti prometnih nesreća 23

4.1.1.2. Metoda stope prometnih nesreća 24

4.1.1.3. Metoda Rate Quality Control 25

4.1.2. Metode procjene rizika nastanka prometnih nesreća 26

4.1.2.1. Kolektivni rizik prometnih nesreća i njihovih posljedica 26

4.1.2.2. Individualni rizik prometnih nesreća i njihovih posljedica 29

4.1.3. EuroRAP projekt 30

4.1.4. Metode identifikacije opasnih mjesta na cestama u pojedinim zemljama 32
4.1.4.1. Određivanje opasnih mjesta u Austriji 32
4.1.4.2. Određivanje opasnih mjesta u Belgiji 33
4.1.4.3. Određivanje opasnih mjesta u Danskoj 34
4.1.4.4. Određivanje opasnih mjesta u Mađarskoj 34
4.1.4.5. Određivanje opasnih mjesta u Norveškoj 34
4.1.4.6. Određivanje opasnih mjesta u Njemačkoj 35
4.1.4.7. Određivanje opasnih mjesta u Portugalu 35
4.1.4.8. Određivanje opasnih mjesta u Švicarskoj 35
4.1.5. Upravljanje opasnim mjestima 36
4.1.6. Metode predviđanja opasnih mjesta 37
4.2. DEFINIRANJE RELEVANTNIH KRITERIJA PRI IDENTIFIKACIJI OPASNIH MJESTA 38
4.2.1. Kriterij "Duljina promatrane dionice" 38
4.2.2. Kriterij "Period promatranja" 40
4.2.3. Kriterij "Broj prometnih nesreća" 41
5. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA NA DRŽAVNOJ CESTI D8 PRIMJENOM RATE QUALITY CONTROL METODE 42
5.1. DEFINIRANJE PARAMETARA 44
5.2. PRETRAŽIVANJE LOKACIJA 45
5.3. STATISTIČKO ISPITIVANJE OPASNOSTI DEFINIRANIH LOKACIJA 45
5.4. RANGIRANJE LOKACIJA 46
5.4.1. Rangiranje lokacija s obzirom na ukupan broj prometnih nesreća 46
5.4.2. Rangiranje lokacija s obzirom na broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama 48
6. ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA IDENTIFIKACIJE OPASNIH MJESTA 49
6.1. ANALIZA IDENTIFICIRANIH OPASNIH MJESTA S OBZIROM NA UKUPAN BROJ PROMETNIH NESREĆA 49
6.2. ANALIZA IDENTIFICIRANIH OPASNIH MJESTA S OBZIROM NA BROJ PROMETNIH NESREĆA S OZLIJEĐENIM OSOBAMA 50
7. ZAKLJUČAK 52
LITERATURA 54
POPIS TABLICA 56
POPIS SLIKA 57
POPIS KRATICA 58

Sažetak

Jedan od najboljih načina povećanja sigurnosti u cestovnom prometu, tj. smanjenja broja prometnih nesreća, je identifikacija i sanacija cestovnih segmenata na prometnoj mreži s izrazito visokom razinom rizika za nastanak prometne nesreće, odnosno tzv. opasnih mjesta. Kako bi se provela uspješna identifikacija opasnih mjesta, kao prvo potrebno je raspolagati s kvalitetnim podacima o prometnim nesrećama, a zatim i odabrati odgovarajuću metodu identifikacije. Kao relevantna metoda identifikacije opasnih mjesta, za istraživanje provedeno u ovom radu, odabrana je Rate Quality Control metoda, odnosno statistička metoda koja na temelju broja prometnih nesreća te prometnog opterećenja na promatranoj lokaciji određuje kritičnu razinu nastanka prometnih nesreća. Za potrebe ovog rada, kao referentna cesta za identifikaciju opasnih mjesta, odabrana je najopasnija državna cesta u Republici Hrvatskoj, odnosno državna cesta D8. U sklopu procesa identifikacije opasnih mjesta na odabranoj cesti, provedeno je statističko ispitivanje opasnosti prethodno definiranih lokacija koje su zatim rangirane prema stupnju opasnosti i detaljno analizirane prema definiranim kriterijima.

***Ključne riječi**: sigurnost cestovnog prometa, državna cesta D8, prometne nesreće, identifikacija opasnih mjesta, Rate Quality Control metoda*

Abstract

One of the best ways for increasing road traffic safety, especially reducing the number of traffic accidents, is identification and remediation of road segments on the transport network with an extremely high level of risk for traffic accident occurrence, or so-called hazardous locations. In order to accomplish a successful identification of hazardous locations, it is necessary to have access to high-quality traffic accidents database, as well as to select the appropriate identification method. For the research conducted in this paper, Rate Quality Control method, i.e. a statistical method that determines the critical level of traffic accident occurrence based on the number of traffic accidents and traffic load at the observed location, has been selected as a relevant method for the identification of hazardous locations. The most dangerous state road in the Republic of Croatia, with official designation State Road D8, was selected as the reference road. In the process of identifying hazardous locations, a statistical examination of danger level was performed on previously defined locations, which have later been ranked according to the degree of danger as well as analyzed in detail conforming to the defined criteria.

***Key words**: Road Traffic Safety, State Road D8, Traffic Accidents, Identification of Hazardous Locations, Rate Quality Control Method*

1. UVOD

Proces identifikacije opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži, a zatim i sanacije istih, predstavlja vrlo učinkovit način povećanja sigurnosti cestovnog prometa. Svrha navedenog postupka je detektiranje cestovnih segmenata na prometnoj mreži na kojima postoji izrazito visoka razina rizika za nastanak prometne nesreće. Identificirana opasna mjesta je potrebno pregledati i potvrditi, a zatim i sanirati u cilju sprječavanja nastanka novih prometnih nesreća i postizanja zadovoljavajuće razine prometne sigurnosti.

Ovisno o raspoloživim podacima o prometnim nesrećama nužno je odabrati odgovarajuću metodu identifikacije opasnih mjesta. Za potrebe istraživanja u ovom radu, kao relevantna metoda odabrana je Rate Quality Control metoda, odnosno statistička metoda koja se temelji na statističkom testiranju opasnosti svake lokacije u usporedbi s drugom lokacijom sličnih karakteristika.

Prema mnogim dosadašnjim istraživanjima o sigurnosti na državnim cestama, kao najopasnija cesta u Republici Hrvatskoj okarakterizirana je državna cesta D8. Iz tog razloga je upravo ta cesta odabrana za istraživanje, odnosno identifikaciju opasnih mjesta.

Dakle, prema dosad navedenom, u ovom radu će se provesti istraživanje sa svrhom identifikacije opasnih mjesta na državnoj cesti D8 upotrebom Rate Quality Control metode, a u cilju rangiranja identificiranih opasnih mjesta prema stupnju opasnosti.

Rad je koncipiran u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Geoprometni položaj državne ceste D8
3. Vrste prometnih nesreća u cestovnom prometu
4. Identifikacija opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži
5. Identifikacija opasnih mjesta na državnoj cesti D8 primjenom Rate Quality Control metode
6. Analiza dobivenih rezultata identifikacije opasnih mjesta
7. Zaključak

U prvom poglavlju objašnjeni su svrha i ciljevi provedenog istraživanja, prikazana je struktura rada, te je dan kratak pregled svakog poglavlja.

Drugo poglavlje bavit će se opisom geoprometnog položaja državne ceste D8, zatim prikazom njezine kratke povijesti izgradnje i rekonstrukcije, te ukazivanjem na važnost državne ceste D8 kroz povijest i danas.

Kroz treće poglavlje definirat će se pojam prometne nesreće te će se opisati čimbenici sigurnosti cestovnog prometa. Također će se prikazati podjela prometnih nesreća u cestovnom prometu, kao i detaljni opisi pojedinih vrsta prometnih nesreća.

U četvrtom poglavlju obrađena je metodologija identifikacije opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži tijekom čega su analizirane statističke metode identifikacije i metode procjene rizika nastanka prometnih nesreća. Objašnjena je identifikacija opasnih mjesta u pojedinim državama Europe te su definirani relevantni kriteriji pri identifikaciji opasnih mjesta.

U petom poglavlju je prikazana identifikacija opasnih mjesta na državnoj cesti D8 primjenom Rate Quality Control metode. Definirani su glavni parametri identifikacije, objašnjene su karakteristike odabranih lokacija, te je provedeno statističko ispitivanje opasnosti definiranih lokacija koje su zatim i rangirane prema stupnju opasnosti.

Analiza dobivenih rezultata identifikacije opasnih mjesta prikazana je u šestom poglavlju. Zasebno su analizirana identificirana opasna mjesta prema svakom od definiranih kriterija, te je ukazano na posebnost nekih lokacija.

U zadnjem poglavlju izneseni su najvažniji zaključci koji su proizišli iz provedenog istraživanja, te su izloženi prijedlozi za daljnje postupanje.

2. GEOPROMETNI POLOŽAJ DRŽAVNE CESTE D8

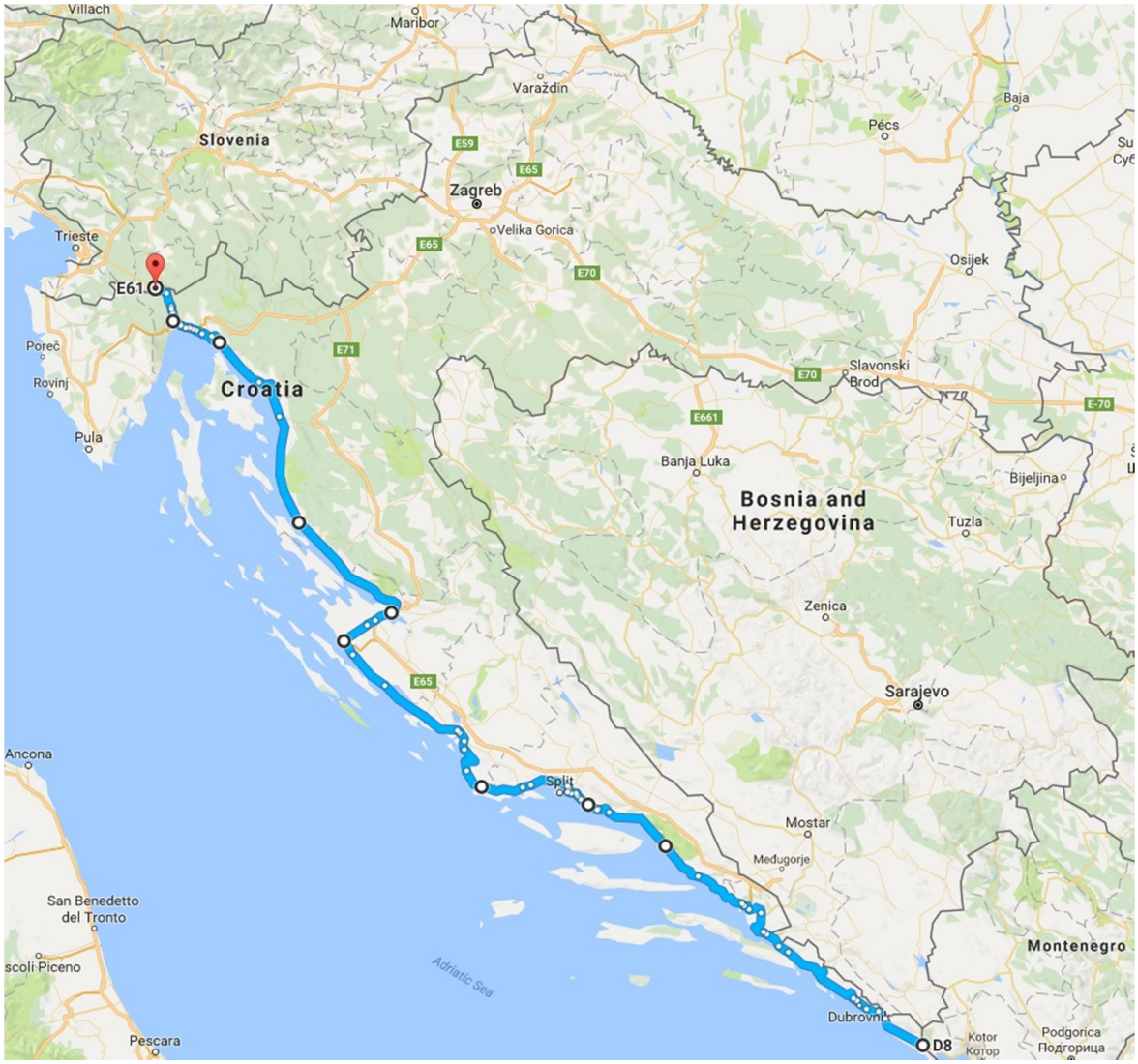
Državna cesta D8 (Jadranska magistrala) jedna je od glavnih državnih cesta na području Republike Hrvatske, a izgrađena je 50-tih i 60-tih godina prošlog stoljeća. Pruža se duž obale Jadranskog mora te povezuje sjeverni i južni Jadran. Trasa državne ceste D8 pruža se od graničnog prijelaza Pasjak (granica sa Slovenijom) te prolazi kroz većinu većih hrvatskih primorskih gradova: Rijeku, Zadar, Šibenik, Split, Makarsku, Ploče i Dubrovnik, sve do graničnog prijelaza Karasovići (granica s Crnom Gorom). Dio trase državne ceste D8 koji prolazi kroz Republiku Hrvatsku dugačak je 643,8 [km] [1].

Tablica 2.1. Popis dionica državne ceste D8

SMJER SJEVER - JUG			***SMJER JUG - SJEVER***		
Oznaka	***Naziv dionice***	***Duljina***	***Oznaka***	***Naziv dionice***	***Duljina***
001	*GP Pasjak - Rupa*	*7,195*			
002	*Rupa - Matulji*	*15,088*			
003	*Matulji - Rijeka*	*9,184*	*103*	*Liburnijska*	*0,138*
			203	*Rotor Opatija*	*0,046*
004	*Rijeka - Bakar*	*15,378*	*104*	*Rijeka*	*3,611*
005	*Bakar - Šmrika*	*7,974*			
006	*Kraljevica - Senj*	*45,619*			
007	*Senj - Stinica*	*36,670*	*107*	*Senj*	*0,048*
			207	*Senj*	*0,092*
008	*Stinica - Prizna*	*12,960*			
009	*Prizna - Karlobag*	*13,120*			
010	*Karlobag - Starigrad-Paklenica*	*49,863*			
011	*Starigrad - Jasenice*	*11,989*			
012	*Čvor Maslenica - Zadar*	*28,981*	*112*	*Zadar - Crno*	*2,491*
013	*Zadar - Biograd na Moru*	*25,642*	*113*	*Bibinje - Zadar*	*4,061*
014	*Biograd na Moru - Tisno*	*26,019*			
015	*Tisno - Šibenik*	*18,005*			
016	*Šibenik - Seget Donji*	*59,073*			
017	*Trogir - Split*	*24,290*	*117*	*Split - Plano*	*18,696*
018	*Split - Omiš*	*22,670*	*118*	*Strožanac - Split*	*5,942*
019	*Omiš - Dubci*	*19,500*			
020	*Dubci - Makarska*	*18,707*	*120*	*Baška Voda*	*0,337*
021	*Makarska - Drvenik*	*27,057*			
022	*Drvenik - Baćina*	*22,758*			
023	*Ploče - Opuzen*	*14,449*			
024	*Opuzen - GP Klek*	*17,473*			
025	*GP Zaton Doli - Zaton Doli*	*10,847*			
026	*Zaton Doli - Slano*	*14,027*			
027	*Slano - Sustjepan*	*30,132*			
028	*Dubrovnik - Čibača*	*7,750*			
029	*Čibača - Karasovići*	*27,811*			
030	*Karasovići - GP Karasovići*	*3,701*			

Izvor: [11]

Do završetka Jadranske magistrale hrvatsko priobalje nije imalo cjelovite prometnice, već su veća naselja tek ponegdje bila međusobno povezana. Trasa Jadranske magistrale mjestimično vodi trasama postojećih rimskih i srednjovjekovnih cesta te onih građenih u 18., 19. i početkom 20. st., primjerice na odsječcima Metković – Dubrovnik te Senj – Karlobag. Od 1918. do 1941. g. rekonstruirani su, a dijelom i asfaltirani, odsječci od granice sa Slovenijom do Pule te od Pule do Rijeke, dok su odsječci Rijeka – Novi Vinodolski i Trogir – Split najvećim dijelom dobili betonske kolnike. Kraći dijelovi ceste bili su asfaltirani i u područjima Zadra, Splita i Dubrovnika. Od 1945. do 1959. g. sagrađeni su ili rekonstruirani dijelovi od Novog Vinodolskoga do Zadra (175 [km]), a od 1959. do 1963. g. odsječci Zadar – Šibenik, Rogoznica – Trogir, Split – Omiš i Makarska – Podgora (124 [km]). U vrlo kratkom razdoblju, tj. tijekom 1964. i 1965. g., uz financijsko sudjelovanje Svjetske banke, dovršen je hrvatski dio ceste izgradnjom preostalih odsječaka između Vodica i hrvatsko-crnogorskog graničnog prijelaza (291 [km]) [9].



Slika 2.1. Trasa državne ceste D8

Izvor: [10]

Ta cesta bila je ključna za razvoj priobalja i cijele Hrvatske. Zadovoljavajući prometne potrebe stanovništva, gospodarstva i turizma, državna cesta D8 ubrzala je razvoj priobalja i cijele Hrvatske. Pruža se slikovitim krajolikom, pa je zbog panoramske vrijednosti jedna od najljepših atrakcija hrvatskoga turizma. No zbog svojih ograničenih prometnih svojstava nije bila u stanju odgovoriti izazovu povećanoga prometa. Cesta često prolazi naseljima, a ponegdje ima i slabu hvatljivost kolnika i izrazito je izložena vjetru.

Poprečni profil državne ceste D8 sastoji se od dva prometna traka (po jedan prometni trak u svakom smjeru vožnje) širine 3,5 [m]. Širina poprečnog profila državne ceste D8 kreće se od 8 do 8,5 [m], dok karakteristični maksimalni uzdužni nagib ceste iznosi 6%. Iznimno, na području većih gradova (Rijeke, Zadra, Šibenika i Splita) poprečni profil ceste sadrži dva kolnika s dva ili tri prometna traka razdvojena s razdjelnim pojasom. Bankine ceste su najvećim dijelom ceste asfaltirane te se njihova širina kreće od 0 do 1 [m]. Na trasi Jadranske magistrale nalazi se ukupno 56 mostova i 4 tunela. Većina raskrižja na državnoj cesti D8 su izvedena kao nesemaforizirana ili semaforizirana trokraka i četverokraka raskrižja u razini [1].

3. VRSTE PROMETNIH NESREĆA U CESTOVNOM PROMETU

Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. Nije prometna nesreća kada je radno vozilo, radni stroj, motokultivator, traktor ili zaprežno vozilo, krećući se po nerazvrstanoj cesti ili pri obavljanju radova u pokretu, sletjelo s nerazvrstane ceste ili se prevrnulo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom ne sudjeluje drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem drugoj osobi nije prouzročena šteta [2].

3.1. ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

Promet je vrlo složena pojava pri kojoj dolazi do mnogih konfliktnih situacija. Da bi se povećala sigurnost prometa, potrebno je provesti brojne mjere, čiji je cilj otklanjanje odnosno smanjenje opasnosti. Opasnost od prometnih nezgoda koje nastaju pri kretanju vozila i pješaka može se prikazati stanjem u sustavu čimbenika koji se pritom pojavljuju. Analizirajući moguće uzroke, cestovni se promet može pojednostavljeno promatrati kroz tri osnovna podsustava: čovjek, vozilo i cesta [4].

