

# Procjena sigurnosti državne cestovne D1 na dionici Pavlovec Zabočki Jakovlje Ivanec Bistranski

---

**Matija, Daniel**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*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:119:962648>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **DIPLOMSKI RAD**

**Procjena sigurnosti cestovne mreže na dionici državne ceste D1  
Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski**

**Safety Assessment of the State Road D1 on the Section Pavlovec  
Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski**

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Željko Šarić

Student: Daniel Matija  
JMBAG: 0135254364

Zagreb, kolovoz 2023.

Zagreb, 5. travnja 2023.

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

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 7165

Pristupnik: **Daniel Matija (0135254364)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Procjena sigurnosti državne cestovne D1 na dionici Pavlovec Zabočki  
Jakovlje Ivanec Bistranski**

### Opis zadatka:

U Diplomskom radu potrebno je procijeniti sigurnost cestovne mreže na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki Jakovlje Ivanec Bistranski upotrebom relevantne metodologije. Objasniti čimbenike sigurnosti cestovnog prometa te analizirati metode koje se koriste za procjenu sigurnosti cestovne mreže. Prikupiti i analizirati potrebne podatke te procijeniti stanje sigurnosti cestovne mreže na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki Jakovlje Ivanec Bistranski koristeći jednu od adekvatnih metoda sukladno međunarodnim smjernicama.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

izv. prof. dr. sc. Željko Šarić

## SAŽETAK

Sigurnosti u cestovnom prometu pridodaje se sve veća važnost. Čovjek, vozilo, cesta te promet na cesti i incidentni čimbenik temeljni su čimbenici sigurnosti prometa. Čimbenik čovjek očituje su kroz značajke vozača, psihofizičkim svojstvima te obrazovanju i kulturi. Čimbenik vozilo dijeli se na aktivne i pasivne elemente. Cesta kao čimbenik sigurnosti očituje se kroz brojene tehničke elemente te utjecaj eksploatacije. Procjena razine sigurnosti ceste provodi se kako bi se utvrdili mogući nedostaci te sukladno tome poduzele odgovarajuće mjere. NWA metodologija za procjenu sigurnosti na cijeloj mreži sastoji se od reaktivnog, proaktivnog te integriranog pristupa. Prometne nesreće predstavljaju problem jer imaju značajan udio u ukupnoj smrtnosti, a u isto vrijeme su vodeći uzrok smrtnosti djece i mladih. Procjena razine sigurnosti državne ceste D1 na dionici Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski provedena je reaktivnim pristupom.

**KLJUČNE RIJEČI:** Sigurnost cestovnog prometa, Metode za procjenu sigurnosti na cijeloj mreži, Reaktivan pristup, Proaktivan pristup, Integrirani pristup, Prometne nesreće

## SUMMARY

Road safety is becoming more and more important. Man, vehicle, road and traffic on the road and the incident factor are fundamental factors of traffic safety. The human factor manifests itself through driver characteristics, psychophysical properties, education and culture. The vehicle factor is divided into active and passive elements. The road as a safety factor is manifested through numerous technical elements and the impact of exploitation. The assessment of the level of road safety is carried out in order to determine possible deficiencies and take appropriate measures accordingly. The NWA methodology for network wide safety assessment consists of a reactive, proactive and integrated approach. Traffic accidents are a problem because they have a significant share in total mortality, and at the same time they are the leading cause of death for children and young people. The assessment of the safety level of state road D1 on the section Pavlovec Zabočki - Jakovlje - Ivanec Bistranski was carried out using the reactive approach.

**KEYWORDS:** Road traffic safety, Network wide road safety assessment methods, Reactive approach, Proactive approach, Integrated approach, Traffic accidents

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. Uvod.....   | 1  |
| 2. Čimbenici sigurnosti cestovnog prometa .....  | 3  |
| 2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa .....  | 4  |
| 2.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa.....   | 5  |
| 2.2.1. Aktivni elementi sigurnosti vozila .....  | 6  |
| 2.2.2. Pasivni elementi sigurnosti vozila .....  | 9  |
| 2.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa .....   | 10 |
| 2.4. Promet na cesti kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa.....  | 12 |
| 2.5. Incidentni čimbenik kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa .....   | 13 |
| 3. Metode za procjenu sigurnosti na cijeloj mreži .....  | 14 |
| 3.1. Reaktivan pristup .....   | 14 |
| 3.1.1. Prikupljanje podataka i ocjenjivanje .....  | 15 |
| 3.1.2. Segmentacija cestovne mreže .....   | 17 |
| 1.1.1. Dodjeljivanje razine sigurnosti.....  | 21 |
| 3.2. Proaktivan pristup .....  | 23 |
| 3.2.1. Prikupljanje podataka i ocjenjivanje .....  | 24 |
| 3.2.2. Segmentacija cestovne mreže .....   | 26 |
| 3.2.3. Dodjeljivanje razine sigurnosti.....  | 27 |
| 3.3. Integrirani pristup .....   | 27 |
| 4. Analiza prometnih nesreća na dionici državne ceste D1 Pavovec Zabočke – Jakovlje – Ivanec Bistranski.....     | 29 |
| 4.1. Prometne nesreće.....   | 41 |
| 4.1.1. Prometne nesreće prema mjestu nastanka .....  | 42 |
| 4.1.2. Prometne nesreće prema vremenu nastanka .....   | 45 |
| 4.1.3. Prometne nesreće s obzirom na nastale posljedice .....  | 46 |
| 4.1.4. Prometne nesreće prema vrsti .....  | 47 |
| 4.1.5. Prometne nesreće prema okolnostima nastanka.....  | 48 |
| 5. Reaktivna procjena sigurnost državne ceste D1 na dionici Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski..... | 49 |
| 6. Zaključak .....   | 57 |
| Literatura .....   | 59 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Popis kratica .....   | 61 |
| Popis slika .....     | 62 |
| Popis tablica .....   | 63 |
| Popis grafikona ..... | 64 |

## 1. Uvod

Ubrzani razvoj cjelokupnog prometnog sustava, posebno cestovne grane prometa rezultira velikim brojem prometnih nesreća te samim time nedovoljnom razinom sigurnosti prometa. Prometne nesreće često za posljedice imaju teške ozljede i smrt. Čovjek, vozilo i cesta tri su temeljna čimbenika sigurnosti cestovnog prometa. Diplomski rad se temelji na jednom od navedena tri čimbenika, odnosno na procjeni razine sigurnosti ceste.

Tema diplomskog rada je: Procjena sigurnosti cestovne mreže na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski. Svrha istraživanja je kroz analizu metodologije za procjenu sigurnosti cestovne mreže i provedbu reaktivnog pristupa na dionici državne ceste D1 dobiti uvid u način procjene sigurnosti cestovne mreže. Cilj istraživanja je provedbom reaktivnog pristupa prikazati stanje razine sigurnosti na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski.

Diplomski rad podijeljen je na sljedeće radne cjeline:

1. Uvod
2. Čimbenici sigurnosti cestovnog prometa
3. Metode za procjenu sigurnosti na cijeloj mreži
4. Analiza prometnih nesreća na dionici državne D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski
5. Reaktivna procjena sigurnosti državne ceste D1 na dionici Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski
6. Zaključak

Nakon uvoda, u drugom poglavlju navedeni su i objašnjeni čimbenici sigurnosti cestovnog prometa. Osim tri temeljna čimbenika čovjek, vozilo, cesta objašnjena su i dva dodatna čimbenika koji imaju veliki utjecaj na sigurnost cestovnog prometa, a to su: promet na cesti i incidentni čimbenik.

U trećem poglavlju analizirana je metodologija za procjenu razine sigurnosti na cijeloj mreži (Network Wide Road Safety Assesment - NWA). Navedena metodologija sastoji se od reaktivnog, proaktivnog i integriranog pristupa. Reaktivan pristup ocjenjivanja sigurnosti cestovne mreže temelji se na podacima o prometnim nesrećama. Proaktivni pristup ocjenjivanja sigurnosti cestovne mreže temelji se na karakteristikama prometnice kao što su širina trake, zakrivljenost ceste, vrsta i izvedba raskrižja, konflikti između

pješaćkog/biciklistićkog i motornog prometa. Integrirani pristup predstavlja završni korak u kojem se kombiniranjem dobivenih rezultata proaktivnog i reaktivnog pristupa dodjeljuje konačna ocjena razine sigurnosti.

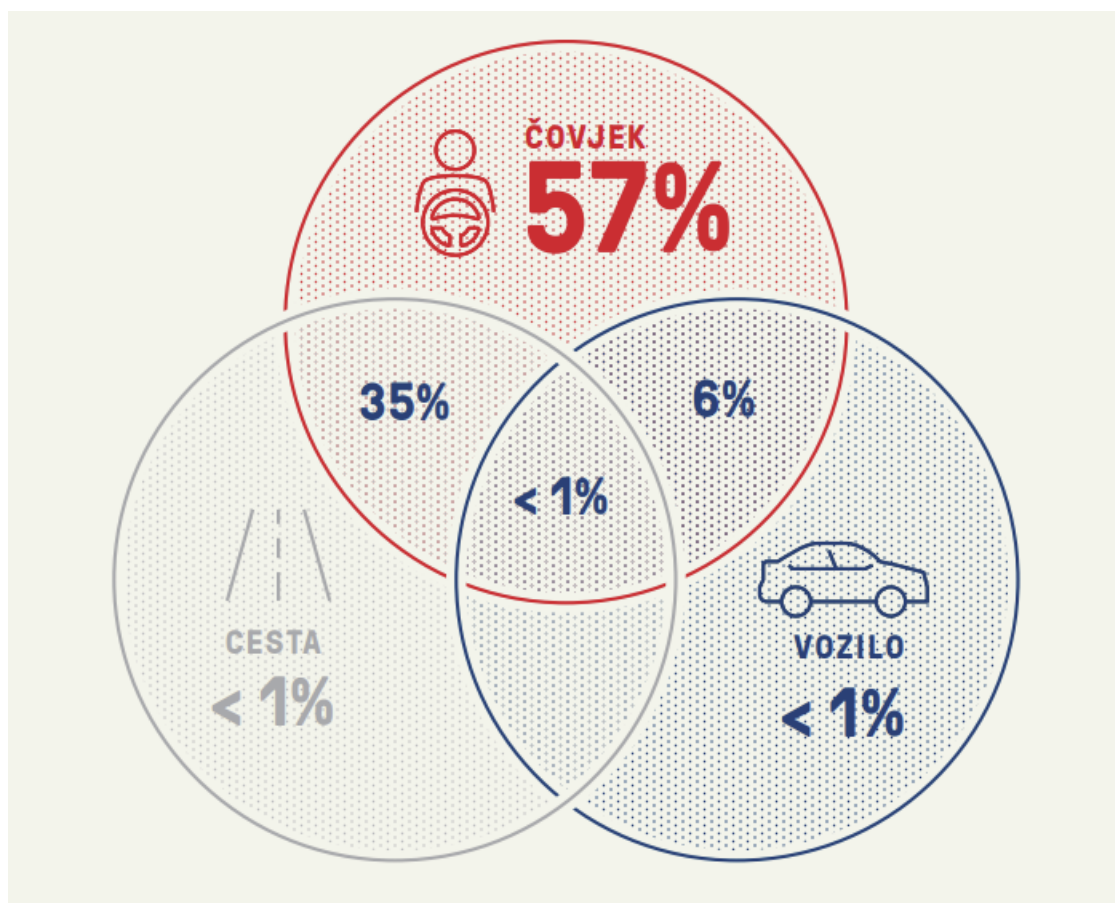
U četvrtom poglavlju prikazan je geoprometni položaj predmetne dionica te su analizirane prometne nesreće koje su se dogodile u razdoblju od tri godine, odnosno od početka 2020. do kraja 2022. godine.

U petom poglavlju, posljednom prije zaključka proveden je reaktivan pristup NWA metodologije na predmetnoj dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski. Rezultati procjene prikazani su tablično i grafički.



## 2. Čimbenici sigurnosti cestovnog prometa

Promet je složen proces u kojem dolazi do mnogih konfliktnih situacija. Kako bi se doprinijelo povećanju sigurnosti cestovnog prometa potrebno je provesti brojne mjere. Analizirajući moguće uzroke prometnih nesreća cestovni promet može se promatrati pomoću tri osnovna podsustava: čovjek, vozilo, cesta. Na slici 1 pomoću *Vennovog* dijagrama prikazani su osnovni uzroci prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj. Čovjek je sa 57% najveći uzročnik prometnih nesreća. U kombinaciji s cestom čovjek je uzrok 35% nesreća te je u kombinaciji s vozilom uzrok 6% prometnih nesreća. [1]



Slika 1. Vennov dijagram - čimbenici sigurnosti cestovnog prometa, [1]

S obzirom da navedena tri čimbenika ne obuhvaćaju sve elemente koji mogu utjecati na stanje sigurnosti prometnog sustava potrebno je dodati još dva čimbenika, a to su: promet na cesti i incidentni čimbenik.

## 2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Čovjek se smatra najvažnijim čimbenikom sigurnosti cestovnog prometa s obzirom da postupci koje poduzima tijekom sudjelovanja u prometu izravno i neizravno utječu na njegovu sigurnost i sigurnost ostalih sudionika u prometu. Vozač u prometu pomoću svojih osjetila prikuplja informacije vezane uz stanje na cesti te s obzirom na prometne propise određuje način kretanja vozila. Postoje značajne razlike u ponašanju čovjeka u specifičnim prometnim situacijama. Razlike u ponašanju ponajviše ovise osobnim značajkama vozača, psihofizičkim osobinama vozača te obrazovanju i kulturi. [2]

Osobne značajke vozača podrazumijevaju organiziranu cjelinu svih osobina, svojstva i ponašanja kojima se svaka ljudska individualnost izdvaja od svih drugih pojedinaca. U kojoj će se razini vozač prilagoditi uvjetima prometa ovisi o tome postoji li sklad između njegovih sposobnosti i osobina. Pojam sposobnost podrazumijeva skup prirodnih i stečenih uvjeta za obavljanje neke aktivnosti. Čovjekove sposobnosti razvijaju se do njegove osamnaeste godine, zatim od osamnaeste do tridesetpete stagniraju te su od tridesetpete do pedesete u blagom padu. Nakon pedesetih primjećuje se značajno smanjenje čovjekovih sposobnosti. Stajališta vozača prema vožnji posljedica su odgoja u obitelji, društvu i školi. Vozači sa većim vozačkim iskustvom su svjesni svojih sposobnosti i realniji u procjenjivanju prometnih situaciji, dok su mlađi vozači impulzivniji i često precjenjuju svoje sposobnosti te su time odgovorni za izazivanje najvećeg broja nesreća. Temperament je način emocionalnog doživljavanja i reagiranja te je uvjetovan nasljednim čimbenicima. Alkohol, umor, korištenje lijekova i opojnih droga značajno smanjuju mogućnost pravilnog prosuđivanja te produljuje vozačevo vrijeme reagiranja. I manja količina alkohola u krvi vozaču smanjuje pažnju te takav vozač najčešće krši prometne propise. Obzirom na količinu alkohola u krvi i ponašanje vozača u prometu razlikujemo nekoliko stanja:

- Stanje prolazne opijenosti – od 0,10 do 0,49‰
- Stanje lakše pripitosti – od 0,50 do 0,99‰
- Stanje teže pripitosti – od 1,00 do 1,49‰
- Pijano stanje – od 1,5 do 2,49‰
- Teži oblik pijanstva – od 2,5 do 3,49‰

Prilikom vožnje dolazi do izražaja nekoliko psihofizičkih osobina vozača, a to su: [2]

- funkcije organa osjeta
  - osjet sluha
  - osjet vida

- osjet mirisa
- mišićni osjet
- osjet ravnoteže
- psihomotoričke sposobnosti
- mentalne sposobnosti.

Osjet sluha služi za kontrolu rada motora, za određivanje udaljenosti i smjera ostalih vozila u prometu. U pogledu prometa najvažniji osjet je osjet vida. Na temelju vizualno prikupljenih informacija vozač donosi više od 95% odluka. Kod osjeta vida bitna je brzina prilagođavanja oka na svjetlo i tamu, sposobnost razlikovanja boja, oštrina vida, sposobnost stereoskopskog zamjećivanja. Osjet mirisa važan je u slučajevima duljeg kočenja kada dolazi do pregrijavanja kočionog sustava, otkrivanje mirisa dima uzrokovanog pregorjelim instalacijama i slično. Mišićni osjet pruža vozaču informacije o djelovanju vanjskih sila zbog promjene brzine, o silama koje nastaju prilikom pritiska spojke ili kočnice, vibracijama koje se preko ovjesa prenose na upravljač vozila. Osjet ravnoteže veću ulogu ima kod vozača motocikla te se pomoću njega osjeća nagib ceste, bočna sila u zavoju te ubrzanje i usporenje vozila. [3]

Psihomotoričke sposobnosti su sposobnosti koje omogućuju izvođenje pokreta koji zahtijevaju preciznost, brzinu i usklađen rad mišića. Prilikom upravljanja vozilom važna je brzina reagiranja, brzina izvođenja pokreta te usklađenost pokreta i opažanja. Mentalne sposobnosti podrazumijevaju mišljenje, pamćenje, učenje, inteligenciju. Osobe sa razvijenijim mentalnim sposobnostima učinkovitije se prilagođuju novonastalim okolnostima. [3]

Obrazovanje i kultura važni su u pogledu međuljudskih odnosa u prometu. Vozač s višom razinom obrazovanja poštuje prometne propise i odnosi se s poštovanjem prema drugim sudionicima u prometu. Učenje je neophodno kako bi se postiglo znanje koje je potrebno za normalno odvijanje prometa. To znanje uključuje: poznavanje kretanja vozila, vlastitih sposobnosti i poznavanje zakona i propisa o reguliranju prometa. [3]

## 2.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Vozilo svojim konstrukcijskim i eksploatacijskim značajkama značajno utječe na sigurnost cestovnog prometa. Statistički podaci pokazuju kako je u 3-5% prometnih nesreća uzrok tehnički nedostatak na vozilu. Smatra se kako je taj postotak značajno veći jer se prilikom očevida prometne nesreće ne mogu s potpunom točnošću odrediti pojedini parametri kao uzrok prometne nesreće. Elementi vozila koji utječu na sigurnost cestovnog prometa dijele se na aktivne elemente sigurnosti vozila i na pasivne elemente sigurnosti vozila. [2]

### 2.2.1. Aktivni elementi sigurnosti vozila

U aktivne elemente sigurnosti vozila ubrajaju se ona tehnička rješenja vozila čija je zadaća smanjiti mogućnost nastanka prometne nesreće, a to su:

- Uređaji za kočenje
- Upravljački mehanizam
- Pneumatici
- Svjetlosni i signalni uređaji
- Uređaji za povećanje vidnog polja vozača
- Konstrukcija sjedala
- Usmjerivači zraka
- Uređaji za hlađenje, grijanje i provjetravanje unutrašnjosti vozila
- Vibracija vozila.

Osim navedenih tehničkih rješenja u aktivne elemente sigurnosti vozila mogu se svrstati napredni sustavi za pomoć u vožnji (Advanced Driver Assistance Systems – ADAS), a to su:

- Automatski sustav kočenja u nuždi
- Pomoć za zadržavanje vozila u prometnom toku
- Pomoć za kontrolu brzine
- Sustav praćenja mrtvog kuta
- Automatska duga svjetla
- Sustav upozorenja u slučaju umora ili smanjene koncentracije
- Signal za kočenje u nuždi
- Sustav za pomoć prilikom vožnje unatrag.

Uređaji za kočenje služe za usporavanje i potpuno zaustavljanje vozila te u pogledu sigurnosti predstavljaju jedan od najvažnijih uređaja na vozilu. Vozilo je potrebno opremiti sa dvije zasebne kočnice, odnosno ručnom i nožnom kočnicom. Za sigurnost prometa važnija je nožna kočnica. Postoji nekoliko sustava kočenja: kočenje pomoću disk-kočnica, kočenje pomoću bubnja i kombinirani sustav kod kojeg su na prednjoj osovini disk-kočnice, a na stražnjoj osovini sustav kočenja pomoću bubnja. Disk-kočnice učinkovitije su pri naglom kočenju i danas su češće u upotrebi. Najveća opasnost za sigurnost prometa pri naglom kočenju je blokiranje kotača jer se pritom gubi oko 60% sile kočenja. U slučaju blokiranja prednjih kotača nije moguće upravljati vozilom, dok prilikom blokiranja stražnjih kotača dolazi do zanošenja vozila. Kako bi se spriječilo blokiranja kotača ugrađuju se sustavi protiv blokiranja kočnica (ABS). [2]

Neispravnost upravljačkog mehanizma jedan je od mogućih uzroka prometnih nesreća. Do neispravnosti dolazi zbog velike zračnosti u pojedinim elementima, zbog loma dijelova te zbog neispravnosti sigurnosne brave upravljača koja može zaključati upravljač i onemogućiti njegovo okretanje. [2]

Pneumatici također imaju velik utjecaj na sigurnost vozila. Njihova je zadaća postizanje najboljeg mogućeg prijanjanja između kotača i podloge. Za sigurnu vožnju potrebno je da pneumatik ima kvalitetan gazni sloj. Pneumatici se dijele na dijagonalne i radijalne. Radijalni pneumatici u odnosu na dijagonalne ostvaruju bolje prijanjanje, manje se griju, imaju dulji vijek trajanja, omogućuju bolje iskorištenje snage motora kod većih ubrzanja, pružaju bolju stabilnost vozila, ostvaruju kraći put kočenja, smanjuju potrošnju goriva. [2]

Svjetlosni i signalni uređaji služe za osvjetljavanje ceste ispred vozila, označavanje položaja vozila na kolniku ceste i davanje odgovarajućih signala. Na prednjoj strani vozila nalaze se duga svjetla, kratka svjetla, svjetla za maglu, svjetla za označavanje vozila te pokazivači smjera. Na stražnjoj strani vozila nalaze se pokazivači smjera, stop-svjetlo, svjetla za označavanje vozila, svjetlo za osvjetljavanje registarske oznake te svjetlo za vožnju unatrag. Svjetlosni i signalni uređaji u pogledu sigurnosti moraju zadovoljiti nekoliko uvjeta: za vrijeme vožnje noću moraju osvjetljavati cestu i njenu okolinu, moraju omogućiti odvijanje prometa u uvjetima slabe vidljivosti, moraju upozoriti ostale sudionike u prometu o svakoj promjeni pravca i brzine kretanja vozila te stalni svjetlosni izvori ili reflektirajuća svjetla moraju obilježavati vozila s prednje i stražnje strane vozila. [2]

Uređaji za povećanje vidnog polja vozača su: prozorska stakla na vozilu, brisači i perači stakla te vozačka zrcala. Vjetrobranska i bočna prozorska stakla moraju biti prozirna te ne smiju iskrivljavati sliku. [2]

Sjedala je potrebno konstruirati na način da omogućuju udobno sjedenje, da pridržava vozača prilikom djelovanja bočnih sila, da omogućuje dobru vidljivost te da je optimalno udaljeno od upravljača. [2]