Međutim, navedeni podsustavi (čimbenici) sigurnosti cestovnog prometa ne obuhvaćaju sve elemente koji mogu utjecati na stanje sustava. Na nastanak prometne nesreće također mogu utjecati čimbenici koji podliježu određenim pravilnostima kao što su pravila kretanja prometa na cestama, upravljanje i kontrola prometa i sl., no isto tako i čimbenici koji se pojavljuju nesustavno i neočekivano, kao što su atmosferske prilike ili kamenje, ulje i blato na kolniku.

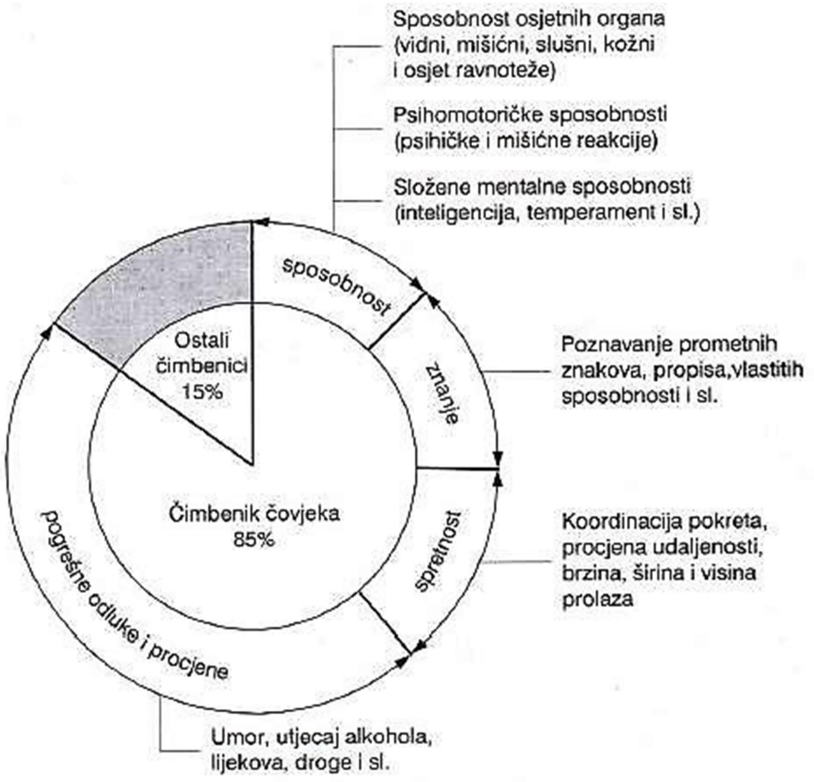
Na taj način opasnost od nastanka prometnih nezgoda postaje funkcija pet čimbenika koji čine sustav. To su [4]:

- čovjek
- vozilo
- cesta
- promet na cesti
- incidentni čimbenik.

Postoje različita mišljenja o tomu u kojem postotku sudjeluju navedeni čimbenici pri nastanku prometnih nezgoda, pri čemu najveći broj autora navodi da je čovjek kriv za oko 85 % ukupnog broja nesreća, a na vozila, ceste i druge čimbenike dolazi ostalih 15 %.

3.1.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa

Čovjek kao vozač u prometu, primajući informacije iz okoline vezane za prilike na cesti te uzimajući u obzir stanje vozila i prometne propise, određuje način kretanja vozila. Kao što je već navedeno, utjecaj čovjeka je najvažniji čimbenik koji utječe na sigurnost prometa, a njegovi osnovni elementi su prikazani na slici 3.1.



Slika 3.1. Utjecaj čovjeka u odnosu na ostale čimbenike sigurnosti prometa

Izvor: [4]

Postoje velike razlike u ponašanju čovjeka u različitim situacijama. Te razlike u ponašanju ovise o stupnju obrazovanja, o zdravstvenom stanju, starosti, temperamentu, moralu, osjećajima, inteligenciji i sl. Na ponašanje čovjeka kao čimbenika sigurnosti u prometu utječu [4]:

- osobne značajke vozača (pješaka)
- psihofizička svojstva
- obrazovanje i kultura.

3.1.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa

Vozilo je prijevozno sredstvo namijenjeno prijevozu ljudi i tereta a može se kretati pravocrtno ili krivocrtno jednolikom brzinom, ubrzano ili usporeno. Svojom konstrukcijom i eksploatacijskim značajkama utječe u velikoj mjeri na sigurnost prometa. Prema statističkim podacima, za 3-5 posto prometnih nezgoda smatra se da im je uzrok tehnički

nedostatak na vozilu. Međutim, taj postotak je znatno veći jer se pri očevidu nakon prometne nezgode ne mogu do kraja odrediti pojedini parametri vozila kao uzročnika prometne nezgode . Uzima se u obzir samo jasno izražen kvar, primjerice prijelom nekog dijela, potpuno otkazivanje uređaja za kočenje i sl. Neispravnosti, kakve su nedovoljna efikasnost sustava za kočenje, nestabilnost vozila prigodom kočenja i sl., u velikoj mjeri utječu na sigurnost prometa [4].

Elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa mogu se podijeliti na aktivne i pasivne. Pod aktivnim elementima podrazumijevaju se oni elementi čija je zadaća smanjiti mogućnost nastanka prometne nezgode, dok su pasivni elementi oni koji u slučaju nastanka prometne nezgode trebaju ublažiti njezine posljedice.

Aktivni elementi sigurnosti vozila [4]:

- kočnice
- upravljački mehanizam
- gume
- svjetlosni i signalni uređaji
- uređaji koji povećavaju vidno polje vozača
- konstrukcija sjedala
- usmjerivači zraka (spojleri)
- uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila
- vibracije vozila
- buka.

Pasivni elementi sigurnosti vozila [4]:

- školjka (karoserija)
- vrata
- sigurnosni pojasevi
- nasloni za glavu
- vjetrobranska stakla i zrcala
- položaj motora, spremnika, rezervnoga kotača i akumulatora
- odbojnik
- sigurnosni zračni jastuk.

3.1.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa

Tehnički nedostaci ceste često su uzrok nastanka prometnih nezgoda, a oni mogu nastati pri projektiranju cesta i pri njihovoj izvedbi. Utjecaj konstruktivnih elemenata na sigurnost prometa dolazi do izražaja pri oblikovanju te pri utvrđivanju dimenzija i konstruktivnih obilježja ceste [4].

Cestu kao čimbenik sigurnosti prometa obilježuju [4]:

- trasa ceste
- tehnički elementi ceste
- stanje kolnika
- oprema ceste
- rasvjeta ceste
- križanja
- utjecaj bočne zapreke
- održavanje ceste.

3.1.4. Čimbenik "promet na cesti"

Čimbenik "promet na cesti" sastoji se od tri sljedeća podčimbenika:

- organizacija prometa
- upravljanje prometom
- kontrola prometa.

Podčimbenik organizacija prometa odnosi se na prometne propise i tehnička sredstva za organizaciju prometa, dok podčimbenik upravljanje prometom obuhvaća način i tehniku upravljanja cestovnim prometom. Kontrola prometa podrazumijeva način kontrole prometa te ispitivanje i statistiku prometnih nezgoda.

3.1.5. Incidentni čimbenik

Incidentni čimbenik sadrži sve one elemente koji mogu utjecati na nastanak prometne nezgode, a da ne podliježu određenim pravilnostima koje se mogu predvidjeti. Neki od tih elemenata su atmosferske prilike, trag ulja na kolniku, nečistoća, divljač ili slične zapreke sigurnom odvijanju prometa.

U atmosferske utjecaje koji djeluju na sigurnost prometa mogu se ubrojiti: kiša, poledica, snijeg, magla, vjetar, atmosferski tlak, visoke temperature, djelovanje sunca i sl. [4].

3.2. PODJELA PROMETNIH NESREĆA U CESTOVNOM PROMETU

Kada je riječ o vrstama prometnih nesreća postoji više podjela prometnih nesreća. Neke od osnovnih podjela su [3]:

a) obzirom na uzroke i greške prometne nesreće dijele se na:

- prometne nesreće prilikom uključivanja vozilom u promet
- prometne nesreće kod kojih se postavlja pitanje strane kretanja sudionika
- nalet na parkirana ili zaustavljena vozila
- nalet na biciklista
- prometne nesreće kod kojih se jedan od sudionika kretao lijevom stranom kolnika
- skretanje na lijevu stranu kolnika bez stvarnih potreba (alkoholiziranost vozača, bolest, srčani udar, gubitak svijesti uslijed anemije, toplotnog udara, utjecaja lijekova, trudovi kod trudnica itd.)
- razmak pri kretanju.

b) prema nastalim posljedicama prometne nesreće mogu se podijeliti na:

- prometne nesreće s teže ozlijeđenim ili poginulim osobama
- prometne nesreće s lakše ozlijeđenim osobama
- prometne nesreće u kojima je nastala manja materijalna šteta
- prometne nesreće s imovinsko-materijalnom štetom velikih razmjera.

c) općenito, prometne nesreće prema vrstama dijele se:

- nalet na pješaka
- nalet na biciklista
- nalet na mirujuće vozilo
- nalet na zaprežno vozilo
- sudar dvaju ili više vozila
- zanošenje vozila
- nalet vozila na nepokretnu prepreku
- nalet na životinju.

U nastavku rada opisane su neke od najčešćih vrsta prometnih nezgoda.

3.3. NALET NA PJEŠAKA

Naletom na pješaka podrazumijeva se svaki kontakt tijela pješaka s vozilom koje je u pokretu [3].

Nalet vozila na pješaka je takva prometna nesreća u kojoj pješak, od udara vozila u pokretu, doživi tjelesnu povredu. Pri tome vozilo može udariti pješaka čeonom, bočnom ili zadnjom stranom ili da pješak naleti (udari) u bočnu stranu vozila. U takvim sudarima pješak može zadobiti povrede od udara u dijelove vozila ili pri odbacivanju ili udaru u drugu podlogu ili prepreku. Uzrok povreda ili smrtnog stradanja pješaka može nastati pod utjecajem gaženja, uklještenja ili nagnječenja tijela između vozila, vozila i podloge kolnika, vozila i nepokretne prepreke (objekta), npr. ograde na mostu, zida zgrade, parkiranog vozila i sl. [5].

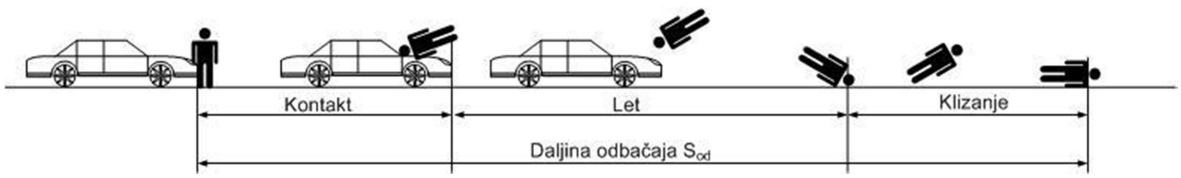
Sudar vozila i pješaka jedna je od učestalijih vrsta prometnih nesreća, pri čemu je najčešći uzrok sam pješak. Nalet na pješaka se pretežno događa zbog nediscipline i nepažnje pješaka, i to pri prelaženju kolnika van pješačkog prijelaza, nepoštivanju svjetlosnih signala na semaforu, neopreznom kretanju kolnikom bez nogostupa i sl.

Prema vrsti naleta, nalet vozila na pješaka može se podijeliti na:

- frontalni nalet
    - potpuni
    - djelomični
- bočno okrznuće
- pregaženje.

3.3.1. Potpuni frontalni nalet vozila na pješaka

Budući da je većina prometnih nesreća naleta vozila na pješake uslijedilo u toku kočenja vozila, gotovo su sva ispitivanja u vezi s naletom vozila na pješake vršena u trenutku dok vozilo koči. Kod naleta kočenog vozila na pješaka, prvu fazu čine sam udar i nošenje pješaka vozilom, a drugu fazu odvajanje tijela pješaka od vozila i let tijela kroz zrak, sve dok tijelo ne dodirne kolnik. Treću fazu naleta vozilom čini klizanje tijela pješaka kolnikom sve do trenutka kada se tijelo, zbog trenja o podlogu, zaustavi [3].



Slika 3.2. Faze frontalnog naleta vozila na pješaka

Izvor: [3]

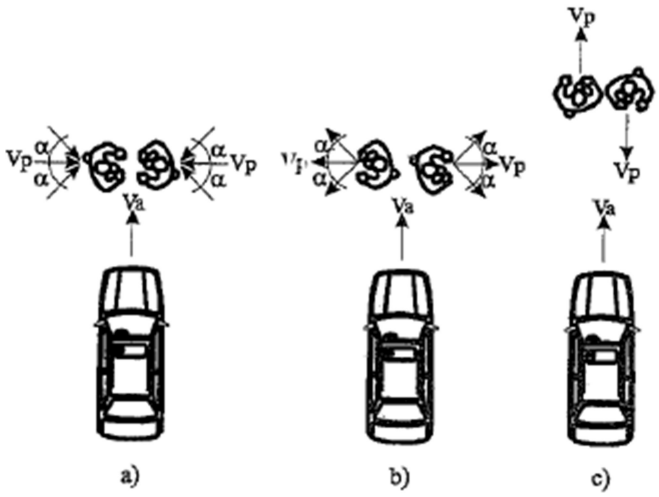
Primarne i sekundarne ozljede čine najbrojniji i najteži dio ukupnih ozljeda koje tijelo pješaka dobiva u toku prometne nesreće. Na osnovi ovih primarnih i sekundarnih ozljeda može se odrediti i približna naletna brzina vozila na pješaka. Ozljede koje nastaju na tijelu pješaka u kontaktu s kolnikom, u pravilu su mnogo lakše od primarnih i sekundarnih i nazivaju se tercijarne ozljede [3].

3.3.2. Djelomični frontalni nalet vozila na pješaka

Pri djelomičnom frontalnom naletu vozila na pješaka dolazi do specifičnih oštećenja prednjeg dijela vozila. Oštećenja će se nalaziti samo na krajnjem lijevom ili desnom dijelu, ovisno s kojom je stranom vozilo došlo u kontakt s pješakom.

Razlikuju se tri vrste djelomičnog frontalnog naleta:

- ulazni djelomični frontalni nalet (slika 3.3.a.)
- izlazni djelomični frontalni nalet (slika 3.3.b.)
- djelomični frontalni nalet u pravcu (slika 3.3.c.).



Slika 3.3. Vrste djelomičnog frontalnog naleta vozila na pješaka

Izvor: [5]

Djelomični frontalni nalet, u odnosu na potpuni frontalni nalet, sadrži niz osobitosti i prijelaznih stanja pa analiza ovakvih vrsta naleta na pješaka zahtijeva veliku stručnost i iskustvo prometnih vještaka.

3.3.3. Bočno okrznuće vozila i pješaka

Bočno okrznuće je vrsta naleta vozila na pješaka kada tijelo pješaka dolazi u dodir isključivo s bočnom stranom vozila. Važno je naglasiti, da prednji dio vozila do trenutka kontakta s pješakom već prođe pored njega i da se stoga na tom dijelu vozila ne nalazi nikakav trag koji bi potjecao od kontakta s pješakom [3].

Intenzitet i trajanje kontakta tijela pješaka s bočnom stranom vozila ovisi u većoj mjeri o brzini kojom se pješak kreće i nalijeće na bok vozila koje prolazi mimo njega. Nakon što je došlo do bočnog okrznuća tijelo pješaka uvijek bude odbačeno prema naprijed i u stranu, a zaustavlja se iza linije zaustavljanja prednjeg djela vozila. Naletna brzina kod bočnih okrznuća ne može se odrediti na osnovi uobičajenih pravila i parametara, kao što su duljina odbačaja tijela ili oštećenje na vozilu osim u iznimnim situacijama i to isključivo kada se pješak kreće prema vozilu. U tom slučaju, na osnovu intenziteta i vrsta ozljeda može se nešto reći i o naletnoj brzini vozila ali ona se ne može sa sigurnošću utvrditi [6].

3.3.4. Pregaženje pješaka

Pregaženje je vrsta prometne nesreće kod koje vozilo prelazi preko ili iznad tijela pješaka koje leži na kolniku. Kod pregaženja treba načelno razlikovati dva oblika i to s obzirom na način na koji nastaje mogućnost da tijelo bude pregaženo. Ukoliko se pješak nalazi u ležećem položaju na kolniku, a u taj je položaj dospio uslijed alkoholiziranosti, bolesti, poskliznuća ili slično, pa bude pregažen od nailazećeg vozila, govori se o jednostavnom pregaženju. Složeno pregaženje nastaje onda kada pješak bude najprije oboren vozilom, a zatim pregažen istim ili drugim vozilom [3].

3.3.5. Kinematika naleta vozila na pješaka

Na kinematiku naleta vozila na pješaka utječu [3]:

- način i brzina kretanja vozila
- način i brzina kretanja pješaka
- oblik vozila i dijelova vozila s kojim je tijelo pješaka u kontaktu.

Za opisivanje kinematike naleta vozila na pješaka uobičajeno se koriste karakteristični pojmovi za sve vrste naleta vozila na pješake, odnosno uzdužni i poprečni odbačaj pješaka nakon naleta vozila.

Uzdužni odbačaj pješaka predstavlja razmak između mjesta naleta vozila na pješaka, i mjesta gdje se tijelo pješaka nakon nesreće zaustavilo na kolniku. Poprečni odbačaj tijela pješaka predstavlja bočni razmak između položaja pješaka u trenutku naleta vozila i konačnog položaja tijela pješaka na kolniku nakon nesreće [3].

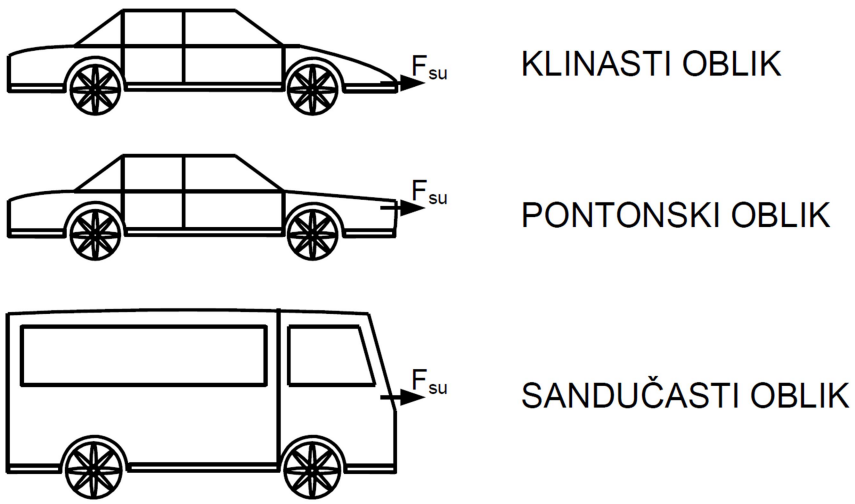
Kretanje pješaka tijekom procesa naleta i odbačaja složena je pojava koja ovisi o nizu čimbenika i to [3]:

- obliku profila prednjeg dijela vozila
- dimenzijama vozila
- masi i brzini vozila u trenutku naleta na pješaka
- svojstvima čvrstoće strukture dijela vozila kojim je udaren pješak

- položaju tijela pješaka u odnosu na širinu frontalnog dijela vozila
- pravcu, smjeru i brzini kretanja pješaka u samom trenutku naleta
- visini, težini i položaju težišta tijela pješaka
- karakteristikama podloge na koju je nakon naleta odbačeno tijelo pješaka.

Navedeni čimbenici definiraju položaj, veličinu i način djelovanja rezultirajuće sudarne sile (F_{SU}), čiji položaj prvenstveno ovisi o obliku prednjeg dijela vozila koji izravno dolazi u kontakt s pješakom. Postoji veliki broj različitih oblika profila prednjeg dijela vozila, no sve varijante se mogu grupirati u tri osnovna oblika:

- klinasti
- pontonski
- sandučasti.



Slika 3.4. Oblici profila prednjeg dijela vozila

Izvor: [3]

3.4. SUDAR DVAJU ILI VIŠE VOZILA

Sudar dvaju ili više vozila je događaj na cesti u kojem je sudjelovalo najmanje dva vozila i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula ili je izazvana materijalna šteta.

Klasifikacija sudara dvaju ili više vozila [3]:

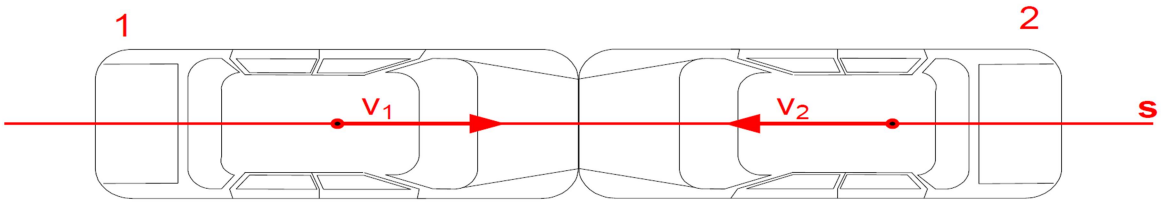
- frontalni sudar
- bočni sudar
- udar straga
- prevrtanje.

Osnovna klasifikacija prema kutu udara nije dovoljna, jer je prilikom vještačenja potrebno poznavati smjer brzine, koji se ne mora podudarati s uzdužnom osi vozila. Utvrđivanje međusobnog položaja vozila u času sudara, s obzirom na smjer brzine, utvrđuje se određivanjem udarnog pravca [3].

Udarni pravac je pravac položen kroz točku kontakta vozila u trenutku sudara, paralelan sa smjerom relativne brzine težišta. Udarni pravac je ujedno i pravac na kojem djeluje udarni impuls. Udarni pravac pri sudaru vozila ne ovisi o smjerovima kretanja vozila nego o iznosu njihovih brzina kretanja. Ukoliko udarni pravac prolazi kroz težišta vozila, takav sudar zovemo centralni sudar [3].

3.4.1. Frontalni sudar

Kod ove vrste sudara u kontaktu su prednji frontalni dijelovi vozila. Razlikujemo potpuni frontalni sudar u kojem cijela prednja strana vozila čini udarnu frontu i djelomični frontalni sudar čija udarna fronta zahvaća samo dio prednje strane vozila. U ovoj vrsti sudara udarni pravac je paralelan sa smjerovima brzine vozila do sudara pa se ovakav sudar zove i direktan sudar [3].



Slika 3.5. Centralni sudar

Izvor: [3]

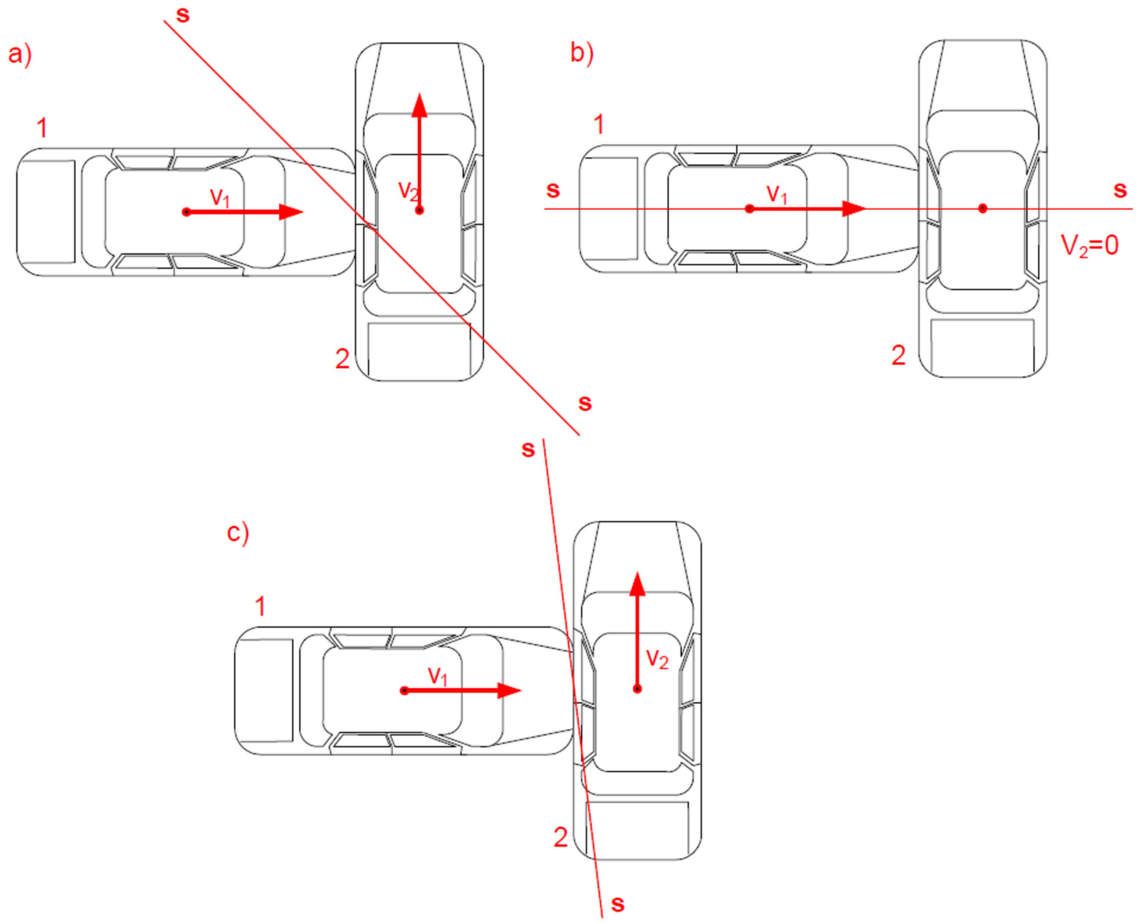
3.4.2. Bočni sudar

Kod bočnog sudara područje udara nalazi se na boku jednog od vozila. Položaj udarnog pravca pri bočnom sudaru ovisi o brzinama kojima su se vozila kretala u trenutku sudara. Na slici 3.6. prikazana su tri slučaja položaja udarnog pravca kod bočnih sudara. U sva tri slučaja prikazani su bočni udari pod kutom od 90°, ali je udarni pravac položen pod različitim kutovima ovisno o iznosu brzine kretanja vozila.

Na slici 3.6.a. vozila se do sudara kreću istim brzinama te se sudaraju pod pravim kutom. U tom slučaju udarni pravac prolazi kroz točku njihova dodira i zatvara kut od 45°.

Slika 3.6.b. prikazuje sudar vozila pod pravim kutom sa zaustavljenim vozilom. Tada udarni pravac prolazi težištem i poklapa se s uzdužnom osi vozila.

Kod različitih brzina vozila prilikom sudara, udarni pravac položen je pod manjim kutom u odnosu prema uzdužnoj osi onog vozila koje je prije sudara imalo veću brzinu. U konkretnom slučaju prikazanom na slici 3.6.c., vozilo 2 se prije sudara kretalo većom brzinom od vozila 1.



Slika 3.6. Položaj udarnog pravca kod bočnih sudara

Izvor: [3]

3.4.3. Udar straga

Udar straga je sudar dvaju vozila koji nastaje kada brži automobil nalijeće na sporiji i dolazi u kontakt s njegovom stražnjom stranom.

3.4.4. Prevrtanje

Sudar vozila pri kojem dolazi do rotacije s obzirom na uzdužnu ili poprečnu os. Prevrtanje koje je posljedica sudara (naleta) vozila na nepokretnu prepreku klasificira se kao frontalni sudar.

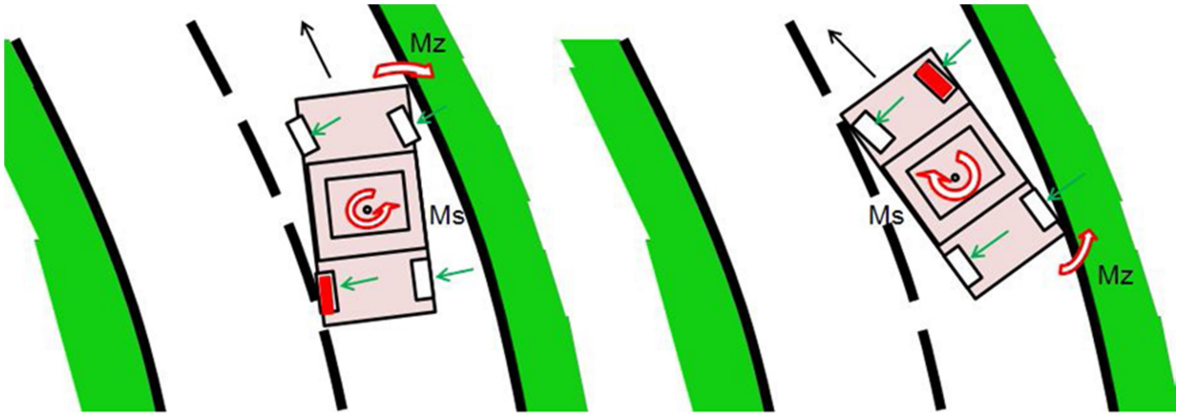
3.5. ZANOŠENJE VOZILA

Položaj motora u vozilu može utjecati na zanošenje vozila pri ulasku ili izlasku iz zavoja. Vozila koja imaju motor smješten naprijed i pogon na prednje kotače nestabilna su pri ulasku u zavoj, jer može doći do klizanja prednje osovine u trenutku ulaska u zavoj. Vozila koja imaju motor naprijed i pogon na stražnje kotače nestabilna su i pri ulasku (dolazi do klizanja prednje osovine) i pri izlasku iz zavoja (dolazi do klizanja stražnje

osovine). Iz toga se može zaključiti da će se u istim uvjetima vožnje, vozila na prednji pogon ponašati stabilnije pri prolasku kroz zavoj nego vozila na stražnji pogon.

Podupravljanje jest bočno klizanje (zanošenje) prednje osovine pa se vozilo kreće putanjom po radijusu koji je veći od željenog, te nastaje opasna situacija izlijetanja. Vozilo dobiva neželjeni zaokret prema vanjskoj strani ceste [3].

Preupravljanje jest bočno klizanje (zanošenje) stražnje osovine pa se vozilo kreće putanjom po radijusu koji je manji od željenog te tako dobiva prevelik zaokret prema prijelazu u suprotnu traku (nastaje vrlo opasna situacija sudara vozila) [3].



Slika 3.7. Podupravljanje i preupravljanje vozila

Izvor: [3]

3.6. SUDARI MOTOCIKLA S OSOBNIM VOZILOM

U tehničkoj praksi se automobili, bez obzira na to jesu li to osobna ili teretna vozila, općenito nazivaju kao vozila s dva traga, dok se bicikli, bicikli s motorom, mopedi i motocikli označuju kao vozila s jednim tragom [3].

Kod sudara motocikala, postoje sljedeće prometne situacije [3]:

- nalet ostalih vozila na motocikliste
- nalet motociklista na ostala vozila
- nalet ili proces sudara među samim motociklistima
- nalet motocikla na pješake.

Motocikl i njegov vozač čine jednu nerazdvojnu cjelinu sve do prvog kontakta s drugim vozilom. U trenutku sudara, vozač motocikla se odvaja od motocikla i nastavlja neovisno kretanje.

Oblici naletnog položaja motornog vozila na motocikl su [3]:

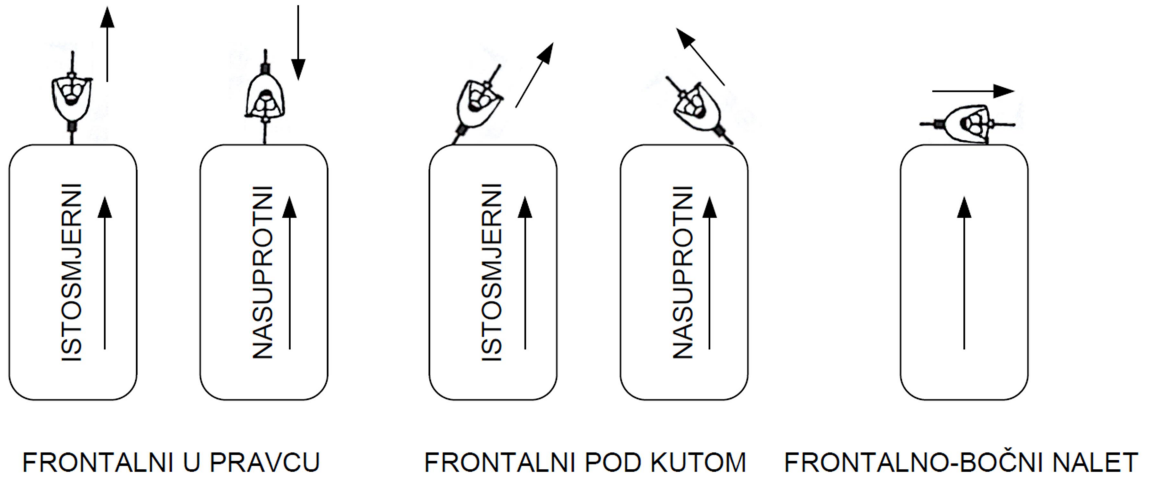
- potpuni frontalni nalet

- djelomični frontalni nalet
- bočno okrznuće
- bočni nalet.

3.6.1. Potpuni frontalni nalet

Prisutan je uvijek kada se u trenutku sudara nalazi ispred prednjeg dijela vozila gotovo čitavo vozilo na dva kotača. Pri tome se vozila mogu kretati u istom ili u suprotnom smjeru pa se stoga potpuni frontalni nalet motocikla na osobno vozilo može podijeliti na [3]:

- nalet u pravcu (istosmjerni, nasuprotni)
- nalet pod kutom (istosmjerni, nasuprotni)
- bočni nalet.



Slika 3.8. Potpuni frontalni nalet

Izvor: [3]

Pri potpunom frontalnom naletu u pravcu motorno vozilo uvijek prvo udara motocikl. Sudar je moguć pri kretanju vozila u istom ili suprotnom smjeru. Najopasnije sudarne situacije nastaju pri kretanju u suprotnom smjeru, kada je sudarna brzina jednaka zbroju brzina suprotnih vektora brzina sudionika sudara.

Nalet vozila pod kutom također može biti u istom i u suprotnom pravcu, ali pod uvjetom da otklon motocikla od pravca kretanja vozila može iznositi sve do granice kad vozilo najprije udara u tijelo motociklista.

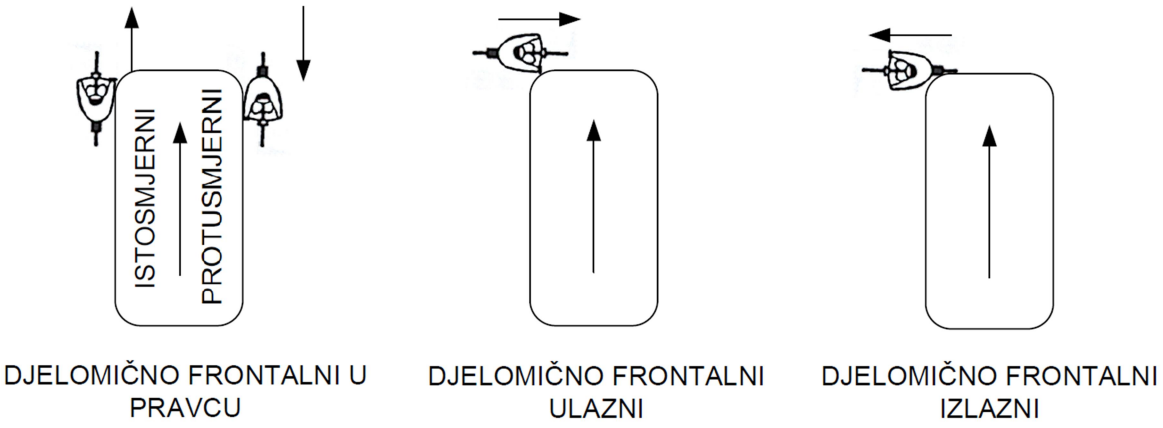
Bočni frontalni nalet nastaje kada se motociklist kreće okomito na smjer kretanja vozila te se prvi kontakt motornog vozila ostvaruje s tijelom motociklista.

3.6.2. Djelomični frontalni nalet

Djelomični frontalni nalet motornog vozila na motocikl nastaje kada se u trenutku naleta, ispred prednjeg motornog dijela vozila, nalazi samo dio motocikla ili motociklist. Vozilo prvo udara u tijelo motocikliste, a tek onda može, ali i ne mora doći do kontakta motornog vozila i motocikla.

Može se podijeliti na:

- djelomično frontalni nalet u pravcu (istosmjerni, protusmjerni)
- djelomično frontalni bočni nalet (ulazni, izlazni).



Slika 3.9. Djelomični frontalni nalet

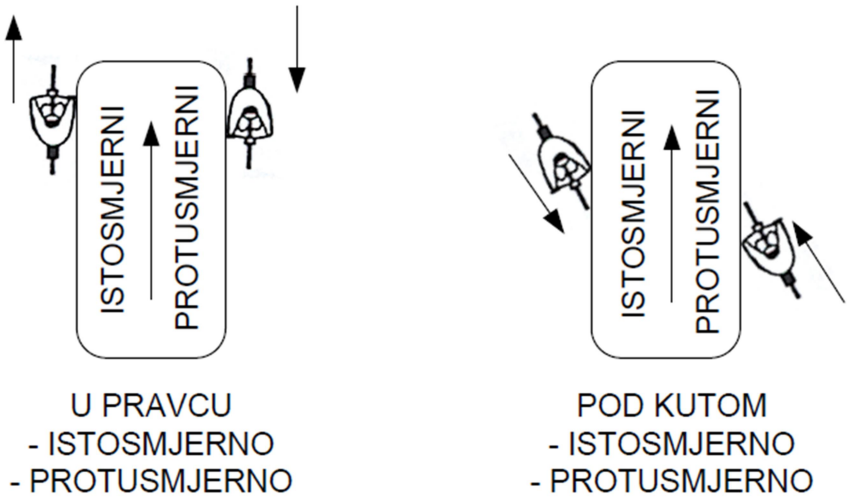
Izvor: [3]

Kod djelomično frontalnog naleta u pravcu, kao i kod djelomično frontalnog ulaznog bočnog naleta, tijelo motocikliste dolazi u kontakt s vozilom sekundarno, i to s bočnom stranom vozila. Kod djelomično frontalnog izlaznog bočnog naleta tijelo motocikliste ne dolazi u kontakt s motornim vozilom.