Usmjerivači zraka (spojleri) su dijelovi školjke vozila čija je svrha smanjenje otpora zraka i povećanje stabilnosti vozila kod većih brzina. Smanjenjem otpora vozila smanjuje se i potrošnja goriva. Za vrijeme vožnje velikim brzinama smanjuje se težina prednjeg dijela vozila te se pomoću spojlera zrak pritišće na prednji dio školjke kako bi se ostvarila potrebna sila prijanjanja. [2]

Grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila važno je za radnu sposobnost vozača. Temperatura unutar vozila tijekom zime trebala bi iznositi između 17 i 22 °C, a ljeti do 28 °C. [2]

Vozilo je složeni oscilatorni sustav koje svojim vibracijama djeluje na vozača i putnike iako su zaštićeni od izravnog djelovanja pomoću sjedala. Neugodno djelovanje vibracije povećava se kod čestih promjena ubrzanja vozila. [2]

Automatski sustav kočenja u nuždi prepoznaje mogućnost nastanka prometne nesreće te samostalno aktivira kočioni sustav neposredno nakon vizualnog i zvukovnog upozorenja vozača. Sustav ima veliki utjecaj u uvjetima gradske vožnje gdje u velikom broju smanjuje nalet na vozilo ispred ili na ranjivog sudionika u prometu (pješaci i biciklisti). [4]

Sustav za zadržavanje vozila u prometnom toku uz pomoć kamera i senzora nastoji zadržati vozilo unutar trake. U određenim situacijama nenamjernog prestrojavanja ili silaska s kolnika/trake sam okreće upravljač kako bi ispravio putanju vozila. Sustav funkcionira na principu mjerenju udaljenosti kotača vozila od linija trake s obje strane. [5]

Sustav pomoći za kontrolu brzine pomoću kamera prepoznaje znakove ograničenja ili ih preuzima iz navigacijskih alata te preko instrumentalne ploče obavještava vozača o dozvoljenoj brzini kretanja. [4]

Sustav praćenja mrtvog kuta je skup senzora i prijemnika kojima je zadaća otkrivanje objekata izvan pogleda vozača. Senzori su najčešće smješteni u zrcalima i/ili na braniku. U slučaju prisutnosti vozila u prostoru izvan pogleda vozača vozaču se daje zvučni i/ili vizualni signal. [6]

Automatski sustavi dugih svjetala ovise o kameri postavljenoj u prednjem dijelu vozila. Kamera detektira različite oblike svjetla – uključujući prednja svjetla, stražnja svjetla drugih vozila i ambijentalno svjetlo iz gradova. Sustav zatim analizira te informacije kako bi odredio kada treba uključiti, a kada isključiti duga svjetla. Ako kamera prepozna približavanje prednjih svjetala ili stražnjih svjetala, isključuje duga svjetla. Duga svjetla se ponovno pale automatski nakon što ta svjetla nestanu. [7]

Sustav upozorenja u slučaju umora ili smanjene koncentracije upozorava vozača kad primijeti da je vozačeva pozornost smanjena. Pomoću kamera koje prate oči vozača i/ili pomoću analize pomicanja upravljača. [4]

Signal za kočenje u nuždi je sustav koji obavještava vozače koji se nalaze iza vozila na potencijalnu opasnost. Prilikom intenzivnog kočenja kočiona svjetla ne svijetle konstantno već brzo pulsiraju, umjesto pulsirajućih svjetla koriste se i sva četiri žmigavca koja se pale automatski. [4]

Sustav za pomoć prilikom vožnje unatrag prati zbivanja iza auta. Sustav funkcionira pomoću kamere, radara i/ili senzora te vozaču prenosi informacije o preprekama. [4]

### 2.2.2. Pasivni elementi sigurnosti vozila

U pasivne elemente sigurnosti vozila ubrajaju se ona tehnička rješenja čija je svrha da u slučaju prometne nesreće maksimalno ublaže posljedice, a to su: [2]

- Karoserija vozila
- Vrata
- Sigurnosni pojas
- Naslon za glavu
- Vjetrobransko staklo
- Položaj motora, spremnika za gorivo, akumulatora i rezervnog kotača
- Branik
- Sigurnosni zračni jastuk

Karoserija vozila namijenjena je za smještaj vozača i putnika, te treba biti čvrsta, elastična, otporna na udarce, otporna na savijanje, otporna na lom te aerodinamičkog oblika. Karoserija klasičnog automobila sastoji se od tri dijela: prednjeg dijela namijenjenog za smještaj motora, središnjeg dijela namijenjenog za smještaj vozača i putnika te stražnje dijela namijenjenog za smještaj prtljage. [2]

Vrata vozila izvode se tako da mogu izdržati sve vrste udarnog opterećenja i spriječe savijanje karoserije vozila. Na vratima mora biti ugrađen sustav koji onemogućuje otvaranje u trenutku sudara te omogućuje lako otvaranje prilikom spašavanja unesrećenih. [2]

Sigurnosni pojas smatra se najvažnijim elementom pasivne sigurnosti vozila. Sigurnosni pojas u slučaju sudara sprječava udar glavom u vjetrobransko staklo i udar prsnim košem u upravljač. Upotrebom sigurnosnih pojaseva smanjuje se mogućnost težih ozljeda za 50%. [2]

Naslone za glavu sprječavaju nastanak ozljede vrata i vratnih kralježaka uslijed naglog trzaja glavom izazvanog iznenadnim udarom u stražnji dio vozila. [2]

Vjetrobranska stakla uzrok su oko 90% svih ozljeda glave. Prilikom konstrukcije vozila treba nastojati povećati razmak između vozača/putnika i vjetrobranskog stakla. Nosače vjetrobranskog stakla izrađuju se s lakšom konstrukcijom kako bi se u slučaju udara vozača/putnika lako deformirali te smanjili mogućnost nastanka težih ozljeda. [2]

Položaj motora u prednjem dijelu smatra se najboljim rješenjem jer prilikom sudara preuzima najveći dio kinetičke energije te na taj način štiti područje u kojem su smješteni putnici. Spremnik goriva najčešće je smješten na suprotnom dijelu u odnosu na motor. Akumulator ne smije biti smješten zajedno s spremnikom goriva zbog mogućnosti nastanka

požara. Najbolje mjesto za rezervni kotač je u prednjem dijelu vozila kako bi u slučaju nesreće štiti motor i putnike. [2]

Branik se pričvršćuje na prednji i stražnji dio vozila te u slučaju nesreće apsorbira dio kinetičke energije. Branici se izrađuju od plastike koja omogućava malu težinu, ne deformira se prilikom sudara s manjim brzinama te nema neželjenog utjecaja korozije. [2]

Sigurnosni zračni jastuk u trenutku sudara automatski se aktivira s ciljem zaštite vozača i putnika od ozbiljnijih ozljeda. Vrijeme aktiviranja je oko 26 tisućinki sekunde. U trenutku sudara jastuci se izbacuju i pune dušikom. Jastuci ostaju napunjeni oko pola sekunde te se zatim prazni. Dakle jastuci omogućavaju samo zaštitu kod primarnog sudara, dok kod sekundarnog sudara ili prevrtanja nema zaštite. [2]

### 2.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Tehnički nedostatak ceste jedan je od mogućih uzroka nastanka prometne nesreće. Nedostaci ceste mogu nastati već prilikom projektiranja i izvedbe ceste ili posljedično prilikom svakodnevnog korištenja. Cesta kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa očituje se kroz sljedeće elemente: [2]

- Trasa ceste
- Tehnički elementi ceste
- Stanje kolnika
- Oprema ceste
- Rasvjeta ceste
- Raskrižja
- Utjecaj bočne zapreke
- Održavanje ceste

Trasom ceste određuje se visinski položaj i smjer ceste. Sastavljena je od pravaca, zavoja i prijelaznih krivulja. Teži se tome da je trasa ceste homogena te da omogućuje jednoličnu brzinu kretanja vozila s obzirom da svaka nagla promjena brzine može uzrokovati prometnu nesreću. Duljine pravca i zavoja potrebno je međusobno uskladiti. Osim tehničke sigurnosti važno je osigurati i psihološku sigurnost koja ovisi o tome kako na vozača djeluje okolni teren. Psihološka sigurnost postiže se ispravnim vođenjem trase, ispravnom izvedbom nasipa, zasjeka i usjeka. [2]



Tehnički elementi ceste svrstavaju se u važnije elemente sigurnosti cestovnog prometa. Tehnički elementi ceste uključuju širinu poprečnih elemenata ceste, broj traka, broj kolnika, nagib ceste, vertikalna i horizontalna preglednost. U pogledu sigurnosti prometa najučinkovitiji su kolnici s četiri prometna traka s fizički odvojenim smjerovima. [2]

Loše stanje kolnika ima negativan utjecaj na sigurnost cestovnog prometa. Do prometne nesreće može doći zbog smanjenog koeficijenta trenja između pneumatika i kolnika te zbog oštećenja površinskog sloja kolnika, odnosno zbog udarnih rupa. Do smanjenja koeficijenta trenja može dolazi i u slučajevima mokrog, onečišćenog i blatnog kolnika. [2]

Oprema ceste omogućuje sigurno odvijanje prometa kako u normalnim uvjetima tako i u uvjetima smanjene vidljivosti. U opremu ceste ubrajaju se: prometni znakovi, ograde, kolobrani, smjerokazi, živice, kilometarske oznake, vjetrobrani i snjegobrani. Od navedene opreme najvažniji su prometni znakovi s obzirom da oni omogućavaju potrebnu komunikaciju s vozačem. Adekvatna oprema također povećava sigurnost kod velikih brzina i kod velike gustoće prometa. [2]

Rasvjeta ceste potrebna je za sigurno odvijanje prometa noću. Ceste izvan naselja nije potrebno osvijetliti osim na pješačkim prijelazima i raskrižjima. Posebnu pažnju treba posvetiti rasvjeti tunela i to kod ulaza u njih zbog prilagođavanja oka. Kod rasvjete potrebno je isključiti sve žarulje koje blješte, izvor svjetla mora biti izvan vidnog polja vozača te izvor svjetla treba postaviti što više iznad kolnika na odgovarajućim razmacima kako ne bi nastali tamni pojasevi. [2]

Raskrižja su točke u cestovnoj mreži u kojima se povezuju dvije ili više cesta te se na njima prometni tokovi križaju, prepliću, spajaju ili razdvajaju. U gradovima i urbanim sredinama 40-50% prometnih nesreća događa se na raskrižjima. Najčešći uzrok prometnih nesreća na raskrižjima je smanjena preglednost te zbog toga treba težiti raskrižjima u dvije ili više razina. [2]

Stalne ili povremene zapreke u blizini ruba kolnika imaju negativan utjecaj na sigurnost prometa. Bočnim zaprekama smatraju se ograde, reklamne ploče, drveća, stupovi rasvjete. Prilikom udara u boće zapreke postoji veća mogućnost nastanka ozbiljnijih posljedica. [2]

Održavanje ceste mora se obavljati redovito i tijekom cijele godine. Održavanje cesta može se podijeliti na redovno i izvanredno. Redovno održavanje cesta uključuje:

- Nadzor i pregled cesta i objekata
- Redovito održavanje prometnih površina
- Redovito održavanje bankina

- Redovito održavanje pokosa
- Redovito održavanje sustava odvodnje
- Redovito održavanje prometne signalizacije i opreme
- Redovito održavanje cestovnih naprava i uređaja
- Redovito održavanje vegetacije
- Osiguranje preglednosti
- Čišćenje ceste
- Redovito održavanje cestovnih objekata
- Interventni radovi
- Zimska služba.