3.6.3. Bočno okrznuće

Može nastati kod vožnje u istom i u suprotnom smjeru, pri čemu dolazi prvo do kontakta bočnog dijela vozila i motociklista. Tek u nastavku može doći i do kontakta motornog vozila i motocikla. Kad se oba vozila kreću u istom smjeru, nakon prvog kontakta, dolazi do zakretanja motocikla od vozila prema van. Pri tome je jačina sekundarnog kontakta obično veća od jačine primarnog kontakta. Kad se vozila kreću u suprotnom smjeru, pri prvom kontaktu, motociklist se skupa s motociklom odbija od vozila u stranu. Bočno okrznuće prema vrsti naleta može se podijeliti na [3]:

- u pravcu (istosmjerni, protusmjerni)
- pod kutom (istosmjerni, protusmjerni).



Slika 3.10. Bočno okrznuće

Izvor: [3]

Pri bočnom okrznuću pod kutom, motociklist u trenutku kontakta skreće prema bočnoj strani motornog vozila u blagom kutu, pri čemu tijelo motocikliste prvo dolazi u kontakt s vozilom.

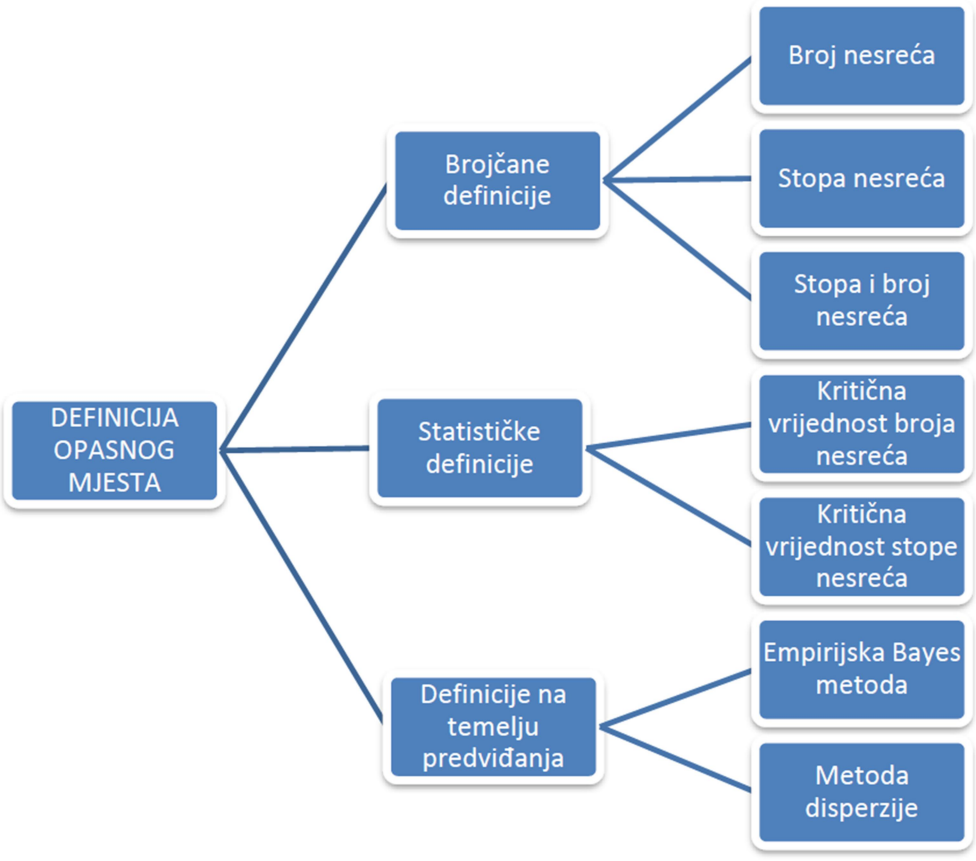
3.6.4. Bočni nalet

Bočni nalet je vrsta sudara pri kojem se motociklist kreće okomito ili pod kutom u odnosu na smjer kretanja motornog vozila. Prvi kontakt događa se između bočne strane motornog vozila i prednjeg kotača motocikla. Nakon toga tijelo motocikliste ostvaruje kontakt s vozilom.

4. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA U CESTOVNOJ PROMETNOJ MREŽI

Opasno mjesto u cestovnom prometu predstavlja mjesto na cesti ili dijelu ceste na kojoj se događa natprosječan broj prometnih nesreća. Budući da pojam opasno mjesto nije zakonski reguliran pojam, kao u pojedinim zemljama, postoji i više različitih izvedenica tog pojma. U domaćoj literaturi takva mjesta nazivaju se i opasna cestovna lokacija ili "crne točke" cestovnog prometa. Domaći autori različito interpretiraju pojam opasnih mjesta pa tako pojedini autori definiraju opasno mjesto kao dijelove ceste na kojima se događa veći broj prometnih nesreća, s ljudskim žrtvama i većom materijalnom štetom, dok drugi autori navode da su opasne cestovne lokacije ili "crne točke" mjesta na cesti na kojima je rizik od prometnih nesreća (statistički) značajno veći nego na drugim cestovnim lokacijama. Ovakve podjele su vidljive i u međunarodnoj znanstveno – stručnoj literaturi pa su općeprihvaćene tri vrste definicija opasnih mjesta, a koje se mogu poistovjetiti i s metodologijama identifikacije opasnih mjesta [7]:

- brojčane definicije
- statističke definicije
- definicije temeljene na predviđanju prometnih nesreća.



Slika 4.1. Definicije opasnog mjesta ovisno o načinu identifikacije

Izvor: [3]

Primjer brojčane definicije opasnog mjesta je službena norveška definicija [12]: "Opasno mjesto je bilo koja lokacija maksimalne dužine od 100 metara na kojoj su zabilježene barem četiri nesreće s ozlijeđenim osobama u periodu od pet godina". Ovakva definicija je jednostavna jer ne uzima u obzir gustoću prometa niti specificira tip same lokacije.

Statistička definicija opasnih mjesta oslanja se na usporedbu zabilježenog i uobičajenog broja nesreća. Na primjer, određena lokacija će biti klasificirana kao opasno mjesto ako je zabilježeni broj nesreća u određenom periodu znatno veći nego uobičajeni broj nesreća [3].

Definicije na temelju predviđanja obuhvaćaju razne modele predviđanja nastanka prometnih nesreća. Ovakvi modeli zahtijevaju velike količine podataka o karakteristikama lokacija koje se promatraju te se na temelju očekivanog broja nesreća pokušavaju identificirati opasna mjesta. Način identifikacije opasnih mjesta određuju kriteriji na temelju kojih će se provesti sama identifikacija. Mogućnost definiranja kriterija ovisit će o dostupnim podacima o prometnim nesrećama jer, npr., nije moguće kao jedan od kriterija postaviti gustoću prometa ili prometno opterećenje ako taj podatak nije dostupan za određenu lokaciju. Također, u svrhu funkcioniranja sustava identifikacije mjesta potrebno je povezati institucije koje prikupljaju podatke da bi se svi podaci nalazili u jednoj bazi i na taj način pojednostavili identifikaciju opasnih mjesta [3].

4.1. METODE IDENTIFIKACIJE OPASNIH MJESTA

Prema prikazanim definicijama opasnih mjesta, vidljivo je da se razlikuju prema korištenoj metodi identifikacije koja se koristi ovisno o dostupnim podacima. Jednostavne metode se baziraju na statističkim podacima o broju prometnih nesreća u određenom vremenskom periodu, dok složenije metode zahtijevaju više parametara. One uzimaju u obzir podatke o prometnom opterećenju, vrsti prometnih nesreća, njihovim posljedicama, karakteristike ceste i sl.

Svaka metoda identifikacije podrazumijeva i definirane kriterije na temelju kojih će se određena lokacija klasificirati kao opasna lokacija. Osnovni kriteriji koji se uzimaju u obzir su [8]:

- kritična razina broja prometnih nesreća koja određenu lokaciju definira kao opasnu
- vremenski period u kojem se promatra nastanak prometnih nesreća
- duljina dionice u kojoj se promatra nastanak prometnih nesreća.

Odabir kriterija koji će se koristiti u procesu identifikacije opasnih mjesta izravno će utjecati na rezultate istraživanja. Oni određuju osjetljivost korištene metode pa će tako u slučaju postavljanja niže vrijednosti kritične razine broja prometnih nesreća, identifikacija rezultirati većim brojem opasnih mjesta. Isto vrijedi i za obrnuti proces kada će se postavljanjem više vrijednosti kritične razine detektirati manji broj opasnih mjesta.

4.1.1. Statističke metode identifikacije opasnih mjesta

Statistika kao jedna od najvažnijih znanstvenih disciplina predstavlja temelj za identifikaciju opasnih mjesta. Statistički podaci o prometnim nesrećama osnovni su parametar bez kojeg nije moguće provesti ni najjednostavniju metodu identifikacije opasnih mjesta [8].

Mnogi autori znanstvenih i stručnih istraživanja na temu identifikacije opasnih mjesta u cestovnom prometu navode da se prometne nesreće u prometnoj mreži događaju prema Poissonovoj distribuciji, te je stoga ona temelj većine statističkih metoda identifikacije opasnih mjesta.

4.1.1.1. Metoda učestalosti prometnih nesreća

Metoda učestalosti prometnih nesreća predstavlja najjednostavniji oblik identifikacije opasnih mjesta. Na temelju broja prometnih nesreća na određenoj lokaciji ili dionici određuje se parametar učestalosti prometnih nesreća u određenom vremenskom periodu. Učestalost prometnih nesreća izračunava se prema izrazu (1) [8]:

$$C_f = \frac{N_c}{t} \tag{1}$$

gdje je:

C_f – učestalost prometnih nesreća

N_c – ukupan broj prometnih nesreća

t – vremenski period u godinama

Rezultati dobiveni na temelju izraza (1) se rangiraju po svojim vrijednostima, te se lokacija s najvišom vrijednosti identificira kao najopasnije mjesto. Prednost ove metode je njena jednostavnost izračuna te vrlo mali broj podataka potreban za njenu provedbu. Nedostaci ove metode su što se ne uzima u obzir težina nesreća, duljina promatrane dionice te prometno opterećenje na promatranoj lokaciji. Zbog navedenih nedostataka, metoda je pristrana prema lokacijama s većim prometnim opterećenjem i većom duljinom jer ih u slučaju istog broja prometnih nesreća u odnosu na manju dionicu ili dionicu s manjim prometnim opterećenjem, identificira kao jednako opasne [8].

Ova metoda nije dovoljno točna, te može dati samo orijentacijske rezultate koji se mogu dodatno analizirati primjenom odgovarajućih podataka, kao što su prometno opterećenje i duljina lokacije.

4.1.1.2. Metoda stope prometnih nesreća

Metoda stope prometnih nesreća predstavlja unaprijeđenu metodu učestalosti prometnih nesreća jer u svom izračunu uzima u obzir prometno opterećenje te duljinu promatrane dionice. Za uspješnu provedbu identifikacije opasnih mjesta pomoću ove metode, potrebni su podaci o [8]:

- broju prometnih nesreća
- duljini promatrane dionice
- prometnom opterećenju
- vremenskom periodu.

Stopa prometnih nesreća računa se pomoću izraza (2):

$$C_R = \frac{N_c}{Q_L} \tag{2}$$

gdje je:

C_R – stopa prometnih nesreća

N_c – ukupan broj prometnih nesreća

Q_L – prometno opterećenje na promatranoj lokaciji/dionici

Prometno opterećenje na promatranoj dionici/lokaciji računa se prema izrazu (3):

$$Q_L = \frac{Q \cdot 365 \cdot t \cdot l}{1.000000} \tag{3}$$

gdje je:

Q – PGDP

t – vremenski period u godinama

L – duljina promatrane dionice [km]

Prednosti ove metode su, kao i kod metode učestalosti prometnih nesreća, jednostavnost i mali broj potrebnih podataka, ali i uzimanje u obzir prometnog opterećenja promatrane lokacije. Nedostaci su što pretpostavlja linearan odnos između prometnog opterećenja i broja prometnih nesreća, iako je odnos nelinearan, te što je pristrana prema dionicama manje duljine i s manjim prometnim opterećenjem [13].

4.1.1.3. Metoda Rate Quality Control

Rate Quality Control (RQC) jedna je od pouzdanijih metoda identifikacije opasnih mjesta koju koriste mnoge institucije u svijetu koje se bave problematikom opasnih mjesta. Pokazuje visoku točnost jer je bazirana direktno na statističkom testiranju opasnosti svake lokacije u usporedbi s drugom lokacijom sličnih karakteristika. Statističko ispitivanje svake lokacije temelji se na pretpostavci da su prometne nesreće rijetki događaji čija se vjerojatnost pojavljivanja može aproksimirati prema Poissonovoj distribuciji [8].

Bitna karakteristika Rate Quality Control metode je utvrđivanje kritične razine nastanka prometnih nesreća na temelju broja prometnih nesreća te prometnog opterećenja na promatranoj lokaciji. Identifikacija opasnih mjesta se tada provodi usporedbom stopa prometnih nesreća i kritične razine.

Ukoliko stopa prometnih nesreća prelazi kritičnu razinu definiranu ovom metodom, smatra se da se prometne nesreće, statistički, ne događaju slučajno, već se radi o identificiranom opasnom mjestu [14].

Kritična razina broja prometnih nesreća računa se prema izrazu (4):

$$C_{CR} = C_{RA} + k \cdot \sqrt{\frac{C_{RA}}{Q_L}} + \frac{1}{2 \cdot Q_l} \tag{4}$$

gdje je:

C_{CR} – kritična razina prometnih nesreća

C_{RA} – prosječna vrijednost stope prometnih nesreća

k – koeficijent razine povjerenja

Q_L – prometno opterećenje na promatranoj lokaciji/dionici

Koeficijent razine povjerenja prema različitim razinama značajnosti prikazan je u tablici 4.1.

Tablica 4.1. Vrijednosti koeficijenta k za različite razine značajnosti

Razina značajnosti	***k***
90 %	*1,282*
95 %	*1,645*
99 %	*2,323*

Izvor: [3]

Prednosti ove metode su to što uzima najvažnije podatke potrebne za identifikaciju opasnih mjesta, smanjuje eventualni veliki utjecaj lokacija s malim prometnim opterećenjem, uzima u obzir odstupanja u statističkim podacima te prikazuje jasnu usporedbu između identificiranih i neidentificiranih lokacija. Također, prednost metode je i to što uzima u obzir duljinu lokacije na kojoj se događaju prometne nesreće pa se može koristiti i za identifikaciju opasnih dionica. Nedostatak metode je taj što ne prikazuje utjecaj lokacije na opće stanje sigurnosti, ali to je ionako zaseban dio drugih sustava upravljanja opasnim mjestima koji se mogu nadomjestiti drugim procesima [8].

4.1.2. Metode procjene rizika nastanka prometnih nesreća

Jedna od metoda koja se može pronaći u dostupnoj stručnoj i znanstvenoj literaturi je metoda procjene rizika koju autori često poistovjećuju s identifikacijom konkretnih opasnih mjesta. Iako su svojom namjenom metode procjene rizika prvenstveno usmjerene određivanju rizika na cjelokupnim dionicama, mogu se primjenjivati i u svrhu određivanja opasnih mjesta ako im se kriteriji identifikacije, posebno kriterij duljine promatrane dionice, prilagodi relevantnim kriterijima za identifikaciju opasnih mjesta [8].

Najpoznatiji i opće prihvaćeni pokazatelji procjene rizika nastanka prometnih nesreća, temeljeni na statističkim podacima su [15]:

- kolektivni rizik nastanka prometnih nesreća i
- individualni rizik nastanka prometnih nesreća.

Za navedene pokazatelje rizika prometnih nesreća potrebno je procjene vršiti na cestama sličnih karakteristika. Također je bitno praviti razliku između različitih kategorija cesta, između različitih tipova područja i između otvorenih dionica i raskrižja.

4.1.2.1. Kolektivni rizik prometnih nesreća i njihovih posljedica

Kolektivni rizik prometnih nesreća i njihovih posljedica (KR) predstavlja gustoću ili ukupan broj nesreća i nastradalih po kilometru ceste. Ovaj pokazatelj ne uzima u obzir različitu gustoću prometa na dionicama cesta. Ako se prati samo kolektivni rizik, onda će se lokacije s visokom gustoćom prometa rangirati kao lokacije s visokim rizikom (gustoća nesreća je visoka zbog velike izloženosti, tj. zbog velikog opsega prometa), čak i kada ove lokacije imaju relativno mali broj nesreća u odnosu na gustoću prometa. Najčešće se preporučuje da se na osnovi kolektivnog rizika odrede dionice visokog rizika, a onda da se drugim metodama upotpuni analiza rizičnih dionica (dubinska analiza, studija slučaja, konfliktna tehnika i sl.). Treba naglasiti da kolektivni rizik raste s porastom intenziteta prometa na cestama, pa ceste većeg značaja (s većim intenzitetom prometa) imaju veće kolektivne rizike. Postoje četiri vrste kolektivnog rizika nastanka prometnih nesreća [8]:

a) Korigirani kolektivni rizik prometnih nesreća – KRPN (korigiran težinom nesreća)

Po nekim autorima pri utvrđivanju i definiranju opasnih mjesta koriste se samo podatci o nesrećama s poginulima, dok neke obuhvaćaju i nesreće s ozlijeđenima. Općenito

gledajući, trebalo bi uzeti u obzir i nesreće samo s materijalnom štetom, a detaljnijom analizom konkretnih uvjeta provjeriti ima li na tom mjestu uvjeta za nesreće s nastradalima. Da bi se korektno uzeli u obzir svi opravdani razlozi za isticanje opasnosti na dionici ceste, najkorektnije je uzeti u obzir sve prometne nesreće. S druge strane, da bi se uzele u obzir značajne razlike u posljedicama nesreća s poginulima i ozlijeđenima te s materijalnom štetom, odabran je postupak ponderiranja nesreća.

Ponderi su određeni u skladu s ukupnim društvenim posljedicama pojedinih vrsta nesreća, a s namjerom da se sve nesreće "svedu" na nesreće s materijalnom štetom. Prihvaćena je komparacija po kojoj je jedna nesreća s poginulim osobama, u prosjeku, teža 150 puta od nesreće s materijalnom štetom, a da je nesreća s ozlijeđenim osobama teža oko 20 puta od nesreće s materijalnom štetom. Ponderirani broj prometnih nesreća (PBPN) računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$PBPN = (n_1 \cdot 1 + n_2 \cdot 20 + n_3 \cdot 150) \tag{5}$$

gdje su:

n_1 – broj prometnih nesreća s materijalnom štetom

n_2 – broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama

n_3 – broj prometnih nesreća s poginulim osobama.

Međutim postoje dionice koje bilježe veći broj poginulih osoba među ukupno nastradalima. Da bi se uzeo u obzir povećan broj poginulih osoba, ponderirani broj prometnih nesreća je korigiran tako da se dobiju nešto manje vrijednosti, ako je na promatranoj dionici zabilježen veći broj poginulih među nastradalim osobama, i to prema jednadžbi:

$$PBPN = (n_1 \cdot 1 + n_2 \cdot 20 + n_3 \cdot 150) \cdot \left(\frac{Pog}{Lo + To + Pog}\right) \tag{6}$$

gdje su:

Pog – broj poginulih u prometnim nesrećama

To – broj teško ozlijeđenih u prometnim nesrećama

Lo – broj lako ozlijeđenih u prometnim nesrećama.