Izvanredno održavanje cesta uključuje: [8]

- Obnavljanje i zamjenu kolničkog zastora
- Ojačanje kolnika u svrhu obnove i povećanja nosivosti i kvalitete vožnje
- Mjestimične popravke kolničke konstrukcije ceste u svrhu zaštite i povećanja nosivosti ceste
- Poboljšanje sustava odvodnje ceste
- Zamjenu, ugrađivanje nove i poboljšanje vertikalne prometne signalizacije i opreme ceste (kilometarski i smjerokazni stupići, zaštitne ograde i slično) na većim dijelovima ceste
- Saniranje odrona
- Sanaciju obložnih zidova
- Uređenje raskrižja u istoj razini (oblikovanje, preglednost, ugradnja nove signalizacije i opreme) kojima se ne mijenja usklađenost s lokacijskim uvjetima u skladu s kojim je cesta izgrađena
- Obnovu i postavu instalacija, opreme i uređaja ceste.

#### 2.4. Promet na cesti kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Čimbenik promet na cesti sastoji se od podčimbenika organizacija, upravljanje i kontrola prometa. Organizacija prometa obuhvaća prometne propise i tehnička sredstva koja se koriste za organizaciju prometa. Upravljanje prometa obuhvaća tehniku i način upravljanja cestovnim prometom. Kontrola prometa obuhvaća način kontrole prometa te ispitivanje i statistiku prometnih nesreća. [2]

## 2.5. Incidentni čimbenik kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Navedeni čimbenici čovjek, vozilo cesta i promet na cesti izloženi su određenim pravilnostima koje se mogu predvidjeti. Međutim postoji incidentni čimbenik u obliku atmosferskih prilika, ulja na kolniku, divljači i slično koji predstavljaju opasnost za odvijanje prometa. Atmosferski utjecaji smanjuju sigurnost smanjenjem trenja između pneumatika i površine kolnika. U atmosferske utjecaje ubrajaju se: kiša, snijeg, magla, poledica, vjetar, atmosferski tlak, ekstremne temperature, djelovanje sunca. Ulje i nečistoće na kolniku uzrokuju zanošenje vozila i neželjeniju promjenu smjera kretanja vozila. [2]

### 3. Metode za procjenu sigurnosti na cijeloj mreži

Procjena cestovne sigurnosti provodi se pomoću različitih metodologija koje se mogu podijeliti na dva pristupa: metodologije koje se temelje na pojavi prometnih nesreća, odnosno reaktivan pristup i metodologije koje procjenjuju sigurnost na temelju karakteristika ceste, odnosno proaktivan pristup. Metode se dijele u dvije osnovne kategorije: metode koje se primjenjuju na specifičnoj lokaciji ili segmentu te one koje se primjenjuju na razini cijele mreže.

U nastavku analizirana je metodologija za procjenu sigurnosti cesta na cijeloj mreži – NWA (Network Wide Road Safety Assessment). Metodologija se sastoji od dva pristupa. Prvi proaktivni pristup predstavlja procjenu ugrađene razine sigurnosti ceste. Drugi reaktivni pristup predstavlja procjenu razine sigurnosti ceste na temelju analize prometnih nesreća. Oba pristupa se primjenjuju na istoj mreži cesta te se dobiveni rezultati procjene kombiniraju procesom integracije kako bi se dobila konačna ocjena/razina sigurnosti cestovne mreže.

Proces NWA započinje identifikacijom osi ceste koju treba procijeniti i provjerom jesu li dostupni podaci o nesrećama odgovarajućeg vremenskog perioda te kvaliteta tih podataka. Ako su podaci dostupni moguće je primijeniti oba pristupa za procjenu sigurnosti cesta, ako nisu dostupni podaci o nesrećama primjenjuje se samo proaktivan pristup. Nakon primjene proaktivnog i reaktivnog pristupa potrebno je provesti integraciju dobivenih rezultata. [9]

#### 3.1. Reaktivan pristup

Prvi konceptualni okvir reaktivnog pristupa metodologije za procjenu sigurnosti na cijeloj mreži cesta predstavljen je u ožujku 2021. U navedenoj verziji definiran je cjelokupni koncept koji se sastoji od četiri koraka, a to su: [9]

- Segmentacija cestovne mreže
- Izračun metrike razine sigurnosti
- Procjena granica
- Sigurnosno rangiranje.

Reaktivan pristup primjenjuje se za gradske i ruralne autoceste i primarne ili druge ruralne ceste obuhvaćene Direktivom 2019/1936/EC. U slučaju cesta s manjim prometnim opterećenjem, odnosno manje korištenih cesta može se primijeniti pristup procjene za

primarne ceste sa jednim zajedničkim kolničkim trakom. Prilikom provedbe procjene stanja sigurnosti potrebno je uzeti u obzir sve sudionike u prometu koji mogu biti prisutni na cesti. U tom smislu metodologija nije ograničena samo na motorna vozila, već se razmatra i sigurnost biciklista i pješaka. Za dionice mostova na autocestama i primarnim cestama metodologija se primjenjuje kao i za ostale dionice ceste. Na područjima naplatnih postaja s obzirom na njihovu kompleksnost reaktivan pristup se ne može primijeniti te se prometne nesreće koje se dogode u područjima naplatnih postaja moraju izuzeti iz procjene. [9]

Kod reaktivnog pristupa prvi korak predstavlja svrstavanje ceste za koju se vrši procjena u jednu od četiri kategorije. Moguće kategorije su: [9]

- Autocesta – ruralna
- Autocesta – gradska
- Primarna cesta – sa dva fizički odvojena kolnička traka
- Primarna cesta – sa jednim zajedničkim kolničkim trakom.

Primarnom cestom se smatra prometnica izvan urbanih središta koja povezuje gradove i/ili veća mjesta. Kategorija ceste može se mijenjati duž iste osi ceste. Npr. autocesta koja povezuje dva velika grada može se klasificirati kao gradska za prve i posljednje dionice (dionice bliže gradu) te kao ruralna za ostale dionice. Kategorija ceste ne bi se smjela mijenjat unutar dionice te bi nova dionice trebala započeti na mjestu promjene kategorije ceste. Za određivanje točne točke u kojoj se autocesta iz gradske mijenja u ruralnu i obrnuto nisu definirani posebni kriteriji te se očekuje od stručnjaka za sigurnost na cestama da prosuđuju od slučaja do slučaja primjenjujući inženjersku prosudbu. [9]

### 3.1.1. Prikupljanje podataka i ocjenjivanje

Reaktivan pristup može biti primijenjen samo ako su dostupni podaci o prometnim nesrećama sa žrtvama u razdoblju od najmanje tri godine. Nakon provjere dostupnosti i kvalitete podataka o prometnim nesrećama prikupljaju se: [9]

- Podaci potrebni za segmentaciju cestovne mreže
- Podaci za procjenu statistike referentne populacije
  - Podaci o prometnim nesrećama za razdoblje od tri godine na cestama istih karakteristika
  - Podaci o ukupnoj dužini cesta iste kategorije na nacionalnoj razini
  - Podaci o prosječnoj količini prometa cesta iste kategorije na nacionalnoj razini (ako su dostupni)

- Podaci o cesti koja se procjenjuje
  - o Podaci o prometnim nesrećama
  - o Podaci o prosječnoj količini prometa (ako su dostupni).

Relevantne podatke o gradskim i ruralnim autocestama moguće dobiti od upravitelja ceste. Relevantne podatke o primarnim cestama mogu se izvesti iz CAD datoteka ili drugih baza podataka. Podaci o primarnim cestama često su manje organizirani te ih je potrebno prikupiti uz pomoć online alata kao što su Google Maps, Google Earth, OpenStreetMaps ili izlaskom na teren. [9]

Prikupljanje podataka se sastoji od dva dijela. Podaci vezani uz cestovnu os koja se procjenjuje te podaci za referentnu populaciju. Bez obzira na kategoriju ceste podaci o prometnim nesrećama moraju uključivati razdoblje od najmanje tri godine, ako ti podaci nisu dostupni reaktivnu metodu nije moguće provesti. Potrebno je uključiti nesreće koje uključuju najmanje jednu žrtvu sa lakšim/teškim ozljedama ili smrtnim ishodom. Sudari koji uzrokuju samo materijalnu štetu ne uzimaju se u obzir. Potrebno je uključiti nesreće koje se tiču svih vrsta sudionika u prometu, odnosno motorna vozila, motocikli, biciklisti i pješaci. [9]

Za autoceste (urbane i ruralne) i primarne ceste s dva fizički odvojena kolnička traka podaci o nesrećama moraju biti dostupni po smjeru prometa. Ako ti podaci nisu lako dostupni, ali se mogu izvesti iz dostupnih zapisa, tada se prometne nesreće trebaju pripisati ispravnoj strani ceste. Ako to nije izvedivo, analiza neće razlikovati dva smjera prometa. Za ceste s jednim zajedničkim prometnim trakom podatke o prometnim nesrećama nije potrebno podijeliti po smjeru vožnje. Za prometne nesreće koje se dogode na raskrižjima potrebno je osigurati da su na konstantan način dodijeljene jedinicama analize. Ovo je važno zbog izbjegavanje dvostrukog brojanja nesreća ili analize nesreća koje se događaju na cestama koje nisu obuhvaćene metodologijom. [9]

Za potrebe provedbe reaktivnog pristupa potrebni su podaci o količini prometa po mogućnosti u obliku prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP) ili prosječnog dnevnog prometa (PDP). Za autoceste i ceste s dva fizički odvojena kolnička traka za koje su podaci o nesrećama poznati po smjeru kretanja, podaci o količini prometa također bi trebali biti određeni po smjeru kretanja. Ako nije poznata količina prometa po smjeru kretanja, može se ukupna količina prometa sa dva. Za ceste s jednim zajedničkim kolničkim trakom podaci o količini prometa trebaju biti zajednički za oba smjera. [9]

Za raskrižja, podaci o količini prometa sastoje se od vozila koja ulaze i izlaze iz raskrižja. Prema tome promet koji treba dodijeliti raskrižju je promet prethodne dionice minus izlazni

promet plus ulazni promet. Ako ti podaci nisu dostupni potrebno je uzeti u obzir presjek prometa prethodne i sljedeće dionice. [9]

Referentna populacija predstavlja skup cesta sa sličnim operativnim i projektnim karakteristikama na nacionalnoj razini. U Hrvatskoj kao zasebne skupine se mogu promatrati: [9]

- Autoceste
- Državne ceste
- Županijske ceste
- Lokalne ceste
- Nerazvrstane ceste.

Za referentnu skupinu potrebno je prikupiti:

- Podatke o prometnim nesrećama na nacionalnoj razini
- Ukupnoj duljini cesta na nacionalnoj razini
- Podaci o količini prometa.

### 3.1.2. Segmentacija cestovne mreže

Segmentacija cestovne mreže podrazumijeva podjelu ceste na manje dijelove koji mogu biti dionice ili raskrižja. Dionica predstavlja dio ceste između dva raskrižja. Dionica se dalje može podijeliti na manje dijelove koji se nazivaju homogeni dijelovi te svaki homogeni dio ili raskrižje predstavlja jedinicu za provedbu reaktivne metodologije.

Cesta se može podijeliti na manje dijelove temeljem jednog od sljedećih tri pristupa:[9]

- Pristup 1. – dionice koje uključuju i segmente ceste i raskrižja
- Pristup 2. – dionice koje uključuju samo segmente ceste i raskrižja (predefinirane dimenzije)
- Pristup 3. – dionice koje uključuju samo segmente ceste i raskrižja (izmjerenih dimenzija).

Na jednoj cesti ne smiju se miješati segmentacijski pristupi. S obzirom da su tuneli isključeni iz procjene dionice ceste u procesu segmentacije trebale bi završiti prije ulaza u tunel i započeti nakon izlaska. Također i naplatne postaje su isključene iz procjene te bi dionice ceste trebale završiti prije početka proširenja naplate rampe i započeti nakon što cesta nakon naplatne rampe dobije jedinstveni presjek. U slučaju mostova dužih od 200 metara preporuča se primjena zasebne dionice za taj most. [9]

Preporučuje se uskladiti početne i završne točke dionica za proaktivnu procjenu s početnim i završnim točkama dionica reaktivne procjene ako se nalaze na razmaku manjem od 100 metara, jer će to smanjiti napor pri završnom integriranju rezultata dviju metodologija. S obzirom da reaktivna metodologija zahtjeva veće segmente, očekuje se da će segmenti za procjenu na temelju reaktivnog pristupa uključivati više od jednog segmenta proaktivnog pristupa. [9]

S obzirom da se za autoceste gradske ili ruralne te primarne ceste s dva fizički odvojena kolnička traka analizira se svaki smjer zasebno potrebno provesti zasebnu segmentaciju. Izuzeci su dopušteni samo u slučaju da u većini zapisa o prometnim nesrećama nedostaju podaci o smjeru vožnje.

Općenito, dionice se formiraju između uzastopnih raskrižja. Dakle raskrižje je početna točka dionice, a sljedeće raskrižje je krajnja točka te dionice. U slučaju da dionica između dva raskrižja bude prekratka u usporedbi s predloženim dimenzijama, dionica se može produžiti do sljedećeg raskrižja. Za proces segmentacije autoceste uzimaju se u obzir tri vrste podataka: [9]

- Lokacija raskrižja
- Horizontalna trasa
- Broj traka.

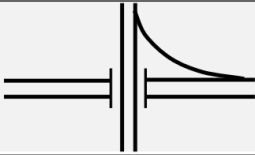

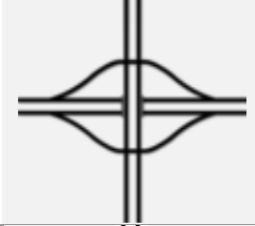



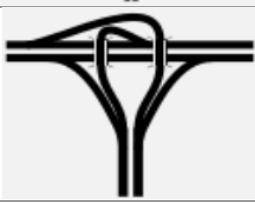
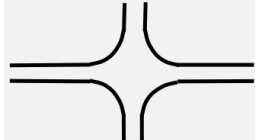
Za segmentaciju primarnih cesta s dva fizički odvojena kolnička traka promatraju se podaci kao i za autoceste plus podatak o količini prometa izraženu prosječnim godišnjim dnevnim prometom. Lokacija raskrižja nudi prvu grubu segmentaciju cestovne mreže. Ovisno o dostupnosti podataka i dimenzijama raskrižja mogu se koristiti tri alternativna pristupa segmentaciji. Odluka o tome da se raskrižja smatraju zasebnim i odvojenim jedinicama od dionica ovisi samo o dostupnosti podataka. [9]

Pristup 1. Homogene dionice ceste – Prvi grubi presjek definiran je između dva uzastopna raskrižja, a početna i završna točka presjeka su središnje točke raskrižja. Dobivene dionice se mogu dalje podijeliti na homogene dijelove na temelju zakrivljenosti i broja traka.

Pristup 2. Homogene cestovne dionice i raskrižja fiksnih dimenzija – Ovaj pristup razlikuje segmente ceste i raskrižja. Raskrižja ovisno o vrsti imaju predefinirane dimenzije. Početna i krajnja točka raskrižja definirane su na temelju njihove fiksne dimenzije i središnje točke. Predefinirane dimenzije za raskrižja navedene su u tablici 1. Dionice su definirane kao dijelovi između dva uzastopna raskrižja. Dobivene dionice se mogu dalje podijeliti na homogene dijelove na temelju zakrivljenosti i broja traka. [9]

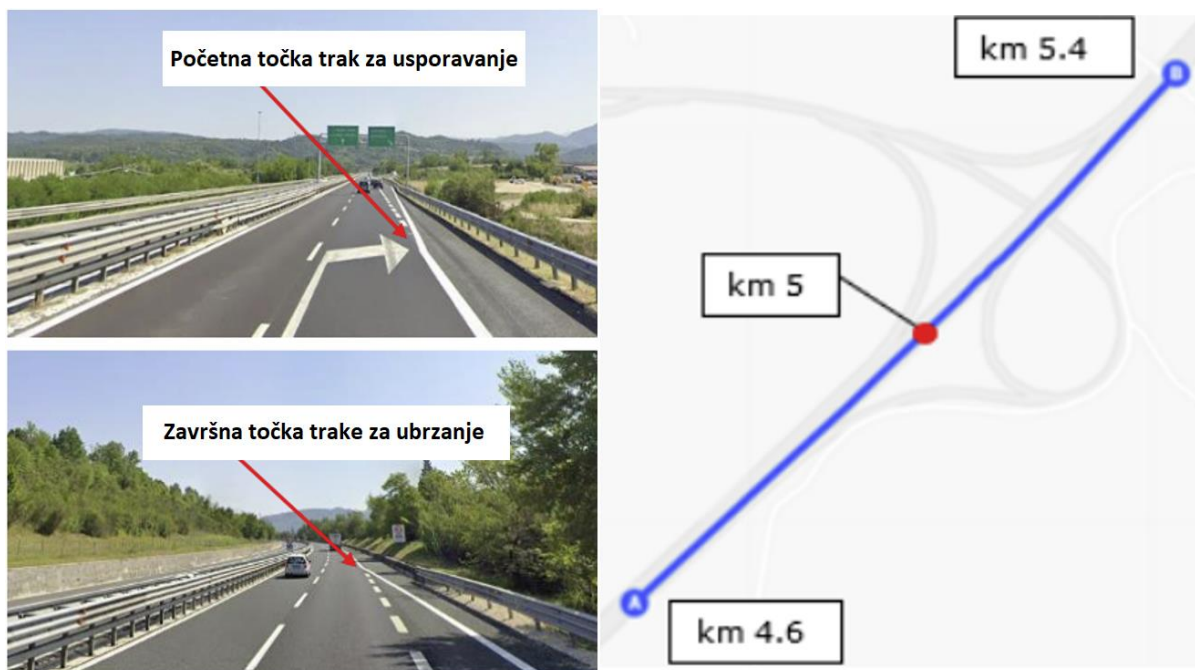


Tablica 1. Predefinirane dimenzije raskrižja

| TIP RASKRIŽJA      | SKICA RASKRIŽJA   | PREDEFINIRANA DIMENZIJA |
|--------------------|---|-------------------------|
| Jednostruka rampa  |    | 200 m                   |
| Truba              |    | 400 m                   |
| Dijamant           |    | 500 m                   |
| U-turn             |   | 700 m                   |
| Djetelina          |  | 800 m                   |
| Cloverstack        |  | 900 m                   |
| T-Bone             |  | 900 m                   |
| Složena geometrija | -   | 1.000 – 1.200 m         |
| Raskrižje u razini |  | 100 m                   |

Izvor: [9]

Pristup 3. Homogene cestovne dionice i raskrižja izmjerenih dimenzija – Ovaj pristup također razlikuje segmente cesta i raskrižja. Za svako raskrižje zasebno je potrebno izmjeriti udaljenost između početne i krajnje točke raskrižja. Početnu točku predstavlja početak trake za usporavanje, dok završnu točku predstavlja završetak trake za ubrzanje. Dionice su definirane kao dijelovi između dva uzastopna raskrižja. Na slici 2 prikazano je mjerenje dimenzija raskrižja. Dobivene dionice se mogu dalje podijeliti na homogene dijelove na temelju zakrivljenosti i broja traka. [9]



Slika 2. Mjerenje dimenzija raskrižja  
Izvor: [9]

Promatrajući broj trakova dionice trebaju biti što homogenije. Dodatne trake (npr. na području raskrižja) ne uzimaju se u obzir kod definiranja homogenih dionica. U slučaju promjene broja traka potrebno je definirati novu dionicu. U pogledu horizontalne osi ceste dionice bi također trebale biti što je moguće homogenije. Stoga je potrebno napraviti razliku između zavojitih i ravnih odnosno blago zavojitih dionica ceste.

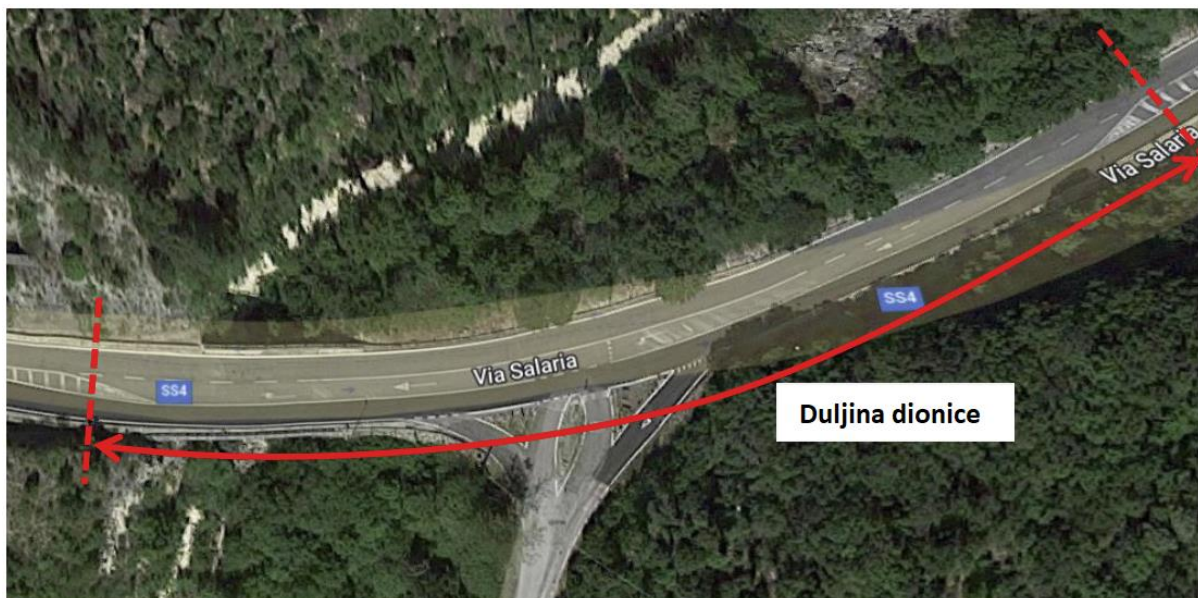
Preporučeni raspon duljina dionica u slučaju ruralnih autocesta iznosi  $10 \pm 5$  km te maksimalna duljina iznosi 15 km. Preporučeni raspon duljina dionica u slučaju gradskih autocesta iznosi  $5 \pm 2$  km te maksimalna duljina iznosi 7 km. Preporučeni raspon duljina dionica u slučaju primarnih cesta s dva fizički odvojena kolnička traka iznosi  $10 \pm 5$  km u slučaju raskrižja izvan razine. Preporučeni raspon duljina dionica u slučaju raskrižja u razini iznosi  $5 \pm 2$  km. Navedene duljine nisu obaveze te je moguće koristiti i duže ili kraće dionice pri čemu

treba voditi računa da dionice budu homogene i da pragovi nisu značajno prekoračeni. Kod cesta s dva fizički odvojena kolnička traka na mjestu gdje dolazi do velikih promjena u količini prometa potrebno je definirati novu dionicu. [9]

Proces segmentacije cesta s jednim zajedničkim kolničkim trakom sličan je procesu segmentacije cesta s dva fizički odvojena kolnička traka uz nekoliko razlika, a to su: [9]

- Segmentacija se ne provodi za svaki smjer zasebno
- Nema raskrižja u više razina, stoga se u Pristupu 2. segmentacije koristi samo predefinjirana dimenzija raskrižja u razini (100 m)
- Preporučeni rasponi za duljine dionice su  $5 \pm 2$  km.

Slika 3 prikazuje proces segmentacije raskrižja u razini pomoću Pristupa 3.



Slika 3. Segmentacija raskrižja u razini  
Izvor: [9]

Na kraju procesa segmentacije cestovne mreže treba postojati popis svih dionica i raskrižja koji prikazuje broj dionice, početnu i završnu točku dionice te duljinu dionice.