Stavljanjem u odnos ponderiranog broja prometnih nesreća korigiranog njihovom težinom i dužine predmetne dionice, dobiva se vrijednost korigiranog kolektivnog rizika nesreća (KRPN) prema jednadžbi:

$$KRPN = \frac{\sum_{i=1}^{G} PBPN}{G \cdot L} \left[\frac{nesreće}{km/godišnje}\right] \quad (7)$$

gdje su:

G – broj godina (razdoblje za koje se vrši analiza)

L – dužina promatrane dionice.

b) Kolektivni rizik stradanja – KRS (korigiran težinom posljedice)

Troškovi prometnih nesreća ovise i o težini povreda koje sudionici u prometnim nesrećama pretrpe. Zbog toga je umjesto prostog zbroja broja nastradalih, njihov broj potrebno ponderirati težinom posljedica. Ponderi su određeni na osnovi ukupnih društvenih posljedica koje nosi pojedina vrsta stradanja, a sve s ciljem da se svi nastradali svedu na broj lako ozlijeđenih osoba. Tako je određeno da jedna teško ozlijeđena osoba po ukupnim posljedicama, košta društvo kao pet lako ozlijeđenih, a jedna poginula osoba kao 50 lako ozlijeđenih.

Ponderirani broj nastradalih (PBN) računa se prema jednadžbi:

$$PBN = 1 \cdot Lo + 5 \cdot To + 50 \cdot Pog \quad (8)$$

Stavljanjem u odnos ponderiranog broja nastradalih i dužine promatrane dionice, dobiva se vrijednost kolektivnog rizika stradanja (KRS) prema jednadžbi:

$$KRS = \frac{\sum_{i=1}^{G} PBN}{G \cdot L} \left[\frac{nastradalih}{km/godišnje}\right] \quad (9)$$

c) Kolektivni rizik poginulih i teško ozlijeđenih – KRPTO

Stavljanjem u odnos broja poginulih i teško ozlijeđenih u prometnim nesrećama i dužine promatrane dionice, dobiva se vrijednost kolektivnog rizika poginulih i teško ozlijeđenih (KRPTO) prema jednadžbi:

$$KRPTO = \frac{\sum_{i=1}^{G} (POG + TO)}{G \cdot L} \left[\frac{pog./teškoozl.}{km/godišnje}\right] \quad (10)$$

U skladu s prethodno navedenim, ovaj parametar će biti reprezentativan za rangiranje mikrodionica po veličini rizika u prometu.

d) Kolektivni rizik poginulih – KRP

Stavljanjem u odnos broja poginulih u prometnim nesrećama i dužine promatrane dionice, dobiva se vrijednost kolektivnog rizika poginulih (KRP) prema jednadžbi:

$$KRP = \frac{\sum_{i=1}^{G} POG}{G \cdot L} \left[\frac{poginuli}{km/godišnje}\right] \tag{11}$$

4.1.2.2. Individualni rizik prometnih nesreća i njihovih posljedica

Individualni rizik prometnih nesreća i njihovih posljedica (IR) predstavlja broj nesreća i nastradalih u odnosu na broj vozila na promatranom kilometru na odabranoj lokaciji. S porastom gustoće prometa, opada individualni rizik, pa je on najmanji na cestama s najvećim značajem, odnosno na cestama s najvećom gustoćom prometa. Dakle, s porastom značaja cesta, raste kolektivni, a opada individualni rizik nastanka nesreće. Kao i kod kolektivnog rizika, razlikujemo četiri vrste individualnog rizika nastanka prometnih nesreća [8]:

a) Korigirani individualni rizik prometnih nesreća – IRPN (korigiran težinom nesreća)

Shodno činjenici da se pri izračunavanju individualnog rizika uzima u obzir broj vozila na promatranom kilometru, stavljanjem u odnos ponderiranog broja prometnih nesreća korigiranog njihovom težinom i brojem vozila po kilometru dionice, dobiva se vrijednost korigiranog individualnog rizika prometnih nesreća (IRPN) prema jednadžbi:

$$IRPN = \frac{\sum_{i=1}^{G} PBPN}{L \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^{r} PGDP} \cdot 10^6 \left[\frac{nesreće}{mil./voz./km}\right] \tag{12}$$

gdje je:

PGDP – prosječan godišnji dnevni promet.

PGDP se računa prema jednadžbi:

$$PGDP = \frac{Q_{god}}{365} \left[\frac{vozila}{dan}\right] \tag{13}$$

b) Individualni rizik stradanja – IRS (korigiran težinom posljedice)

Stavljanjem u odnos ponderiranog broja nastradalih i broja vozila po kilometru, dobiva se vrijednost individualnog rizika stradanja (IRS) prema jednadžbi:

$$IRS = \frac{\sum_{i=1}^{G} PBN}{L \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^{G} PGDP} \cdot 10^6 \left[\frac{nastradali}{mil./voz./km}\right] \quad (14)$$

c) Individualni rizik poginulih i teško ozlijeđenih – IRPTO

Stavljanjem u odnos broja poginulih i teško ozlijeđenih u prometnim nesrećama i broja vozila na kilometru dobiva se vrijednost individualnog rizika poginulih i teško ozlijeđenih (IRPTO) prema jednadžbi:

$$IRPTO = \frac{\sum_{i=1}^{G} (POG + TO)}{L \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^{G} PGDP} \cdot 10^6 \left[\frac{pog./teškoozl.}{mil./voz./km}\right] \quad (15)$$

d) Individualni rizik poginulih – IRP

Stavljanjem u odnos broja poginulih u prometnim nesrećama i broja vozila po kilometru, dobiva se vrijednost individualnog rizika poginulih (IRP) prema jednadžbi:

$$IRP = \frac{\sum_{i=1}^{G} POG}{L \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^{G} PGDP} \cdot 10^6 \left[\frac{poginulih}{mil./voz./km}\right] \quad (16)$$

4.1.3. EuroRAP projekt

EuroRAP (European Road Assessment Programme) je međunarodna neprofitna organizacija osnovana i registrirana 1999. g. u Belgiji, koja je privržena spašavanju ljudskih života kroz povećanje sigurnosti na cestama. Udrugu su osnovali europski autoklubovi, automobilska zaklada za cestovnu sigurnost iz Engleske i cestovne vlasti diljem Europe.

Udruga trenutno okuplja oko 50 članova iz 30 zemalja. Osnovni ciljevi EuroRAP projekta su [16]:

- značajno smanjenje broja poginulih i teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama sustavnim procjenama i prikazivanjem rizika cesta
- utvrđivanje nedostataka prometno-tehničkih elemenata i dizajna cesta koji se u praksi mogu i trebaju poboljšati
- procjena stanja rizika i razine zaštite od prometnih nesreća sa svrhom poboljšanja
- stvaranje partnerstva svih subjekata odgovornih za stanje sigurnosti prometa na cestama (aktivna i pasivna).

U Hrvatskoj se EuroRAP projekt provodi u suradnji Fakulteta prometnih znanosti i Hrvatskog autokluba. EuroRAP cestama dodjeljuje oznake za sigurnost i izrađuje karte koje pokazuju rizik nastanka prometnih nesreća koje uzrokuju smrt i po život opasne ozljede [17].



Slika 4.2. Mapa rizika EuroRAP projekta na važnijim cestovnim pravcima Republike Hrvatske 2010.–2012.

Izvor: [17]

Hrvatski autoklub pristupio je udruzi EuroRAP 2005. godine. Uloga HAK-a je prikupljanje potrebnih podataka o prometnim nesrećama i cestama temeljem kojih se izrađuju potrebni proračuni. Ti proračuni služe kao baza za izradu potrebnih mapa. Jednako važno djelovanje HAK-a odnosi se na senzibiliziranje javne vlasti, državnih organa i tijela te stručne javnosti za proaktivno djelovanje na poboljšanju sigurnosti cestovnog prometa, odnosno cestovne infrastrukture implementacijom EuroRAP metodologije. Također, HAK provodi i koordinaciju između svih strana uključenih u projekt [17].

Određivanje rizika EuroRAP metodologijom temelji se na usporedbi broja nesreća sa smrtnim i teškim posljedicama na svakoj dionici ceste s količinom prometa koja prolazi tom dionicom. U tu svrhu je potrebno izraditi videozapise svih relevantnih elemenata cestovne infrastrukture koji utječu na razinu prometne sigurnosti. Na temelju kodiranja i analize videozapisa utvrđuju se kvantitativne vrijednosti razine rizika kojemu su izloženi cestovni korisnici prilikom korištenja promatranih dionica cestovne mreže.

Ocjenjivanje se provodi primjenom standardiziranih i licenciranih metoda i postupaka kojima se utvrđuju sigurnosne značajke cesta. Kriteriji pri određivanju rizika su sljedeći [17]:

- u tri godine 30 prometnih nesreća sa smrtnim i teško ozlijeđenim osobama na dionici ceste s dva kolnika dugoj 30 [km] i koja ima prosječni godišnji dnevni promet od 10.000 vozila
- 30 ljudi koji su u tri godine poginuli ili su teško ozlijeđeni u tim nesrećama na dionici ceste od 30 [km] s jednim dvosmjernim kolnikom koji ima prosječni godišnji dnevni promet od 1.000 vozila.

Na temelju navedene metodologije, napravljena je prva karta rizika za autoceste i državne ceste u cijeloj zemlji za period od 2007. do 2009. godine te nakon toga druga za period od 2010. do 2012. godine, koja je prikazana na slici 4.2.

4.1.4. Metode identifikacije opasnih mjesta na cestama u pojedinim zemljama

Određivanje opasnih mjesta u svijetu nije standardizirano te ne postoji univerzalna metoda primjenjiva za sve zemlje. Na temelju svojih iskustava,svaka zemlja određuje po kojim će kriterijima određena dionica ili mjesto biti proglašeno opasnim. U nastavku su prikazane metode identifikacije opasnih mjesta koje se koriste u pojedinim zemljama Europe.

4.1.4.1. Određivanje opasnih mjesta u Austriji

U Austriji se opasnim mjestom smatra svako mjesto koje ispunjava jedan od dva kriterija [8]:

- tri ili više sličnih prometnih nesreća s ozlijeđenima u roku od tri godine i koeficijent rizika Rk od najmanje 0,8. Vrijednost koeficijenta rizika računa se na sljedeći način:

$$Rk = \frac{U}{0{,}5 + 7 \cdot 10^{-5} \cdot PGDP} \geq 0{,}8 \qquad (17)$$

gdje je:

U – broj prometnih nesreća s nastradalima u periodu od tri godine

- pet ili više prometnih nesreća (uključujući i one samo s materijalnom štetom) sličnog tipa tijekom jedne godine.

Kritična vrijednost koeficijenta rizika od 0,8 bit će postignuta ako su zabilježene:

- tri prometne nesreće u tri godine i PGDP do 10700 [vozila/dan]
- četiri prometne nesreće u tri godine i PGDP do 16700 [vozila/dan]
- pet prometnih nesreća u tri godine i PGDP do 22600 [vozila/dan]
- šest prometnih nesreća u tri godine i PGDP do 28600 [vozila/dan].

Upravljanje opasnim mjestima na cestovnoj mreži u Austriji sastoji se od sljedećih koraka [8]:

- statistička analiza opasnih mjesta koja obuhvaća vrste nesreća, vrijeme i stanje na cestama tijekom nesreće, sudionike te težinu nesreća
- lokalna procjena opasnih mjesta uključuje detaljniju ocjenu okoliša, prilaznih prometnica, usmjeravanja prometa, osvjetljenja tijekom noći, sumraka…)
- predlaganje mjera na osnovi analize i lokalne procjene odnose se na intervencije u cestovnoj mreži, brzini kretanja, instalaciji javne rasvjete, ugradnji pješačkih tipkala i dr.
- mjere se provode u skladu s mogućim raspoloživim financijskim sredstvima
- nakon provedbe mjera promatra se pojava prometnih nesreća da bi se ocijenilo smanjenje broja i težina nesreća, ako to nije slučaj, poduzimaju se daljnje mjere.

4.1.4.2. Određivanje opasnih mjesta u Belgiji

U Belgiji se opasnim naziva mjesto na kojem su u posljednje tri promatrane godine zabilježene tri ili više prometnih nesreća. Osim navedenog, svako mjesto smatra se opasnim ako je njegova prioritetna vrijednost (P) jednaka ili veća od 15, a koja se dobiva prema izrazu [8]:

$$P = X + 3 \cdot Y + 5 \cdot Z \geq 15 \tag{18}$$

gdje je:

X – ukupni broj lakše ozlijeđenih

Y – ukupan broj teško ozlijeđenih

Z – ukupan broj smrtno stradalih osoba.

Smatra se da su osobe koje su provele u bolnici više od 24 sata, zadobile teške ozljede, a smrtonosnim ozljedama se smatraju ozljede od kojih je žrtva preminula u roku od 30 dana od posljedica te prometne nesreće. Za identifikaciju se koristi razdoblje od tri godine, a dužina lokacija nije veća od 100 [m]. U Belgiji se pokušava uzimati u obzir težina nesreća. Dakle, mjesto na kojem su se dogodile dvije prometne nesreće sa smrtnim posljedicama i jedna s teško ozlijeđenima, dobiva prioritetnu vrijednost 14, dok mjesto na kojem je došlo do deset prometnih nesreća s lakše ozlijeđenima, dobiva vrijednost od 10 bodova [8].

4.1.4.3. Određivanje opasnih mjesta u Danskoj

Identifikacija opasnih mjesta na cestama u Danskoj oslanja se na dosta detaljnu klasifikaciju sustava cesta na različite tipove dionica i raskrižja. U identificiranju opasnih mjesta se koristi test baziran na Poissonovoj raspodjeli. Minimalan broj prometnih nesreća da bi se neko mjesto smatralo opasnim je četiri nesreće u periodu od pet godina. Ocjene "normalnog broja" prometnih nesreća na različitim dijelovima ceste dobivaju se primjenom modela za predviđanje. Pretpostavimo da je "normalan broj" nesreća na nekom mjestu ocijenjen kao 2,8 (tijekom pet godina), a da je registrirano pet nezgoda. U Poissonovoj raspodjeli, vjerojatnost da će se dogoditi najmanje pet nesreća, imajući u vidu srednji broj od 2,8, ima vrijednost 0,152, što znači da se ovo mjesto ne može klasificirati kao opasno [18].

4.1.4.4. Određivanje opasnih mjesta u Mađarskoj

U Mađarskoj se 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 tri godine na dionici ceste manjoj od 1000 metara. Unutar naselja opasno je mjesto lokacija gdje su zabilježene barem četiri prometne nesreće tijekom tri godine na dionici ceste manjoj od 100 metara [19].

4.1.4.5. Određivanje opasnih mjesta u Norveškoj

Norveška opasnim mjestom smatra svaku dionicu ceste dužine ne veće od 100 [m] s najmanje četiri prometne nesreće s ozlijeđenima registrirane u prethodnih pet godina. Pored toga, opasnim mjestom smatra se svaka dionica ceste, ne duža od 1000 [m], s najmanje deset prometnih nesreća s ozlijeđenima registriranih u prethodnih pet godina. Nakon identificiranja, opasna mjesta se rangiraju prema procjeni troškova nesreća, procjeni očekivanog broja nesreća i troška svih nesreća za slična opasna mjesta [8].

Za mjesta koja su visoko rangirana, provodi se detaljno istraživanje koje obuhvaća detaljnu analizu prometnih nesreća, izlazak na mjesto nesreće radi obavljanja prometno-kriminalističkih pokusa zbog provjere okolnosti koje su uzrokovale nesreću i promatranja ponašanja korisnika na rizičnim dionicama. Na temelju detaljne analize, predlažu se mjere za poboljšanje sigurnosti te procjenjuju troškovi i učinci već provedenih mjera [8].

4.1.4.6. Određivanje opasnih mjesta u Njemačkoj

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 [19].

4.1.4.7. Određivanje opasnih mjesta u Portugalu

Portugal koristi dvije definicije opasnih mjesta. Prva definira opasno mjesto kao dionicu ceste dužine do 200 [m], s pet ili više prometnih nesreća i težinom pokazatelja većom od 20 u razdoblju od jedne godine. Indeks težine računa se prema izrazu:

$$Pz = 100 \cdot So + 10 \cdot To + Lo \geq 15 \tag{19}$$

gdje je:

So – broj smrtno stradalih

To – broj teško ozlijeđenih

Lo – broj lakše ozlijeđenih.

Prema drugoj definiciji opasno mjesto je područje gdje je očekivani broj prometnih nesreća veći nego u sličnim područjima uzimajući u obzir različite karakteristike ceste specifične za to područje.

4.1.4.8. Određivanje opasnih mjesta u Švicarskoj

Opasnim mjestom u Švicarskoj se smatra svako mjesto s registriranim brojem prometnih nesreća značajno iznad srednjeg broja prometnih nesreća na sličnim mjestima. Slična mjesta se definiraju klasificiranjem cesta na različite tipove dionica i križanja. U svakoj grupi se ocjenjuju stope prometnih nesreća. Na temelju dobivenih stopa definiraju se kritične vrijednosti za minimalan registrirani broj prometnih nesreća u periodu od dvije godine da bi mjesto bilo klasificirano kao opasno. Na autocestama je kritičan broj deset za sve prometne nesreće, četiri za nesreće s ozlijeđenima i dvije za nesreće s poginulima. Na izvangradskim cestama je kritična vrijednost osam za sve nesreće, četiri za nesreće s ozlijeđenima i dva za nesreće s poginulima. Na raskrižjima u naseljenim mjestima kritična vrijednost je deset za sve nesreće, šest za nesreće s ozlijeđenima i dva za nesreće s poginulima. Dužina opasnih mjesta na cestama, izuzevši kada su u pitanju križanja, kreće se između 100 [m] i 500 [m], ovisno o obujmu prometa [8].

4.1.5. Upravljanje opasnim mjestima

Autori u svom radu [22] opisuju kompletne sustave upravljanja opasnim mjestima koji obuhvaćaju detaljnu analizu identificiranih opasnih mjesta te njihov utjecaj na sigurnost cestovnog prometa na promatranom području. Iako imaju isti cilj, opisani sustavi se bitno razlikuju prema duljini promatranih lokacija.

Jedan od tih sustava je "Black spot management" (BSM), odnosno sustav upravljanja opasnim mjestima, koji se sastoji od identifikacije, analize i saniranja opasnih mjesta. Ovaj sustav ima dugu tradiciju u prometnom inženjerstvu u mnogim državama Europske unije, te se još uvijek smatra kao vrlo važan dio održavanja sigurnosti prometa na specifičnim lokacijama, koje obavljaju odgovorna nadležna tijela [22].

U zadnje vrijeme, u sve više i više zemalja, BSM sustav je dopunjavan sigurnosnom analizom cestovnih mreža, odnosno "Network safety management" (NSM) sustavom. NSM sustav razlikuje se od BSM sustava tako da se fokusira na dulje dijelove ceste od 2-10 [km], dok se BSM sustav odnosi na lokacije do 0,5 [km] [22].

Prema [22], BSM sustav, kao i NSM sustav, tipično je podijeljen u 10 više ili manje nezavisnih faza:

1. prikupljanje podataka – prikupljanje podataka o cestama, prometnom opterećenju i prometnim nesrećama
2. podjela – podjela cestovne mreže na različite cestovne elemente i lokacije
3. identifikacija – identifikacija i rangiranje opasnih mjesta, odnosno opasnih dionica
4. analiza – analiza u uredu i na terenu
5. sanacija – predlaganje sanacije za stvarna opasna mjesta, odnosno stvarne opasne dionice
6. predprocjena – predprocjena predložene sanacije
7. rangiranje – rangiranje projekta i lokacije za sanaciju
8. implementacija – implementacija i postupak sanacije
9. ocjena 1 – ocjena učinkovitosti sanacije
10. ocjena 2 – ocjena prometne sigurnosti.