#### 1.1.1. Dodjeljivanje razine sigurnosti

Na temelju poznatih informacija za svaku dionicu i raskrižje pomoću Poissonove metode procjenjuju se niži i viši prag za promatrani broj sudara svake dionice i raskrižja.

Niži interval pouzdanosti  $x^2 = \left[ \frac{a}{2}, 2 \times k \right] / 2$  (1)

Viši interval pouzdanosti  $x^2 = \left[ 1 - \frac{a}{2}, 2 \times (k + 1) \right] / 2$  (2)

k – broj sudara na promatranjoj dionici tijekom razdoblja analize

a – razina pouzdanosti (preporuča se koristiti 0,05)

Korištenjem broja sudara definiranih gornjim i donjim intervalom pouzdanosti, izračunavaju se dvije metrike sigurnosne izvedbe za svaku dionicu: [9]

- Stopa sudara
- Gustoća sudara.

Stopa sudara ne može se izračunati ako nisu dostupni podaci o količini prometa za odabranu dionicu. [9]

Stopa sudara  $R_i = \frac{N_i * 10^8}{365.25 * AADTI * y * L_i}$  (3)

$N_i$  – broj prometnih nesreća na dionici/raskrižju, koji su se dogodili u razdoblju analize

AADTI – prosječni godišnji dnevni promet dionice/raskrižja

y – razdoblje analize [godina]

$L_i$  – duljina dionice [km]. [9]

Gustoća sudara  $d_i = \frac{f_i}{L_i}$  (4)

$f_i$  – učestalost sudara na dionici/raskrižju ceste, dobije se dijeljenjem broja nesreća sa brojem godina za koji se provodi analiza

$L_i$  – duljina dionice/raskrižja [km]. [9]

Zasebno ocjenjivanje dionica provodi se na temelju stope sudara i gustoće sudara. Na temelju gore navedenog, definirane su tri ocjene/razine sigurnosti za rangiranje dionica mreže pomoću reaktivno pristupa, odnosno:

- Ako je metrika sigurnosne izvedbe za referentnu populaciju niža od donjeg praga, odgovarajuća dionica/raskrižje klasificira se kao „Visoki rizik“.

- Ako je metrika sigurnosne izvedbe za metriku referentne populacije viša od gornjeg praga, odgovarajuća dionica/raskrižje klasificira se kao „Nizak rizik“.
- Ako je metrika sigurnosne izvedbe za referentnu populaciju između donjeg i gornjeg praga ili je jednaka jednom od pragova, odgovarajuća dionica/raskrižje klasificira se kao "Nesigurno"

Svaka dionica i raskrižje (ako su raskrižja definirana tijekom segmentacije) mreže mogu se svrstati u jednu od navedenih ocjena te to ujedno i predstavlja kraj reaktivnog pristupa. [9]

### 3.2. Proaktivan pristup

Prvi konceptualni okvir za proaktivnu metodologiju procjene sigurnosti na cijeloj mreži predstavljen je u ožujku 2021. Predstavljene su dvije verzije pristupa, odnosno A i B verzija. A verzija je uključivala veće troškove provedbe te veći broj potrebnih podataka (27), B verzija je uključivala manje troškove provedbe i manji broj podataka (13). S obzirom na potrebu za jednostavnijom metodologijom koja uključuje manji broj podataka u studenom 2021. predstavljene su nove A i B verzije za provedbu kojih je potreban manji broj podataka. Odnosno za A verziju osam podataka za autoceste i 11 za primarne ceste, za B verziju pet podataka za autoceste i sedam za primarne ceste. Metodologija je testirana na 50,6 m ruralne autoceste u južnoj Grčkoj i na 19 km ceste s jednim zajedničkim kolničkim trakom u središnjoj Grčkoj. Nakon provedenih testiranja A i B verzije spojene su u jednu. [9]

Kod proaktivnog pristupa prvi korak kao i kod reaktivnog pristupa predstavlja svrstavanje ceste koju treba procijeniti u jednu od četiri kategorije. Moguće kategorije su:

- Autocesta – ruralna
- Autocesta – gradska
- Primarna cesta – sa dva fizički odvojena kolnička traka
- Primarna cesta – sa jednim zajedničkim kolničkim trakom.

Kao i kod reaktivnog pristupa kategorija ceste može se mijenjati duž iste osi ceste, ali se kategorija ceste ne bi se smjela mijenjat unutar dionice. Nakon svrstavanja ceste u određenu kategoriju potrebno je provesti prikupljanje podataka i segmentaciju ceste. [9]

### 3.2.1. Prikupljanje podataka i ocjenjivanje

Za provedbu proaktivnog pristupa procjene sigurnosti na razini cijele mreže potrebno je nekoliko vrsta podataka koji se prikupljaju u dvije faze. Prva faza odnosi se na prikupljanje podataka prije segmentacije cestovne mreže te je usmjerena na olakšavanje samog procesa segmentacije. Druga faza odnosi se na prikupljanje podataka nakon segmentacije cestovne mreže te zahtjeva podatke na višoj razini detaljnosti. Podaci se mogu prikupljati od graditelja ceste ili upravitelja u *dwg* ili papirnatom formatu, u bazama podataka popisa cesta, korištenjem online alata kao što su Google Maps, Google Earth, OpenStreetMaps, putem anketa te osobnim izlaskom na teren. [9]

Druga faza prikupljanja podataka odnosi se na detaljno prikupljanje podataka na razini dionica. Neki parametri variraju duž dionice i u tom slučaju dionicu je potrebno podijeliti na manje segmente s različitim ulaznim vrijednostima parametara. Za potrebe procjene sigurnosti autocesta potrebni su podaci o šest parametara, a to su: [9]

- Širina trake
  - o Može varirati duž dionice
- Procjena ruba kolnika
  - o Širina čiste zone
  - o Vrsta prepreke
- Horizontalno zaobljenje
  - o Polumjer zaobljenja – mjereno na središnjoj liniji autoceste
  - o Duljina horizontalnog zaobljenja unutar dionice
- Raskrižja
  - o Lokacija ulazno izlaznih rampi
  - o Udaljenost između uzastopnih rampi
- Konflikti između pješaka i motornog prometa
  - o Pješaci su dopušteni samo na odmorištima/parkiralištima
- Centar za nadzor i upravljanje prometom i/ili sustav za obavješćivanje korisnika o incidentima.

Za potrebe procjene sigurnosti primarnih cesta potrebni su podaci o devet parametara, a to su: [9]

- Širina trake
  - o Može varirati duž dionice
- Procjena ruba kolnika

- Širina čiste zone
- Bočni nagib
- Vrsta prepreke
- Horizontalno zaobljenje
  - Polumjer zaobljenja – svih krivina unutar dionice
  - Ograničenje neposredno prije i duž najvećeg zaobljenja
- Gustoća pristupnih točaka posjedu
  - Sva mjesta na kojima se može uključiti/isključiti na dionicu ceste, a da to nisu raskrižja smatraju se točkama pristupa posjedu
- Raskrižja
  - Tip raskrižja
  - Duljina raskrižja
- Konflikti između pješaka/biciklista i motornog prometa
  - Pješački prijelazi
  - Objekti za smještaj pješaka uz cestu
  - Objekti za smještaj biciklista uz cestu
  - Ograničenje brzine
- Bankina
  - Ukupna širina
  - Bilješka je li bankina asfaltirana ili neasfaltirana
- Pretjecanja traka
  - U slučaju cesta s jednim zajedničkim kolničkim trakom
  - Nagib ceste
- Znakovi i oznake na kolniku
  - Prisutnost svih potrebnih znakova i oznaka na kolniku
  - Kvaliteta i stanje oznaka na kolniku
    - Na odgovarajućem mjestu, kvalitetno, dobro stanje
    - Na odgovarajućem mjestu, ali loše kvalitete ili stanja
    - Kritični znakovi/oznake nedostaju.

Navedenim parametrima i u slučaju autocesta i u slučaju primarnih cesta potrebno je dodijeliti određene faktore modifikacije sudara i redukcijske faktore. [9]

### 3.2.2. Segmentacija cestovne mreže

Moguća su dva pristupa segmentacije cestovne mreže kod proaktivnog pristupa. Prvi pristup podrazumijeva dionice koje su približno homogene na temelju količine prometa, broja traka, vrste terena i ograničenja brzine. U ovom slučaju maksimalne duljine dionice su u rasponu od 2 do 5 km. Drugi pristup podrazumijeva dionice fiksne duljine npr. 500 m. U ovom slučaju budući da se homogenost ne razmatra izričito fiksna duljina dionica ne bi trebala biti jako velika, jer bi to uzrokovalo spajanjem nehomogenih karakteristika cesta. U slučaju homogenih dionica vrijedi: [9]

- Dionice se sastoje od segmenata: osi predmetne ceste i raskrižja
- Raskrižja su dio dionice, osim ako ne dođe do značajne promjene u količini prometa
- Tuneli su isključeni iz procjene. Definirane dionice trebaju završiti prije ulaza u tunel i započeti nakon izlaza iz tunela
- Područja naplatnih postaja isključuje se iz procjene. Definirane dionice trebaju završiti prije početka proširenja naplatne rampe i započeti nakon rampe kada cesta dobije jedinstveni presjek.
- Za dionice mostova primjenjuje se metodologija procjene kao i na za ostale dionice ceste.

Segmentacija se provodi zasebno za svaki smjer vožnje. Početne i završne točke dionice u jednom smjeru ne moraju se poklapati s točkama suprotnog smjera. Za segmentaciju pomoću fiksnih duljina preporuča se korištenje dionica u duljini od 400 do 600 m. Velike promjene u količini prometa trebaju se koristiti za definiranje dviju različitih dionica. U slučaju promijene broja traka potrebno je definirati novu dionicu. Dodatne trake na području raskrižja ne uzimaju se u obzir. U slučaju promjene ograničene brzine također je potrebno definirati novu dionicu, iznimno u slučaju kratkih segmenata s drugačijim ograničenjem brzine nije potrebno definirati novu dionicu.

Vrsta terena može se podijeliti na tri osnovne kategorije, a to su ravničarski, brdoviti te planinski. Preporuča se da se dionica prostire duž jedne vrste terena. Iako nije obvezan kriterij za segmentaciju. Preporuča se oblikovati dionice na način da su horizontalna zaobljenja u cijelosti uključena ili u potpunosti isključena iz dionice. [9]



### 3.2.3. Dodjeljivanje razine sigurnosti

Nakon procjene konačnog redukcijskog faktora za svaki parametar, može se odrediti konačni rezultat dionice. Konačni rezultat za svaku dionicu se izračunava pomoću jednadžbe:

$$Vrijednost_i = 100 \times RF_{1i} \times RF_{2i} \times \dots \times RF_{ni} [\%] \quad (5)$$

Gdje je  $Vrijednost_i$  ocjena sigurnosti  $i$ -te dionice ceste.

$RF_{ni}$  predstavlja različite parametre korištene u procjeni sigurnosti. [9]

Nakon dodjeljivanja ocjene izražene u postotku, dionici se dodjeljuje ocjena/razina sigurnosti. Razina sigurnosti se dodjeljuje prema pragovima definirani posebno za autoceste i primarne ceste.

Autoceste: [9]

- Nizak rizik – razina 1: Vrijednosti  $\geq 85\%$ , zelena boja
- Srednji rizik – razina 2:  $65\% \leq Vrijednosti < 85\%$ , žuta boja
- Visoki rizik – razina 3: Vrijednosti  $< 65\%$ , crvena boja

Primarne ceste: [9]

- Nizak rizik – razina 1: Vrijednosti  $\geq 80\%$ , zelena boja
- Srednji rizik – razina 2:  $50\% \leq Vrijednosti < 80\%$ , žuta boja
- Visoki rizik – razina 3: Vrijednosti  $< 50\%$ , crvena boja.