BSM i NSM dva su jako slična sustava. Oba sustava se temelje na sličnim metodama rješavanja problema pojedinih faza u cijelom procesu, no različita su u pogledu duljine promatranih lokacija. Dok BSM sustav identificira samo kraće lokacije, kao što su pojedini zavoji, mostovi, tuneli ili križanja, NSM sustav se odnosi na lokacije duljina od 2-10 [km], gdje se praktički upravlja sigurnošću cijelih dionica na nekoj cesti.

Zbog sličnosti podataka i metoda koje upotrebljavaju, BSM i NSM sustavi se mogu koristiti zasebno i kombinirano. Na primjer, u nekim europskim zemljama koje su dugo

vremena koristile BSM sustav, odlučeno je da će ga se zamijeniti s NSM sustavom. Razlog zbog čega je došlo do zamjene je taj što su u tim zemljama već uspješno identificirali i sanirali postojeća opasna mjesta, te sad NSM sustav koriste samo za održavanje prometne sigurnosti. S druge strane, u nekim europskim zemljama koje također dugo vremena koriste BSM sustav, on nije zamijenjen, već samo nadopunjen s NSM sustavom.

Preporuka autora [22] je postepeni prijelaz s BSM sustava na NSM sustav, pri čemu bi se u jednom periodu koristila oba sustava upravljanja. Na kraju tog perioda bi se trebalo fokusirati samo na NSM, pod pretpostavkom da su postojeća opasna mjesta već identificirana i sanirana.

Autor [22] navodi da se BSM i NSM sustavi mogu kombinirati na tri načina:

- nezavisno – BSM i NSM sustavi se provode potpuno nezavisno, što znači da se rezultati jednog sustava ni na koji način ne uzimaju u obzir pri provođenju drugog sustava
- djelomično zavisno – BSM i NSM sustavi se provode djelomično zavisno, što znači da se samo neki od rezultata jednog sustava mogu uzeti u obzir pri provođenju drugog sustava
- potpuno zavisno – BSM i NSM sustavi se provode potpuno zavisno, što znači da se svi rezultati jednog sustava uzimaju u obzir pri provođenju drugog sustava.

4.1.6. Metode predviđanja opasnih mjesta

U zadnje vrijeme sve se više počinju koristiti suvremene metode predviđanja opasnih mjesta koje na temelju procjene očekivanog broja prometnih nesreća i predviđanja nastanka prometnih nesreća pokušavaju identificirati opasna mjesta.

Jedna od takvih metoda je empirijska Bayesova metoda, u kojoj se očekivani broj prometnih nesreća na određenoj lokaciji procjenjuje ponderiranjem registriranog broja nesreća i općeg očekivanog broja nesreća za slične lokacije, procijenjenog pomoću modela za predviđanje nesreća. Ova metoda je prikazana izrazom [22]:

$$E(\lambda/r) = \alpha \cdot \lambda + (1 - \alpha) \cdot r \tag{20}$$

gdje je:

$E(\lambda/r)$ – očekivani broj prometnih nesreća na određenoj lokaciji

α – parametar težine

λ – opći očekivani broj nesreća prema procjeni modela za predviđanje

r – registrirani broj nesreća na lokaciji.

U provedenim istraživanjima koja navode autori u [22], dokazano je teorijski, empirijski i pomoću simulacije, da je najpouzdanija metoda identificiranja opasnih mjesta upravo empirijska Bayesova metoda. Tome u prilog ide i činjenica da se navedena metoda trenutno koristi kao jedna od službenih metoda identifikacije opasnih mjesta u Portugalu.

Ovakvi modeli predviđanja opasnih mjesta zahtijevaju velike količine podataka o karakteristikama lokacija koje se promatraju, te se zbog neadekvatnih podataka navedena metodologija još ne može primijeniti u Republici Hrvatskoj.

4.2. DEFINIRANJE RELEVANTNIH KRITERIJA PRI IDENTIFIKACIJI OPASNIH MJESTA

Identifikacija opasnih mjesta u cestovnom prometu predstavlja proces određivanja lokacije s natprosječnim brojem prometnih nesreća. Lokacije koje se kompariraju moraju biti tehnički usporedive jer je u svrhu dobivanja relevantnih podataka potrebno uspoređivati samo lokacije sličnih karakteristika. Prije same identifikacije lokacija, nužno je odrediti kriterije na temelju kojih bi se mogla tražena lokacija vrednovati. Iz prikazane analize te međunarodnih iskustava, uočava se da su osnovni i jedini kriteriji koje je potrebno definirati prije bilo kakvog oblika istraživanja prometne sigurnosti, s obzirom na identifikaciju opasne lokacije [8]:

- duljina promatrane dionice
- vremenski period promatranja
- broj prometnih nesreća.

Ovi kriteriji se koriste u svakoj metodi identifikacije opasnih mjesta, ali kako je već prikazano, mogu se koristiti na različite načine i primjenom različitih postupaka. Ovisno o metodi i državi u kojoj se upotrebljava, moguće je koristiti i druge kriterije ili definirati određene koeficijente kao pokazatelje prometne sigurnosti, ali navedena tri kriterija uvijek čine osnovu svake metode.

4.2.1. Kriterij "Duljina promatrane dionice"

Kako bi se proces identifikacije opasnih mjesta proveo na što je moguće precizniji način, potrebno je po mogućnosti, podijeliti cestu na segmente istih karakteristika i uspoređivati međusobno samo iste elemente ceste kao npr. zavoje, mostove, tunele, ravne dijelove ceste i sl.

Pri identifikaciji opasnih mjesta ceste se mogu promatrati kao cjelokupne dionice ili kao odvojeni segmenti ceste. Poželjno je odvajanje prometnih raskrižja i križanja sličnih karakteristika, ravnih odsječaka cesta, kružnih tokova i sličnih specifičnih dijelova cesta, kako bi se u budućim analizama olakšala usporedba sa sličnim lokacijama.

Raskrižje je prometna površina na kojoj se u istoj razini ili na različitim razinama križaju dvije ili više cesta ili na kojoj se više cesta spaja u širu prometnu površinu. Spajanje

s poljskim putovima ili cestama od manjeg značaja mogu se pronaći putem podataka o kilometrima i/ili koordinatama. U urbanim mjestima točkama raskrižja/čvorišta pridružuju se one nesreće koje se događaju do 20 [m] od sljedeće točke sjecišta rubova cesta koje se međusobno križaju ili do prometnih znakova koji upozoravaju na križanje ili neki drugi cestovni element. Na otvorenoj cesti važno je provjeriti nije li područje utjecaja raskrižja veće [3].

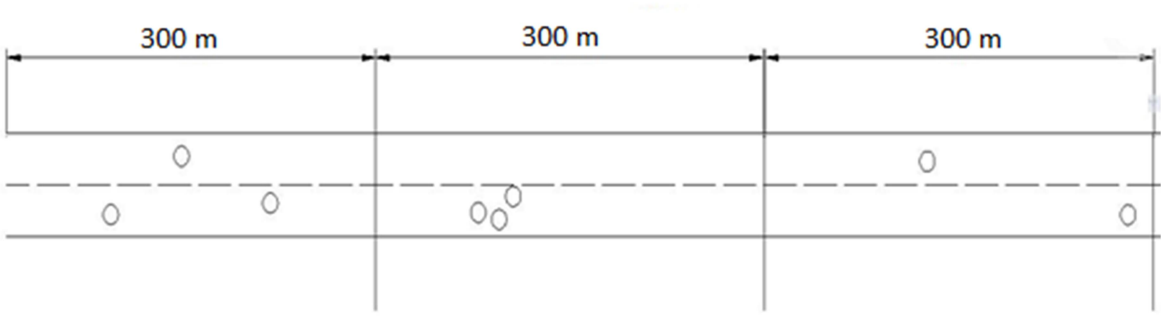
U naseljenim sredinama, potrebno je podijeliti cestovne pravce na raskrižja i ravne poteze ceste te, osim podataka o svim karakteristikama ceste, zabilježiti podatke o lokaciji prometnih nesreća putem podataka o adresi ulica (ukoliko je nesreća bila na raskrižju više ulica), ali i koordinatama [7].

Kod ruralnih područja, također je potrebno podijeliti cestovne pravce koji se razvrstavaju na ravne dijelove, zavoje sličnih polumjera, mostove, tunele i sl. U ruralnim područjima, podatke o lokaciji nesreće potrebno je bilježiti putem adresa, stacionaža te koordinata u odgovarajućim prozorima za pretraživanje duljina od 50 do 300 [m] [7].

Koncentraciju prometnih nesreća te identifikaciju opasnih mjesta na određenoj duljini promatrane dionice moguće je promatrati na dva načina [8]:

- segmentiranjem dionice na fiksne dijelove određene dužine, unutar kojih se identificiraju opasna mjesta
- segmentiranje dionice metodom "Sliding window"

Segmentiranje dionice na fiksne dijelove određene dužine podrazumijeva dijeljenje promatrane dionice na fiksne dijelove, dužine, npr., 1 [km], koji su postavljeni jedan iza drugog. Na taj će način, npr. dionica od 10 [km], biti podijeljena u 10 dionica od jednog kilometra dužine [7].

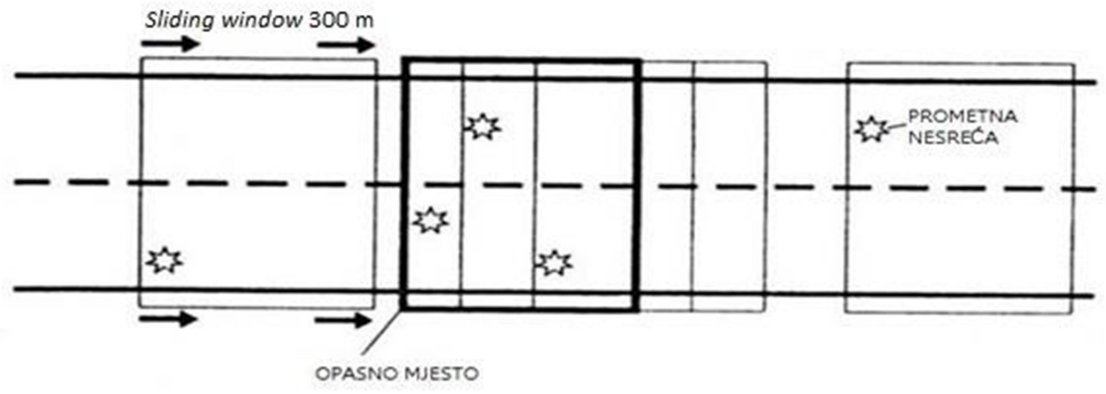


Slika 4.3. Prikaz segmentiranja ceste na fiksne dijelove

Izvor: [7]

Segmentiranje dionice metodom "Sliding window" podrazumijeva da će se na promatranoj dionici odrediti okvir određene dužine koji će grupirati dionice, u rasponu svog okvira, na kojima postoji koncentracija prometnih nesreća. Važno je naglasiti da

"Sliding window" metoda ne uzima u obzir lokacije bez prometnih nesreća, već lokacije s minimalno jednom prometnom nesrećom [7].



Slika 4.4. Prikaz načina rada "Sliding window" metode

Izvor: [7]

"Sliding window" metoda koristi se u sljedećim europskim državama: Austrija, Danska, Portugal, Mađarska, Norveška, Slovenija te Belgija. Pojedini autori u svojim radovima naglašavaju da ova metoda nije u potpunosti relevantna za korištenje budući da uvijek ima tendenciju grupiranja što većeg broja prometnih nesreća čime povećava broj opasnih mjesta zbog čega postoji opasnost od identificiranja tzv. lažnih opasnih mjesta. Ako se u blizini identificiranih opasnih mjesta nalaze druga opasna mjesta u okviru definiranog prozora za promatranje, ona se uključuju u identifikaciju, što znači da se kod preklapanja prozora za promatranje čitavo područje smatra područjem jednog opasnog mjesta [7].

4.2.2. Kriterij "Period promatranja"

Važan kriterij za stvaranje pouzdane identifikacije cestovne dionice, koja ima statistički značajan stupanj nesreća, je utvrđivanje vremenskog razdoblja u kojem su analize provedene. Pri bilo kojem pokušaju identificiranja trebalo bi uzeti u obzir sljedeće [3]:

- razdoblje analize bi trebao biti dovoljno dugo, da bi se utvrdili čimbenici nesreća, te je utvrđeno da u većini slučajeva period od 3-5 godina garantira pouzdanost analize
- na mjestima, gdje su se desile iznenadne promjene u stopama nesreća, korisno je analizirati kraći vremenski period u trajanju od jedne godine ili manje, da bi se utvrdili specifični razlozi i mehanizmi koji uzrokuju prometne nesreće
- da bi se izbjegle neravnomjernosti izazvane sezonskim promjenama, važno je da se promatranja vrše nekoliko godina
- nakon četiri ili pet godina kašnjenja, podaci o nesrećama i/ili održavanju možda ne bi prikazali stvarno stanje ceste i prometa ili razvoja bliskih aktivnosti i ponašanja korisnika. Zbog toga, ukoliko je moguće, važno je koristiti dva razdoblja analize. Prvi period u trajanju od tri do pet godina, kojim se osigurava pouzdanost uzorka, i

drugi period u trajanju od jedne godine, koji će omogućiti otkrivanje promjena u broju nesreća izazvanih zbog novih faktora.

4.2.3. Kriterij "Broj prometnih nesreća"

Broj prometnih nesreća je kriterij koji najviše varira te je usko povezan s parametrom duljine dionice te periodom promatranja. Osnovni uvjet kod ovog kriterija je utemeljenost na statističkim podacima te, korištenje neke od statističkih metoda da bi kriterij bio relevantan i znanstveno utemeljen [7].

Pojedini autori preporučuju da se minimalni broj prometnih nesreća pri identifikaciji opasnih mjesta definira na temelju očekivanog broja prometnih nesreća, a ne na temelju registriranog broja prometnih nesreća.

Neke od Europskih zemalja uzimaju tri prometne nesreće u kraćem vremenskom periodu (Belgija, Austrija, Njemačka), ali ih onda uvjetuju i težinom prometnih nesreća. Najčešće se uzimaju četiri prometne nesreće (Danska, Austrija, Mađarska, Norveška), ali je vidljivo da su period promatranja i duljina dionica različiti od zemlje do zemlje. Međunarodna iskustva pokazuju da se u slučaju usvajanja kriterija od pet prometnih nesreća, (Njemačka, Austrija, Portugal), u obzir uzima kraća duljina promatrane dionice te kraći vremenski period [8].

Vidljivo je da se minimalan broj prometnih nesreća ne može standardizirati te da je ovaj kriterij ovisan o drugim elementima, prvenstveno o prethodno opisanim osnovnim kriterijima, odnosno duljini promatrane dionice te periodu promatranja.

5. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA NA DRŽAVNOJ CESTI D8 PRIMJENOM RATE QUALITY CONTROL METODE

Svrha ovog diplomskog rada je provesti istraživanje u kojem će se identificirati opasna mjesta na državnoj cesti D8. Prema statističkim podacima o broju prometnih nesreća na državnim cestama u Republici Hrvatskoj, koje na godišnjoj razini obrađuje tvrtka Hrvatske ceste d.o.o., najviše prometnih nesreća se događa upravo na državnoj cesti D8.

Mnoga dosadašnja istraživanja okarakterizirala su državnu cestu D8 kao najopasniju cestu u Republici Hrvatskoj. U prilog tome idu podaci EuroRAP projekta prema kojima je cesta ocijenjena izrazito opasna za motocikliste, pješake, vozače i putnike u vozilu. Cestovni segmenti izrazito visoke razine rizika za nastanak prometne nesreće su za vozače i putnike u vozilu identificirani na gotovo 1/4 ukupne duljine ceste. Situacija za motocikliste i pješake još je gora. Više od 4/5 dionica ceste D8 nalazi se ispod prihvatljive razine rizika za motocikliste, dok je za pješake velika opasnost od teškog i smrtnog stradavanja utvrđena na čak oko 9/10 ukupne duljine promatrane ceste.

Prema istraživanju autora [23], promatrajući ukupan broj prometnih nesreća, kao i broj nesreća s poginulim osobama, broj nesreća s ozlijeđenim osobama te broj prometnih nesreća s materijalnom štetom, za period od 2012.-2014. godine, državna cesta D8 se nalazi uvjerljivo na prvom mjestu (tablica 5.1.).

Tablica 5.1. Državne ceste u RH s najvećim brojem prometnih nesreća za razdoblje od 2012. – 2014. godine

Državna cesta	***Ukupna duljina [km]***	***PGDP***	***Ukupan broj PN***	***PN s obzirom na posljedice***		
				PN s poginulima	***PN s ozlijeđenima***	***PN s materijalnom štetom***
D8	*643,8*	*4909*	*3236*	*69*	*1343*	*1824*
D1	*421,2*	*5249*	*1179*	*27*	*394*	*758*
D3	*218,4*	*4697*	*566*	*10*	*177*	*379*
D2	*347,5*	*5978*	*467*	*13*	*196*	*258*
D7	*115,2*	*4537*	*381*	*6*	*156*	*219*
D102	*48,1*	*8309*	*323*	*7*	*65*	*251*
D66	*90,1*	*4578*	*241*	*6*	*96*	*139*
D106	*73,8*	*2747*	*235*	*5*	*69*	*161*
D38	*120,7*	*1428*	*215*	*3*	*84*	*128*
D41	*82,9*	*2911*	*212*	*0*	*100*	*112*

Izvor: [23]

Isti autor [23], je u svom istraživanju, također koristeći Rate Quality Control metodu, napravio klasifikaciju državnih cesta u Republici Hrvatskoj prema stanju sigurnosti za

razdoblje od 2012.-2014. godine. Analiza je obuhvatila 116 državnih cesta, te su iste klasificirane prema stupnju opasnosti, odnosno omjeru između stope prometnih nesreća i kritične razine prometnih nesreća (C_R/C_{CR}). Klasifikacija je također podijeljena prema ukupnom broju prometnih nesreća i prema broju prometnih nesreća s poginulim osobama.

Prema ukupnom broju prometnih nesreća identificirano je 20 opasnih državnih cesta, među kojima se nalazi i državna cesta D8. S ukupno 3236 prometnih nesreća, državna cesta D8 nalazi se na 16. mjestu.

Promatrajući broj prometnih nesreća s poginulim osobama, identificirane su ukupno 4 opasne državne ceste, među kojima se također nalazi i državna cesta D8. S ukupno 69 prometnih nesreća s poginulim osobama, državna cesta se nalazi na 4. mjestu.

Istraživanje koje je proveo autor [23] ide u prilog provedenom istraživanju u ovom radu, kao i mnogim drugim istraživanjima koja su se bavila ocjenom sigurnosti državnih cesta u Republici Hrvatskoj, jer je još jednom pokazalo da državna cesta D8 spada među najopasnije ceste u Republici Hrvatskoj.

Upravo zbog navedenog, državna cesta D8 je odabrana za analizu u svrhu identifikacije cestovnih segmenata s visokom razinom rizika za nastanak prometnih nesreća. Ovim postupkom će se ukazati na lokacije na kojima je potrebno provesti određene mjere sanacije s ciljem povećanja sigurnosti prometa i smanjenja broja prometnih nesreća.

Kao relevantna metoda za identifikaciju opasnih mjesta na državnoj cesti D8 odabrana je Rate Quality Control metoda, odnosno statistička metoda pojašnjena u poglavlju 4.1.1.3., koja na temelju broja prometnih nesreća te prometnog opterećenja na promatranoj lokaciji određuje kritičnu razinu nastanka prometnih nesreća. Ako stopa prometnih nesreća prelazi kritičnu razinu definiranu ovom metodom, određena lokacija se smatra identificiranim opasnim mjestom. Proces provedbe identifikacije opasnog mjesta prikazan je na slici 5.1.



Slika 5.1. Proces provedbe identifikacije opasnog mjesta

Izvor: [7]

5.1. DEFINIRANJE PARAMETARA

Za potrebe identifikacije opasnih mjesta na državnoj cesti D8 korišteni su podaci tvrtke Hrvatske ceste d.o.o., za razdoblje od 2014. do 2016. godine:

- podaci o prometnim nesrećama
- podaci o prometnom opterećenju.

Podaci o prometnim nesrećama sadrže sljedeće atribute [20]:

- oznaka dionice
- stacionaža [km]
- datum
- vrijeme
- općina
- nadležna policijska uprava
- posljedice nesreće (s materijalnom štetom ili s ozlijeđenim osobama)
- vrsta nesreće
- okolnosti nesreće
- karakteristike ceste
- stanje kolnika
- regulacija prometa
- uvjeti vidljivosti
- atmosferske prilike
- tip ozljede.

Pri obradi podataka nisu korišteni svi od navedenih atributa, već samo oni relevantni za odabranu metodologiju identifikacije opasnih mjesta, a to su stacionaže i posljedice prometnih nesreća.

Podaci o prometnom opterećenju preuzeti su iz godišnjih izvještaja o brojenju prometa na cestama Republike Hrvatske, te oni sadrže prosječan godišnji dnevni promet (PGDP) i prosječan ljetni dnevni promet (PLDP) za svaku dionicu državne ceste D8.

Određen je period promatranja u trajanju 3 godine, odnosno proces identifikacije opasnih mjesta obuhvaća sve prometne nesreće koje su se dogodile u razdoblju od početka 2014. do kraja 2016. godine.

5.2. PRETRAŽIVANJE LOKACIJA

Za potrebe identifikacije opasnih mjesta, na trasi državne ceste D8 "Sliding window" metodom su izdvojene lokacije s minimalno jednom prometnom nesrećom. Lokacije su potom podijeljene u tri kategorije, ovisno o duljini lokacije. U tablici 5.2. prikazani su podaci o broju izdvojenih lokacija, ukupnom broju prometnih nesreća te broju prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama, ovisno o duljini lokacije.

Tablica 5.2. Izdvojene lokacije i broj prometnih nesreća s obzirom na duljinu lokacije

Duljina lokacije [m]	***Broj lokacija***	***Ukupan broj prometnih nesreća***	***Broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama***
0	*321*	*336*	*158*
1 - 49	*37*	*86*	*38*
50 - 300	*675*	*3047*	*1236*
Ukupno	*1033*	*3469*	*1432*

Izvor: obrada autora prema bazi podataka Hrvatskih cesta [20]

Pri obradi podataka zanemarene su lokacije duljine 0 [m] te su za daljnji proračun u obzir uzete lokacije s duljinama 1-49 [m] i 50-300 [m]. Prema tome, od ukupno 1033 lokacije, razmotreno je 712 lokacija s barem jednom prometnom nesrećom.

5.3. STATISTIČKO ISPITIVANJE OPASNOSTI DEFINIRANIH LOKACIJA

Prvi korak u statističkom ispitivanju opasnosti definiranih lokacija podrazumijeva definiranje stope prometnih nesreća na svakoj lokaciji promatrane ceste. Stopa prometnih nesreća može se definirati kao omjer između broja prometnih nesreća i mjere izloženosti na promatranom području. Detaljan opis postupka za definiranje stope prometnih nesreća prikazan je u poglavlju 4.1.1.2.

Sljedeći korak statističkog ispitivanja podrazumijeva izračun kritične razine nastanka prometnih nesreća za svaku definiranu lokaciju na temelju prosječne stope prometnih nesreća svih lokacija, gdje je prosječna stopa prometnih nesreća obična aritmetička sredina stopa prometnih nesreća na definiranim lokacijama. Izračun kritične razine prometnih nesreća detaljno je opisan u poglavlju 4.1.1.3.

Pri definiranju kritične razine prometnih nesreća odabrana je razina značajnosti od 99 %, što prema tablici 4.1. znači da koeficijent k (koeficijent statističke razine značajnosti) iznosi 2,323.

Ako stopa prometnih nesreća na odabranoj lokaciji prelazi kritičnu razinu prometnih nesreća, smatra se da se prometne nesreće, statistički gledano, ne događaju slučajno, već da se radi o potencijalnom opasnom mjestu.

Prema opisanoj metodologiji, provedena je identifikacija opasnih mjesta na državnoj cesti D8, a rezultati su prikazani u tablici 5.3. Opasna mjesta su određena posebno za ukupan broj prometnih nesreća na lokacijama, posebno za broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama, a zatim i prema oba kriterija.

Tablica 5.3. Ukupan broj identificiranih opasnih mjesta na državnoj cesti D8

Duljina lokacije [m]	***Broj lokacija***	***Broj opasnih mjesta prema korištenom kriteriju***		
		Ukupan broj prometnih nesreća	***Broj nesreća s ozlijeđenim osobama***	***Oba kriterija***
1 - 49	*37*	*2*	*1*	*1*
50 - 300	*675*	*38*	*16*	*13*
Ukupno	*712*	*40*	*17*	*14*

Izvor: obrada autora prema bazi podataka Hrvatskih cesta [20], [21]

5.4. RANGIRANJE LOKACIJA

Za sve izdvojene lokacije na državnoj cesti D8, a u svrhu identifikacije opasnih mjesta, te zatim rangiranje i analizu, definirani su sljedeći parametri:

- prometno opterećenje na promatranoj lokaciji (Q_L)
- stopa prometnih nesreća (C_R)
- kritična razina prometnih nesreća (C_{CR})
- omjer između stope prometnih nesreća i kritične razine prometnih nesreća (C_R/C_{CR}).

Na temelju dobivenih rezultata, svaka lokacija na kojoj je stopa prometnih nesreća viša od kritične razine nastanka prometnih nesreća identificirana je kao opasna lokacija. Rezultati, odnosno opasna mjesta, potom su rangirana na temelju omjera između stope prometnih nesreća i kritične razine nastanka prometne nesreće.

5.4.1. Rangiranje lokacija s obzirom na ukupan broj prometnih nesreća

Na lokacijama duljine 1-49 [m], od njih ukupno 37, identificirane su dvije potencijalno opasne lokacije, koje su prikazane u tablici 5.4.

Tablica 5.4. Opasna mjesta prema ukupnom broju prometnih nesreća na lokacijama duljine 1-49 [m]

Rb	***Dionica***	***St. od***	***St. do***	***L [m]***	N_C	***PGDP***	Q_L	C_R	C_{CR}	$C_R > C_{CR}$	C_R/C_{CR}
1	*Senj - Stinica*	*22,067*	*22,069*	*2*	*3*	*3615*	*0,01*	*378,94*	*350,43*	***Da***	*1,08*
2	*Senj - Stinica*	*30,020*	*30,021*	*1*	*2*	*3615*	*0,00*	*505,25*	*503,77*	***Da***	*1,00*

Izvor: obrada autora prema bazi podataka Hrvatskih cesta [20], [21]

Na isti način, u tablici 5.5., prikazano je 38 detektiranih potencijalno opasnih mjesta na lokacijama duljine 50-300 [m], od ukupno 675 izdvojenih lokacija.

Tablica 5.5. Opasna mjesta prema ukupnom broju prometnih nesreća na lokacijama duljine 50-300 [m]

Rb	Dionica	St. od	St. do	L [m]	N_C	PGDP	Q_L	C_R	C_{CR}	$C_R>C_{CR}$	C_R/C_{CR}
1	GP Pasjak - Rupa	0,000	0,185	185	26	5484	1,11	23,40	7,86	**Da**	2,98
2	Rijeka - Bakar	0,569	0,855	286	44	7578	2,37	18,54	6,35	**Da**	2,92
3	Tisno - Šibenik	8,490	8,750	260	43	11696	3,33	12,91	5,85	**Da**	2,21
4	Karlobag - Paklenica	3,903	4,002	99	5	1104	0,12	41,78	19,87	**Da**	2,10
5	GP Zaton Doli - Zaton Doli	0,100	0,264	164	15	5118	0,92	16,32	8,36	**Da**	1,95
6	Matulji - Rijeka	7,040	7,339	299	27	7578	2,48	10,88	6,28	**Da**	1,73
7	Rijeka - Bakar	0,880	1,130	250	21	7578	2,07	10,12	6,57	**Da**	1,54
8	Bakar - Šmrika	0,325	0,450	125	8	3735	0,51	15,65	10,31	**Da**	1,52
9	Rijeka - Bakar	0,238	0,494	256	21	7578	2,12	9,89	6,53	**Da**	1,51
10	Drvenik - Baćina	22,724	0,104	138	7	2845	0,43	16,28	11,03	**Da**	1,48
11	Rijeka - Bakar	6,531	6,664	133	8	3735	0,54	14,71	10,07	**Da**	1,46
12	Rijeka - Bakar	1,531	1,819	288	21	7578	2,39	8,79	6,33	**Da**	1,39
13	Čibača - Karasovići	3,250	3,512	262	11	3371	0,97	11,37	8,22	**Da**	1,38
14	Karlobag - Paklenica	15,136	15,284	148	4	1104	0,18	22,36	16,24	**Da**	1,38
15	Rupa - Matulji	2,298	2,500	202	12	5484	1,21	9,89	7,65	**Da**	1,29
16	Rijeka - Bakar	1,223	1,513	290	19	7578	2,41	7,90	6,32	**Da**	1,25
17	Čibača - Karasovići	5,030	5,300	270	10	3371	1,00	10,03	8,14	**Da**	1,23
18	Matulji - Rijeka	9,098	0,210	296	19	7578	2,46	7,74	6,29	**Da**	1,23
19	Šibenik - Seget Donji	28,145	28,252	107	6	3877	0,45	13,21	10,79	**Da**	1,22
20	Karasovići - GP Karasovići	3,150	3,350	200	8	3371	0,74	10,84	9,01	**Da**	1,20
21	Kraljevica - Senj	5,600	5,900	300	11	3735	1,23	8,97	7,62	**Da**	1,18
22	Kraljevica - Senj	22,700	23,000	300	19	8076	2,65	7,16	6,17	**Da**	1,16
23	Čibača - Karasovići	14,500	14,600	100	5	3371	0,37	13,55	11,74	**Da**	1,15
24	Matulji - Rijeka	7,710	7,884	174	12	7578	1,44	8,31	7,26	**Da**	1,14
25	Kraljevica - Senj	4,400	4,495	95	5	3735	0,39	12,87	11,49	**Da**	1,12
26	Kraljevica - Senj	6,431	6,600	169	7	3735	0,69	10,13	9,22	**Da**	1,10
27	Opuzen - GP Klek	17,250	0,050	273	12	5118	1,53	7,84	7,14	**Da**	1,10
28	Matulji - Rijeka	4,316	4,382	66	6	7578	0,55	10,96	10,04	**Da**	1,09
29	Kraljevica - Senj	2,000	2,100	100	5	3735	0,41	12,23	11,26	**Da**	1,09
30	Čibača - Karasovići	10,700	10,850	150	6	3371	0,55	10,84	10,00	**Da**	1,08
31	Prizna - Karlobag	11,678	11,800	122	3	1235	0,16	18,18	16,89	**Da**	1,08
32	Bakar - Šmrika	3,372	3,589	217	8	3735	0,89	9,01	8,46	**Da**	1,07
33	Šibenik - Seget Donji	2,750	2,926	176	9	5530	1,07	8,44	7,97	**Da**	1,06
34	Matulji - Rijeka	8,713	8,956	243	14	7578	2,02	6,94	6,62	**Da**	1,05
35	Karlobag - Paklenica	10,655	10,900	245	4	1104	0,30	13,51	12,89	**Da**	1,05
36	Matulji - Rijeka	6,733	7,027	294	16	7578	2,44	6,56	6,30	**Da**	1,04
37	Čibača - Karasovići	7,650	7,700	50	3	3371	0,18	16,25	16,00	**Da**	1,02
38	Čibača - Karasovići	24,549	24,600	51	3	3371	0,19	15,94	15,85	**Da**	1,01

Izvor: obrada autora prema bazi podataka Hrvatskih cesta [20], [21]

5.4.2. Rangiranje lokacija s obzirom na broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama

Pri identifikaciji opasnih mjesta s obzirom na broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama, za lokacije duljine 1-49 [m], samo je jedna lokacija označena kao potencijalno opasno mjesto (tablica 5.6.).

Tablica 5.6. Opasna mjesta prema broju prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama na lokacijama duljine 1-49 [m]

Rb	Dionica	St. od	St. do	L [m]	N_{ozlj}	PGDP	Q_L	C_R	C_{CR}	$C_R>C_{CR}$	C_R/C_{CR}
1	Senj - Stinica	30,020	30,021	1	2	3615	0,00	505,25	374,82	**Da**	1,35

Izvor: obrada autora prema bazi podataka Hrvatskih cesta [20], [21]

Također uzimajući u obzir prometne nesreće s ozlijeđenim osobama, ali na lokacijama duljine 50-300 [m], identificirano je ukupno 16 potencijalno opasnih mjesta.

Tablica 5.7. Opasna mjesta prema broju prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama na lokacijama duljine 50-300 [m]

Rb	Dionica	St. od	St. do	L [m]	N_{ozlj}	PGDP	Q_L	C_R	C_{CR}	$C_R>C_{CR}$	C_R/C_{CR}
1	Karlobag - Paklenica	3,903	4,002	99	3	1104	0,12	25,07	13,09	**Da**	1,92
2	Tisno - Šibenik	8,490	8,750	260	18	11696	3,33	5,41	2,88	**Da**	1,87
3	Matulji - Rijeka	7,040	7,339	299	11	7578	2,48	4,43	3,16	**Da**	1,40
4	Rijeka - Bakar	0,569	0,855	286	10	7578	2,37	4,21	3,21	**Da**	1,31
5	Matulji - Rijeka	7,710	7,884	174	7	7578	1,44	4,85	3,83	**Da**	1,27
6	Rupa - Matulji	2,298	2,500	202	6	5484	1,21	4,95	4,09	**Da**	1,21
7	Čibača - Karasovići	25,200	25,300	100	3	3371	0,37	8,13	6,98	**Da**	1,16
8	Rijeka - Bakar	0,880	1,130	250	8	7578	2,07	3,86	3,36	**Da**	1,15
9	Čvor Maslenica - Zadar	12,299	12,500	201	5	4429	0,97	5,13	4,47	**Da**	1,15
10	Čibača - Karasovići	5,030	5,300	270	5	3371	1,00	5,02	4,43	**Da**	1,13
11	Šibenik - Seget Donji	2,750	2,926	176	5	5530	1,07	4,69	4,31	**Da**	1,09
12	Drvenik - Baćina	22,724	0,104	138	3	2845	0,43	6,98	6,47	**Da**	1,08
13	Čibača - Karasovići	3,557	3,854	297	5	3371	1,10	4,56	4,26	**Da**	1,07
14	Čibača - Karasovići	7,650	7,700	50	2	3371	0,18	10,84	10,14	**Da**	1,07
15	Čibača - Karasovići	24,549	24,600	51	2	3371	0,19	10,62	10,02	**Da**	1,06
16	Rijeka - Bakar	1,531	1,819	288	8	7578	2,39	3,35	3,20	**Da**	1,05

Izvor: obrada autora prema bazi podataka Hrvatskih cesta [20], [21]

Sve prikazane lokacije su identificirane kao potencijalno opasna mjesta, te su rangirane prema stupnju opasnosti, odnosno prema omjeru između stope prometnih nesreća i kritične razine nastanka prometne nesreće. Što je stupanj opasnosti veći, to je opasno mjesto rangirano višom pozicijom u tablici.

6. ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA IDENTIFIKACIJE OPASNIH MJESTA

Primjenom Rate Quality Control metode identifikacije opasnih mjesta na državnoj cesti D8 te razmatrajući ukupan broj prometnih nesreća, od ukupno 712 lokacija, njih 40 su identificirane kao potencijalno opasne, što čini 5,6 % svih lokacija. Kada se u obzir uzmu samo prometne nesreće s ozlijeđenim osobama, identificirano je ukupno 17 lokacija, ili 2,4 % od ukupnog broja promatranih lokacija.

6.1. ANALIZA IDENTIFICIRANIH OPASNIH MJESTA S OBZIROM NA UKUPAN BROJ PROMETNIH NESREĆA

Prema tablici 5.4., odnosno na lokacijama duljine 1-49 [m] te prema ukupnom broju prometnih nesreća, identificirane su dvije potencijalno opasne lokacije, i to na istoj dionici državne ceste D8 – Senj-Stinica. Iako je na tim lokacijama registrirano samo tri, odnosno dvije prometne nesreće, korištenom metodologijom su identificirane kao opasne zbog njihovih kratkih duljina (2 [m] i 1 [m]) i relativno malog PGDP-a.

Na lokacijama duljina 50-300 [m], također uzimajući u obzir ukupan broj prometnih nesreća, identificirano je ukupno 38 potencijalno opasnih mjesta. Analizirajući podatke iz tablice 5.5., te promatrajući sam vrh tablice u kojem se nalaze opasna mjesta s omjerom između stope prometnih nesreća i kritične razine prometnih nesreća (C_R/C_{CR}) većim od 2, jasno se može vidjeti princip na temelju kojeg korištena metodologija određuje potencijalno opasna mjesta.

Kao najopasnije mjesto označena je lokacija na dionici GP Pasjak-Rupa (0,000-0,185), s ukupno 26 zabilježenih prometnih nesreća te s omjerom C_R/C_{CR} – 2,98. Na drugom i trećem mjestu su lokacije na dionicama Rijeka-Bakar (0,569-0,855) i Tisno-Šibenik (8,490-8,750). Iako se na tim lokacijama dogodilo skoro dvostruko više prometnih nesreća (44 i 43) u odnosu na najopasniju lokaciju, prema odabranoj metodologiji su niže rangirane zbog većeg PGDP-a i veće duljine lokacija.

Zanimljivo, na četvrtom mjestu je rangirana lokacija na dionici Karlobag-Paklenica (3,903-4,002), sa samo pet registriranih prometnih nesreća. Razlog tako visokoj poziciji u tablici je jako mali PGDP na spomenutoj dionici, te duljina lokacije od 99 [m]. Ova lokacija je jako dobar primjer koji pokazuje kako za identifikaciju opasnih mjesta nije dovoljno promatrati samo broj prometnih nesreća u nekom vremenskom periodu, već je potrebno uzeti u obzir i druge parametre, odnosno prometno opterećenje i duljinu promatrane lokacije.

Iz tablice 5.5. također se može vidjeti da se gotovo polovina identificiranih opasnih mjesta nalazi na samo tri dionice državne ceste D8: Matulji-Rijeka, Rijeka-Bakar i Čibača-Karasovići. Na svakoj od njih je identificirano po šest opasnih mjesta. Još se može primijetiti da su Matulji-Rijeka i Rijeka-Bakar dvije uzastopne dionice te da je na njihovoj zajedničkoj duljini od 24,5 [km] identificirano čak 12 potencijalno opasnih mjesta.