Dionice cesta klasificirane kao „Visoki rizik“ i „Srednji rizik“ potencijalno će biti podložne naknadnim radnjama u cilju povećanja sigurnosti cestovnog prometa, također ovisno o rezultatima reaktivnog pristupa i raspoloživim sredstvima. Kada su sredstva za sigurnost cestovnog prometa ograničena, važno je učinkovito odrediti prioritet daljnjeg ispitivanja i/ili poduzimanja radnji u cilju povećanja sigurnosti cestovnog prometa. [9]

### 3.3. Integrirani pristup

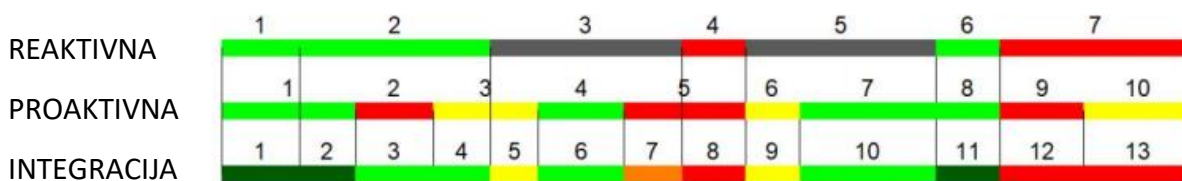
Integrirani pristup metodologije za procjenu sigurnosti cesta predstavlja proces kombiniranja rezultata proaktivnog i reaktivnog pristupa kako bi se dobila konačna ocjena razine sigurnosti predmetne ceste. Integracijom rezultata moguće je dobiti jednu od pet ocjena koje su prikazane na slici 4. Moguće konačne ocjene/razine sigurnosti su: [9]

- Vrlo visoki prioritet – najlošije stanje ceste
- Visoki prioritet
- Srednji prioritet
- Niski prioritet
- Vrlo niski prioritet – najbolje stanje ceste

| REZULTATI<br>PROAKTIVNE PROCJENE | REZULTATI REAKTIVNE PROCJENE       |                                 |                                    |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                  | Visok rizik<br>(razina r3)         | Nesiguran<br>(razina r2)        | Nema podataka                      | Niski rizik<br>(razina r1)         |
| Visok rizik<br>(razina p3)       | Vrlo visok prioritet<br>(razina 5) | Visok prioritet<br>(razina 4)   | Visok prioritet<br>(razina 4)      | Niski prioritet<br>(razina 2)      |
| Srednji rizik<br>(razina p2)     | Vrlo visok prioritet<br>(razina 5) | Srednji prioritet<br>(razina 3) | Srednji prioritet<br>(razina 3)    | Niski prioritet<br>(razina 2)      |
| Niski rizik<br>(razina p1)       | Vrlo visok prioritet<br>(razina 5) | Niski prioritet<br>(razina 2)   | Vrlo niski prioritet<br>(razina 1) | Vrlo niski prioritet<br>(razina 1) |

Slika 4. Integracija rezultata proaktivnog i reaktivnog pristupa  
Izvor: [9]

Slika 5 prikazuje primjer integriranja rezultata s različitim duljinama dionica proaktivnog i reaktivnog pristupa. Crne okomite linije predstavljaju granice dionica, dok boja prikazuju dodijeljenu ocjenu razine sigurnosti. Od sedam dionica kod reaktivnog pristupa i 10 dionica kod proaktivnog pristupa, ukupno u integriranom pristupu dobiva se 13 dionica.

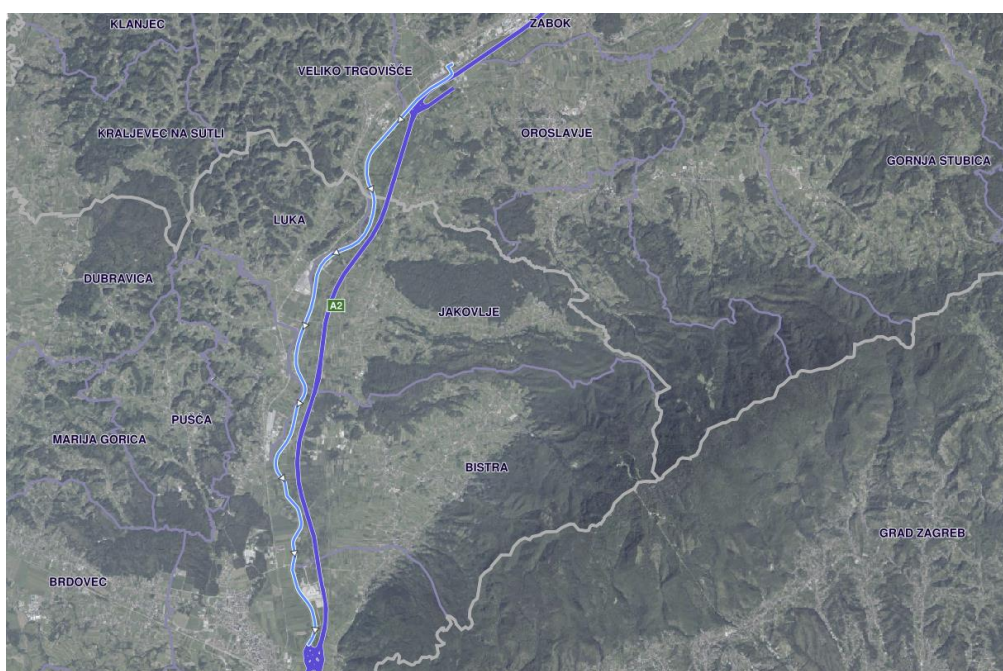


Slika 5. Primjer integriranja rezultata s različitim segmentiranjem u svakom pristupu

Izvor: [9]

## 4. Analiza prometnih nesreća na dionici državne ceste D1 Pavovec Zabočke – Jakovlje – Ivanec Bistranski

Dionica državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski nalazi se sjeverozapadno od Zagreba te povezuje Zagrebačku županiju sa Krapinsko-zagorskom županijom. Duljina navedene dionice iznosi 19 769 metara. Na slici 6 plavom bojom prikazana je makrolokacija navedene dionice. Paralelno uz navedenu dionicu državne ceste D1 nalazi se dionica autoceste A2 čvorište Zabok – Oroslavje – čvorište Zaprešić, na slici 6 označena ljubičastom bojom.



Slika 6. Makrolokacija dionice državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski  
Izvor: [10]

Na predmetnoj dionici najveća dopuštena brzina kretanja vozila iznosi 90 km/h, dok najmanja dopuštena brzina kretanja vozila iznosi 40 km/h u zonama raskrižja s kružnim tokom.

Krajem 2011-te godine u sklopu programa Betterment II započela je obnova dionice D1. Obnova je obuhvaćala izmjenu cijele kolničke konstrukcije, uređenje raskrižja, autobusnih ugibališta te prometne signalizacije. Investitor radova su Hrvatske ceste, za nadzor bio je zadužen Institut IGH, a izvođač Hidroelektra. Vrijednost investicije iznosila je 6,83 milijuna eura bez PDV-a. [11]

Predmetna dionica povezuje nekoliko većih poslovnih objekata kao što su Westgate Shopping Center, Lagermax Logistics Croatia d.o.o., FACC Solutions Croatia d.o.o., Eurocable group d.o.o. te tri benzinske postaje.

Dionica se sastoji od 11 raskrižja koja su prikazana slikama u nastavku. Četiri raskrižja nalaze se na području Krapinsko-zagorske županije te sedam na području Zagrebačke županije. Na slici 7 prikazano je prvo četverokrako kružno raskrižje predmetne dionice koje povezuje predmetnu dionicu državne ceste D1 sa prethodnom dionicom D1, državnu cestu D205 te županijsku cestu Ž2267. Na slici je također prikazana lokacija raskrižja na predmetnoj dionici.



Slika 7. 1. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski

Na slici 8 prikazano je sljedeće kružno raskrižje. Raskrižje povezuje predmetnu dionicu državne ceste D1 sa državnom cestom D307. Prikazano raskrižje predstavlja mjesto na kojem na predmetnoj dionici dolazi do najveće promijenjen PGDP-a.



Slika 8. 2. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski

Sljedeće, odnosno treće raskrižje je trokrako raskrižje u razini prikazano na slici 9. Raskrižje povezuje predmetnu dionicu državne ceste D1 sa općinom Veliko Trgovišće.



Slika 9. 3. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski

Četvrto, posljednje raskrižje na području Krapinsko-zagorske županije povezuje predmetnu dionicu državne ceste D1 sa županijskom cestom Ž2217, odnosno sa naseljem Žejinci, Stubička Slatina te naseljem Igrišće. Raskrižje je prikazano na slici 10.



Slika 10. 4. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski

Peto, odnosno prvo raskrižje na području Zagrebačke županije prikazano je na slici 11. Raskrižje povezuje predmetnu dionicu državne ceste D1 sa županijskom cestom Ž3008, odnosno naselja Jakovlje i Luka.



Slika 11. 5. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski



Sljedeće četverokrako raskrižje u razini povezuje predmetnu dionicu državne ceste D1 sa županijskom cestom Ž3009, odnosno naselja Kupljeno i Jakovlje. Raskrižje je prikazano na slici 12.



Slika 12. 6. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski

Sljedeće raskrižje povezuje predmetnu dionicu državne ceste D1 sa županijskom cestom Ž3036, odnosno naseljima Donja Bistra i Pojatno. Raskrižje je prikazano na slici 13.



Slika 13. 7. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski

Sljedeće četverokrako kružno raskrižje povezuje predmetnu dionicu državne ceste D1 sa županijskom cestom Ž2262, odnosno sa gradom Zaprešićem i naseljem Jablanovec. Raskrižje je prikazano na slici 14.



Slika 14. 8. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski

Posljednja tri raskrižja koja su prikazana na slikama 15, 16 i 17 povezuju predmetnu dionicu državne ceste D1 sa Westgate Shopping Center.



Slika 15. 9. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski



Slika 16. 10. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski



*Slika 17. 11. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski*

#### 4.1. Prometne nesreće

Stupanj sigurnosti sudionika u cestovnom prometu općeniti je pokazatelj prometne kulture i načina života ljudi, te kao takav predstavlja bitan čimbenik kvalitete prometnog sustava svake države. Povećanjem stupnja motorizacije cestovnog prometa, rastu i negativni učinci koji se manifestiraju kroz nastanak prometne nesreće. Osim individualnih tragedija, smrtnih posljedica i ozljeda, društvo trpi velike gubitke zbog materijalnih šteta prometnih nesreća. Kako bi se preventivskom djelatnošću smanjio broj prometnih nesreća i njihove posljedice, potrebno je nastojati što bolje upoznati čimbenike i uzroke njihovog nastanka.

Prometna nesreća podrazumijeva „neki događaj na cesti koji je izazvan kršenjem prometnih propisa i u kojemu je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojemu je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica prometne nesreće ili je, pak, izazvana materijalna šteta.“ (Zakon o sigurnosti prometa na cestama čl.1.a, st. 86.)