Detaljnije promatrajući te dvije dionice, primjećuje se niz identificiranih opasnih mjesta koja se pojavljuju sukcesivno jedno iza drugog. Počevši od kraja dionice Matulji-Rijeka, te nastavljajući se na dionicu Rijeka-Bakar, identificirano je ukupno sedam potencijalno opasnih mjesta na nepunih 2,3 [km] ceste. Iz tablice 6.1. vidi se da je na tom području registrirano ukupno 159 prometnih nesreća, od čega 45 s ozlijeđenim osobama.

Tablica 6.1. Primjer opasne dionice na državnoj cesti D8

Rb	Dionica	St. od	St. do	L [m]	N_C	N_{ozlj}
1	Matulji - Rijeka	8,713	8,956	243	**14**	**5**
2	Matulji - Rijeka	9,098	0,210	296	**19**	**7**
3	Rijeka - Bakar	0,238	0,494	256	**21**	**3**
4	Rijeka - Bakar	0,569	0,855	286	**44**	**10**
5	Rijeka - Bakar	0,880	1,130	250	**21**	**8**
6	Rijeka - Bakar	1,223	1,513	290	**19**	**4**
7	Rijeka - Bakar	1,531	1,819	288	**21**	**8**
Ukupno					**159**	**45**

Izvor: obrada autora prema bazi podataka Hrvatskih cesta [20], [21]

Ovakvi podaci ukazuju na to da je potrebno promatrati i opasne dionice koje su dulje od definiranih 300 [m] što je karakteristično za opasna mjesta.

6.2. ANALIZA IDENTIFICIRANIH OPASNIH MJESTA S OBZIROM NA BROJ PROMETNIH NESREĆA S OZLIJEĐENIM OSOBAMA

Uzimajući u obzir prometne nesreće s ozlijeđenim osobama na lokacijama duljine 1-49 [m], Rate Quality Control metodom je identificirano samo jedno potencijalno opasno mjesto, i to na dionici Senj-Stinica, koje se može vidjeti u tablici 5.6. Na prikazanoj lokaciji su registrirane samo dvije prometne nesreće s ozlijeđenim osobama, no zbog malog PGDP-a i duljine od 1 [m], lokacija je prema odabranom modelu identificirana kao opasna. Bitno je spomenuti da je ista lokacija također identificirana kao opasna i prema ukupnom broju prometnih nesreća.

U tablici 5.7. nalaze se identificirana opasna mjesta na lokacijama duljine 50-300 [m], uzimajući u obzir prometne nesreće s ozlijeđenim osobama. Od ukupno 16 identificiranih opasnih mjesta, kao najopasnije je okarakterizirano opasno mjesto na dionici Karlobag-Paklenica (3,903-4,002), s ukupno tri prometne nesreće s ozlijeđenim osobama i duljinom od 99 [m]. Navedena lokacija je rangirana na samom vrhu zbog jako malog prometnog opterećenja na promatranom području. Na drugom mjestu, prema odabranoj metodologiji, nalazi se opasno mjesto na dionici Tisno-Šibenik (8,490-8,750), s 18 prometnih nesreća i duljinom od 260 [m]. Iako je na ovoj lokaciji registrirano čak šest puta više nesreća nego na prethodnoj, rangirana je kao manje opasna zbog deset puta većeg prometnog opterećenja i skoro tri puta veće duljine.

Na trećem i četvrtom mjestu rangirana su opasna mjesta na dionicama Matulji-Rijeka (7,040-7,339) i Rijeka-Bakar (0,569-0,855). Obje lokacije su sličnih karakteristika, s duljinama od 299 [m] i 286 [m], te s 11, odnosno 10 prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama.

Promatrajući broj identificiranih opasnih mjesta na pojedinim dionicama državne ceste D8, s obzirom na prometne nesreće s ozlijeđenim osobama, izdvojena je dionica Čibača-Karasovići s pet potencijalno opasnih mjesta. Na svim opasnim lokacijama spomenute dionice registrirano je 17 prometnih nesreća.

Od ukupno 16 identificiranih opasnih mjesta duljina od 50 [m] do 300 [m], s obzirom na prometne nesreće s ozlijeđenim osobama, njih 13 su također identificirana kao opasna i s obzirom na ukupan broj prometnih nesreća. Preostala tri opasna mjesta su prikazana u tablici 6.2., iz koje se može primijetiti da su sve registrirane prometne nesreće na odabranim lokacijama sadržavale ozlijeđene osobe.

Tablica 6.2. Opasna mjesta identificirana s obzirom na broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama, no ne i s obzirom na ukupan broj prometnih nesreća

Rb	Dionica	N_C	N_{ozlj}	Ukupno prometnih nesreća				Prometne nesreće s ozlijeđenim osobama			
				C_R	C_{CR}	$C_R>C_{CR}$	C_R/C_{CR}	C_R	C_{CR}	$C_R>C_{CR}$	C_R/C_{CR}
1	Čibača - Karasovići	3	3	8,13	11,74	**Ne**	0,69	8,13	6,98	**Da**	1,16
2	Čvor Maslenica - Zadar	5	5	5,13	8,20	**Ne**	0,63	5,13	4,47	**Da**	1,15
3	Čibača - Karasovići	5	5	4,56	7,89	**Ne**	0,58	4,56	4,26	**Da**	1,07

Izvor: obrada autora prema bazi podataka Hrvatskih cesta [20], [21]

Iz toga se može zaključiti da prikazane lokacije, pri identifikaciji opasnih mjesta Rate Quality Control metodom, u oba slučaja, imaju istu vrijednost stope prometnih nesreća. Međutim, njihove kritične razine prometnih nesreća se razlikuju, i to zbog prosječnih vrijednosti stopa prometnih nesreća, na koje direktno utječe ukupan broj promatranih prometnih nesreća. Iz tablice 5.2. vidljivo je da za lokacije duljina 50-300 [m] ukupan broj prometnih nesreća iznosi 3047, dok broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama iznosi 1236. Iz tog razloga lokacije iz tablice 6.2. nisu identificirane kao opasna mjesta prema kriteriju ukupnog broja prometnih nesreća, već samo prema kriteriju broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama.

7. ZAKLJUČAK

Jedna od ključnih odrednica cijelog prometnog sustava, pa tako i cestovnog prometa, jest sigurnost svih korisnika u prometnoj mreži. Najbolji pokazatelj stanja sigurnosti u cestovnoj prometnoj mreži je broj prometnih nesreća, odnosno njihove posljedice.

U Republici Hrvatskoj se od 1994. godine raznim zakonskim regulativama i nacionalnim programima o sigurnosti cestovnog prometa nastoji povećati, odnosno nastaviti pozitivan rast sigurnosti cestovnog prometa. Osnovni cilj petog po redu "Nacionalnog programa sigurnosti cestovnog prometa", koji se provodi od 2011. godine, je do 2020. godine smanjiti broj poginulih osoba za 50 %, odnosno svesti broj poginulih osoba u prometu na 213 osoba.

Jedan od najboljih načina povećanja sigurnosti u cestovnom prometu, tj. smanjenja broja prometnih nesreća, je identifikacija i sanacija cestovnih segmenata na prometnoj mreži s izrazito visokom razinom rizika za nastanak prometne nesreće, odnosno tzv. opasnih mjesta. S obzirom na to da je u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2001. do 2015. godine na sanaciju 278 opasnih mjesta na državnim cestama utrošeno oko 264,6 milijuna kuna, može se zaključiti da je sanacija opasnih mjesta financijski zahtjevan projekt. Imajući to na umu, nužno je kvalitetno identificirati opasna mjesta kako bi utrošena financijska sredstva osigurala najveće moguće povećanje sigurnosti.

Kako bi se provela uspješna identifikacija opasnih mjesta, kao prvo potrebno je raspolagati s kvalitetnim podacima o prometnim nesrećama, a zatim i odabrati odgovarajuću metodu identifikacije. U ovom radu opisano je nekoliko metoda identifikacije opasnih mjesta te su prikazani različiti postupci koji se primjenjuju u nekim europskim zemljama.

Kao relevantna metoda identifikacije opasnih mjesta, za istraživanje provedeno u ovom radu, odabrana je Rate Quality Control metoda, odnosno statistička metoda koja na temelju broja prometnih nesreća te prometnog opterećenja na promatranoj lokaciji određuje kritičnu razinu nastanka prometnih nesreća. Odabrana metoda pokazuje visoku točnost jer se temelji direktno na statističkom testiranju opasnosti svake lokacije u usporedbi s drugom lokacijom sličnih karakteristika.

Prema statističkim podacima o broju prometnih nesreća na državnim cestama u Republici Hrvatskoj, koje na godišnjoj razini obrađuje tvrtka Hrvatske ceste d.o.o., najviše prometnih nesreća se događa na državnoj cesti D8. Nadalje, mnoga dosadašnja istraživanja, uključujući i EuroRAP projekt, okarakterizirala su državnu cestu D8 kao najopasniju cestu u Republici Hrvatskoj. Upravo zbog navedenog, za potrebe ovog rada, državna cesta D8 je odabrana kao referentna cesta za identifikaciju opasnih mjesta na kojima postoji visoka razina rizika za nastanak prometnih nesreća.

U procesu identifikacije opasnih mjesta na državnoj cesti D8 korištena su dva kriterija: ukupan broj prometnih nesreća i broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama. Također,

napravljena je podjela među lokacijama različitih duljina, i to tako da su odvojeno promatrane lokacije duljine 1-49 [m] i lokacije duljine 50-300 [m].

Koristeći Rate Quality Control metodu, na 712 izdvojenih lokacija na državnoj cesti D8, identificirana su ukupno 43 opasna mjesta. Prema kriteriju ukupnog broja prometnih nesreća identificirano je 40 opasnih mjesta, dok je prema kriteriju broja nesreća s ozlijeđenim osobama identificirano njih 17. Pojedine lokacije su identificirane prema oba korištena kriterija, točnije njih 14, iz čega bi se dalo zaključiti da su te lokacije identificirane s većom sigurnošću, te postoji veća vjerojatnost da se radi o stvarnim opasnim mjestima koje je potrebno što prije sanirati.

Dodatnom analizom rezultata ukazalo se i na postojanje opasne dionice, odnosno niza identificiranih opasnih mjesta koja se pojavljuju sukcesivno jedno iza drugog. Ovakvi podaci ukazuju na to da je potrebno promatrati i opasne dionice koje su dulje od definiranih 300 [m] što je karakteristično za opasna mjesta.

Sva opasna mjesta na državnoj cesti D8, identificirana Rate Quality Control metodom u ovom istraživanju, zapravo predstavljaju potencijalna opasna mjesta. Sljedeći korak u procesu identifikacije opasnih mjesta odnosio bi se na pregled i analizu lokacija na samom terenu, u cilju utvrđivanja da li su prometne nesreće na promatranoj lokaciji uzrokovane prometno-tehničkim nedostacima ceste. Ovim postupkom se procjenjuje da li se uistinu radi o opasnoj lokaciji na kojoj se određenim zahvatima mogu otkloniti opasnosti koje uzrokuju nastanak prometnih nesreća. Ako su potvrđeni određeni nedostaci ceste ili njene infrastrukture, identificirano opasno mjesto se potvrđuje kao stvarno opasno mjesto te se pristupa sanaciji promatrane lokacije, u cilju sprječavanja nastanka novih prometnih nesreća.

S obzirom na to da je na državnoj cesti D8 prikazanom metodologijom identificirano čak 43 potencijalno opasna mjesta, opisani postupak pregleda lokacija na terenu i utvrđivanja stvarnih opasnih mjesta bi se trebao provesti što je prije moguće, kako bi se na vrijeme moglo sanirati potvrđena opasna mjesta i tako postići zadovoljavajuću razinu prometne sigurnosti.

LITERATURA

[1] Fakultet prometnih znanosti: *Izvješće o razinama rizika na dionicama državne ceste D8 utvrđenim prema EuroRAP/iRAP RPS metodologiji*, Zagreb, 2015.

[2] Republika Hrvatska: *Zakon o sigurnosti prometa na cestama*, Narodne Novine 67/08, Zagreb, 2008.

[3] Zovak, G., Šarić Ž.: *Prometno tehničke ekspertize i sigurnost - autorizirana predavanja*, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2011.

[4] Cerovac, V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2001.

[5] Dragač R.: *Bezbednost drumskog saobračaja III*, Beograd, 1999.

[6] Lizatović, H.: *Nalet vozila na pješaka*, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.

[7] Fakultet prometnih znanosti: *Metodologija za identifikaciju opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži*, Zagreb, 2016.

[8] Šarić, Ž.: *Model identifikacije opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži*, Doktorski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2014.

[9] *Jadranska magistrala*. Dostupno na: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=28474 (18.04.2017.)

[10] *Google Maps*. Dostupno na: https://maps.google.com (18.04.2017.)

[11] *Hrvatske ceste d.o.o*. Dostupno na: www.hrvatske-ceste.hr (10.07.2017.)

[12] *Norwegian Public Roads Administration*. Dostupno na: http://www.vegvesen.no/en/Home (23.07.2017.)

[13] Gan, A., Haleem, K., Alluri, P., Saha, D.: *Standardization of Crash Analysis in Florida*, Lehman Center for Transportation Research, Miami, 2012.

[14] Stokes, R., Mutabazi, M.: *Rate-Quality Control Method of Identifying Hazardous Road Locations*, Transportation Research Record, vol. 1542, pp. 44-48, Transportation Research Board of the National Academies, 1996.

[15] Elvik, R.: *Comparative Analysis of Techniques for Identifying Locations of Hazardous Roads*, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 2083, Transportation Research Board of the National Academies, pp. 72–75, 2009.

[16] *EuroRAP*. Dostupno na: http://www.eurorap.org/ (26.07.2017.)

[17] *Hrvatski autoklub*. Dostupno na: www.hak.hr (26.07.2017.)

[18] Lipovac K., Jovanović D., Nešić M.: *Metodologija identifikacije opasnih mesta na putevima*, Novi Sad.

[19] Brlek, P.: *Metoda sanacije opasnih mjesta na cestama uz pomoć georeferenciranoga videozapisa*, Doktorski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2017.

[20] Hrvatske ceste d.o.o.: *Baza podataka o prometnim nesrećama*, 2017.

[21] Hrvatske ceste d.o.o.: *Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2016.*, Zagreb, 2017.

[22] Sørensen, M., Elvik, R.: *Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks – Best Practice Guidelines and Implementation Steps*, The Institute of Transport Economics, Oslo, Norway (2007)

[23] Cvitanović, A.: *Klasifikacija državnih cesta u Republici Hrvatskoj prema stanju sigurnosti cestovnog prometa*, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.

POPIS TABLICA

TABLICA 2.1. POPIS DIONICA DRŽAVNE CESTE D8 3
TABLICA 4.1. VRIJEDNOSTI KOEFICIJENTA K ZA RAZLIČITE RAZINE ZNAČAJNOSTI 25
TABLICA 5.1. DRŽAVNE CESTE U RH S NAJVEĆIM BROJEM PROMETNIH NESREĆA ZA RAZDOBLJE OD 2012. – 2014. GODINE 42
TABLICA 5.2. IZDVOJENE LOKACIJE I BROJ PROMETNIH NESREĆA S OBZIROM NA DULJINU LOKACIJE 45
TABLICA 5.3. UKUPAN BROJ IDENTIFICIRANIH OPASNIH MJESTA NA DRŽAVNOJ CESTI D8 46
TABLICA 5.4. OPASNA MJESTA PREMA UKUPNOM BROJU PROMETNIH NESREĆA NA LOKACIJAMA DULJINE 1-49 [M] 46
TABLICA 5.5. OPASNA MJESTA PREMA UKUPNOM BROJU PROMETNIH NESREĆA NA LOKACIJAMA DULJINE 50-300 [M] 47
TABLICA 5.6. OPASNA MJESTA PREMA BROJU PROMETNIH NESREĆA S OZLIJEĐENIM OSOBAMA NA LOKACIJAMA DULJINE 1-49 [M] 48
TABLICA 5.7. OPASNA MJESTA PREMA BROJU PROMETNIH NESREĆA S OZLIJEĐENIM OSOBAMA NA LOKACIJAMA DULJINE 50-300 [M] 48
TABLICA 6.1. PRIMJER OPASNE DIONICE NA DRŽAVNOJ CESTI D8 50
TABLICA 6.2. OPASNA MJESTA IDENTIFICIRANA S OBZIROM NA BROJ PROMETNIH NESREĆA S OZLIJEĐENIM OSOBAMA, NO NE I S OBZIROM NA UKUPAN BROJ PROMETNIH NESREĆA 51

POPIS SLIKA

SLIKA 2.1. TRASA DRŽAVNE CESTE D8 4
SLIKA 3.1. UTJECAJ ČOVJEKA U ODNOSU NA OSTALE ČIMBENIKE SIGURNOSTI PROMETA 7
SLIKA 3.2. FAZE FRONTALNOG NALETA VOZILA NA PJEŠAKA 11
SLIKA 3.3. VRSTE DJELOMIČNOG FRONTALNOG NALETA VOZILA NA PJEŠAKA 12
SLIKA 3.4. OBLICI PROFILA PREDNJEG DIJELA VOZILA 14
SLIKA 3.5. CENTRALNI SUDAR 15
SLIKA 3.6. POLOŽAJ UDARNOG PRAVCA KOD BOČNIH SUDARA 16
SLIKA 3.7. PODUPRAVLJANJE I PREUPRAVLJANJE VOZILA 17
SLIKA 3.8. POTPUNI FRONTALNI NALET 18
SLIKA 3.9. DJELOMIČNI FRONTALNI NALET 19
SLIKA 3.10. BOČNO OKRZNUĆE 20
SLIKA 4.1. DEFINICIJE OPASNOG MJESTA OVISNO O NAČINU IDENTIFIKACIJE 21
SLIKA 4.2. MAPA RIZIKA EURORAP PROJEKTA NA VAŽNIJIM CESTOVNIM PRAVCIMA REPUBLIKE HRVATSKE 2010.–2012. 31
SLIKA 4.3. PRIKAZ SEGMENTIRANJA CESTE NA FIKSNE DIJELOVE 39
SLIKA 4.4. PRIKAZ NAČINA RADA "SLIDING WINDOW" METODE 40
SLIKA 5.1. PROCES PROVEDBE IDENTIFIKACIJE OPASNOG MJESTA 43

POPIS KRATICA

BSM – Black Spot Management

EuroRAP – European Road Assessment Programme

HAK – Hrvatski autoklub

IR – Individualni rizik prometnih nesreća i njihovih posljedica

IRP – Individualni rizik poginulih

IRPN – Korigirani individualni rizik prometnih nesreća

IRPTO – Individualni rizik poginulih i teško ozlijeđenih

IRS – Individualni rizik stradanja

KR – Kolektivni rizik prometnih nesreća i njihovih posljedica

KRP – Kolektivni rizik poginulih

KRPN – Korigirani kolektivni rizik prometnih nesreća

KRPTO – Kolektivni rizik poginulih i teško ozlijeđenih

KRS – Kolektivni rizik stradanja

NSM – Network Safety Management

PBN – Ponderirani broj nastradalih

PBPN – Ponderirani broj prometnih nesreća

PGDP – Prosječni godišnji dnevni promet

PLDP – Prosječni ljetni dnevni promet

RQC – Rate Quality Control

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

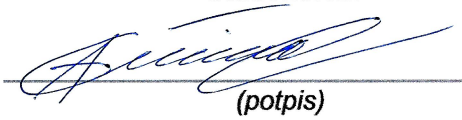
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Identifikacija opasnih mjesta na državnoj cesti D8** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 13.9.2017

Student/ica:



(potpis)