Prometnom nesrećom ne smatra se 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 prevrnuo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom ne sudjeluje drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem drugoj osobi nije prouzročena šteta. [12]

Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske 2011. – 2030. godine objavio je kako svake godine u svijetu u prometnim nesrećama pogine 1.300.000 ljudi, a 50.000.000 ih bude ozlijeđeno. Predviđa se da će do 2030. prometne nesreće postati peti uzrok smrtnosti, odnosno, da će poginuti 2.400.000 osoba, ako se nastave sadašnji trendovi. Svake godine od ukupnog broja smrtno stradalih osoba u svijetu, 90 % ih stradava u prometnim nesrećama u nisko i srednje razvijenim zemljama, dok istovremeno u tim zemljama ima samo 48 % registriranih vozila. Prema predviđanjima do kraja 2030. udio tih zemalja u ukupnom broju vozila u svijetu porasti će na 60%, dok će se broj vozila u cijelome svijetu udvostručiti. [2]

Prometne nesreće postale su javnozdravstveni problem jer imaju značajan udio u ukupnoj smrtnosti, a u isto vrijeme su vodeći uzrok smrtnosti djece i mladih. Osim toga, prometne nesreće zauzimaju značajan uzrok invalidnosti ljudi zbog čega u velikoj mjeri opterećuju zdravstveni sustav što utječe na socijalni i ekonomski razvoj države. Javno zdravstvo države ima veliku ulogu u prevenciji prometnih nesreća koju provodi putem određenih radnji: [13]

- uključivanja sigurnosti u prometu u aktivnosti na području promicanja zdravlja i prevencije bolesti,
- sistematskog prikupljanja zdravstvenih statističkih podataka o zdravstvenom značenju, obilježjima i posljedicama prometnih nesreća kao i njihove analize,
- poticanja i provođenja istraživanja koja su usmjerena poboljšanju znanja o čimbenicima rizika i razvoju te primjeni i evaluaciji uspješnosti mjera prevencije,
- unaprjeđenja izvanbolničke i bolničke skrbi te rehabilitacije za sve ozlijeđene i zagovaranja sigurnosti u prometu.

Svakodnevne prometne nesreće koje se događaju u čitavom svijetu, pa tako i Republici Hrvatskoj, predstavljaju veliki gospodarski problem zbog statističkih podataka koji pokazuju da najviše ginu mladi vozači koji su najproduktivniji dio društvene zajednice. Usprkos ukupnom poboljšanju cestovne sigurnosti, specifični problem rizika kojemu su izloženi mladi vozači stalno je prisutan i predstavlja velik problem društva. Kako bi se moglo kvalitetno djelovati na minimiziranje prometnih nesreća, neophodno ih je proučiti i detaljno analizirati kako i zašto nastaju prometne nesreće, odnosno koji su to uzroci koji najviše pridonose nastanku prometne nesreće. Prometne nesreće se mogu promatrati s različitih aspekata i to prema mjestu nastanka, vremenu nastanka, posljedicama, vrsti, okolnostima nastanka. U nastavku su prema navedenoj podijeli prikazane 52 prometne nesreće do kojih je došlo na predmetnoj dionici u razdoblju od tri godine, odnosno od 2020. do 2022. godine.

#### 4.1.1. Prometne nesreće prema mjestu nastanka

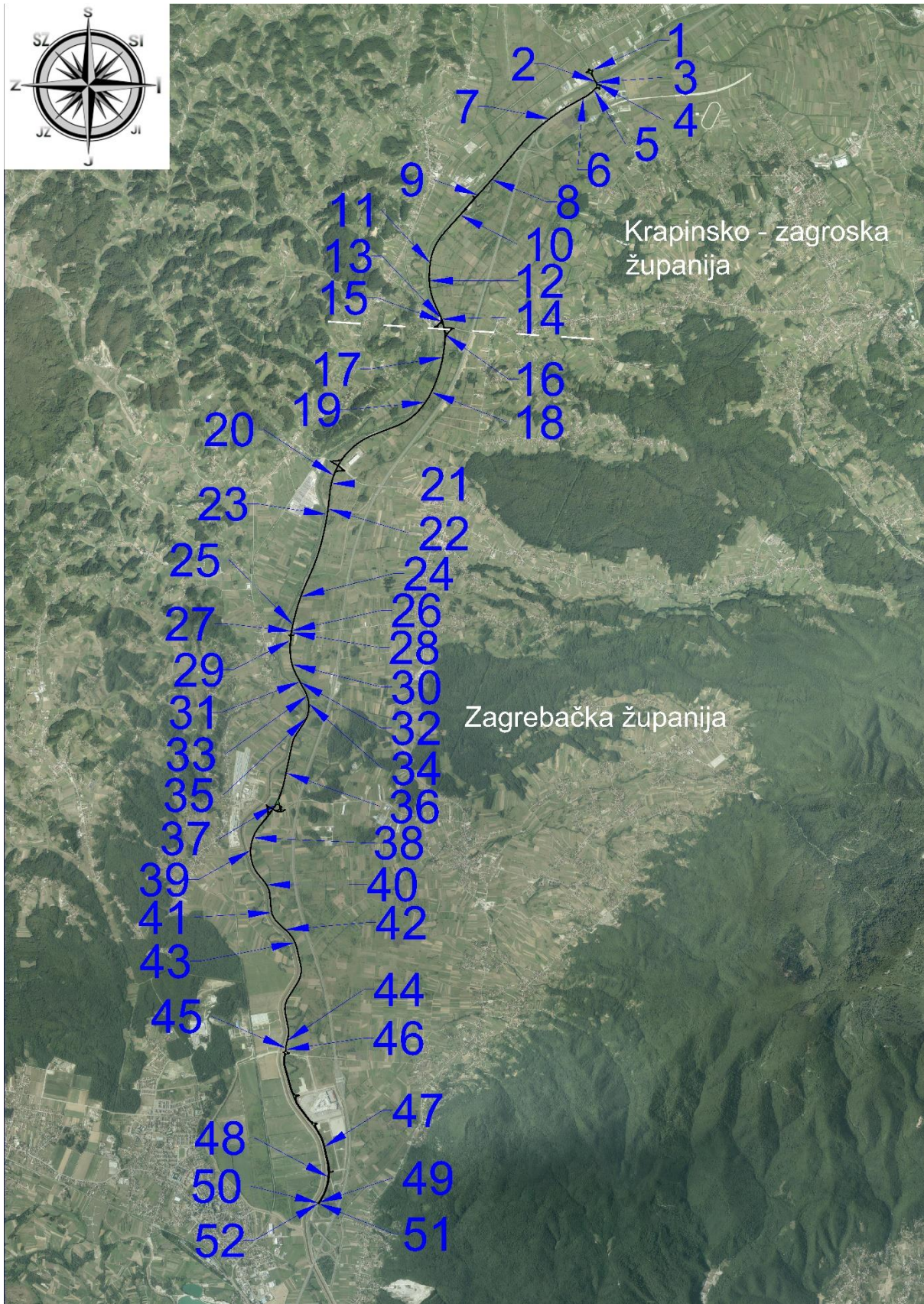
Prometne nesreće nisu jednako raspoređene na cijeloj cestovnoj mreži, već su na nekim dijelovima znatno češće. Mjesta na kojima se događa najveći broj prometnih nesreća su ona mjesta, odnosno dionice na cestovnoj mreži s lošom infrastrukturom gdje cesta, oprema ceste i okolina uvjetuju nastanak prometne nesreće. Razlozi zbog kojih pojedine lokacije postaju opasna mjesta su: [14]

- neodgovarajuća sigurnost često je posljedica nedovoljno kvalitetnih, nepotpunih i neprilagođenih prometnih projekata
- najopasnija su mjesta zavoji, prijevoji, raskrižja i pješački prijelazi (posebice kada državne ceste prolaze kroz naselja)
- povećan broj nesreća na vlažnim prometnicama uvelike je posljedica nekvalitetnog asfaltnog sloja i loše drenaže prometnica



- vozačeve su pogreške često posljedica neadekvatne prometne cestovne signalizacije
- opasnost često generira nekvalitetna regulacija prometa u prometnim mrežama i na raskrižjima
- pojave novih opasnih mjesta na dionicama temeljito obnovljenih kolnika upućuju na manjkave prometno-tehničke projekte rekonstrukcije
- stradanja pješaka u prometu često su posljedica nedovoljne preglednosti i loše signalizacije oko pješačkih prijelaza
- sigurnost prometa smanjuje loše održavanje kolnika i prometne signalizacije.

Slika 18 prikazuje lokacije na kojima je došlo do prometnih nesreća tijekom promatranog razdoblja. Bijelom isprekidanom linijom prikazana je granica Krapinsko-zagorske županije i Zagrebačke županije. Od ukupno 52 prometne nesreće do 15 prometnih nesreća došlo je na području Krapinsko-zagorske županije, te do 37 prometnih nesreća na području Zagrebačke županije. Podaci o prometnim nesrećama preuzeti su sa Fakulteta prometnih znanosti (Zavod za prometno-tehnička vještačenja).



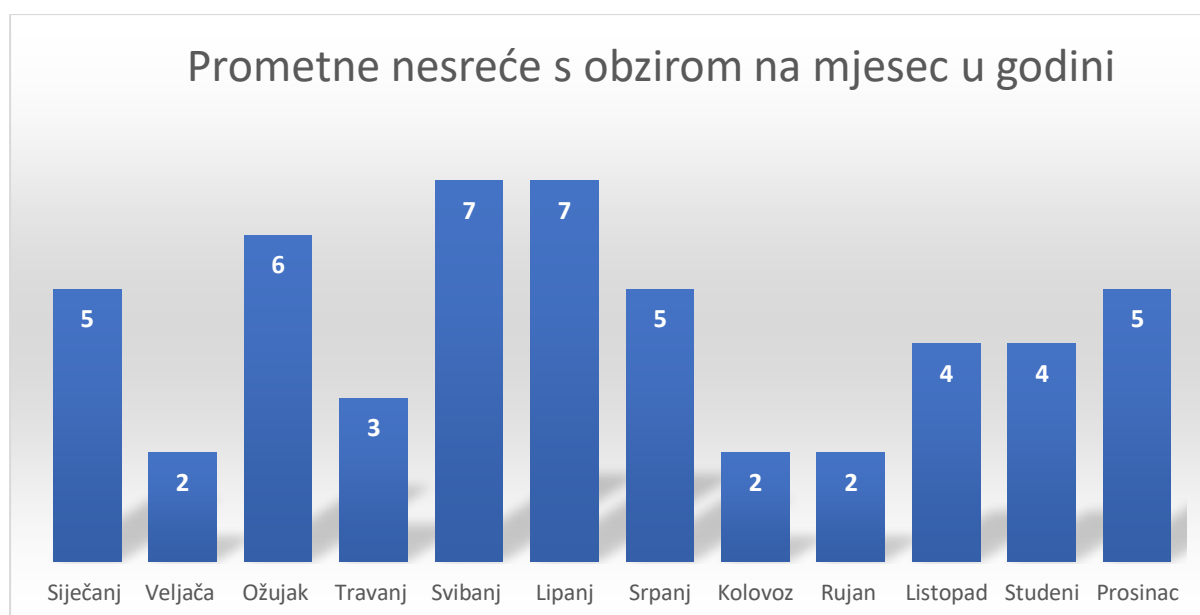
Slika 18. Lokacije prometnih nesreća u razdoblju od 3 godine

#### 4.1.2. Prometne nesreće prema vremenu nastanka

Prometne nesreće prema vremenu nastanka dijele se na: [2]

- prometne nesreće s obzirom na sat u danu
- prometne nesreće s obzirom na dan u tjednu
- prometne nesreće s obzirom na mjesec u godini

Prema podacima Biltena o sigurnosti cestovnog prometa broj prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj veći je u ljetnim mjesecima (srpnju i kolovozu) zbog sezone i većih gužvi na cestama, dok je najmanje prometnih nesreća u zimskim mjesecima (siječanj i veljača). S obzirom na dan u tjednu, najveći broj prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj zabilježen je petkom zbog većih migracija ljudi, putovanja, odlazaka u trgovačke centre i slično, a najmanje prometnih nesreća evidentirano je nedjeljom. Broj prometnih nesreća unutar 24 sata u danu varira. Najmanji broj prometnih nesreća događa se u noćnim satima kada je na prometnicama najmanji broj korisnika u danu. [14]



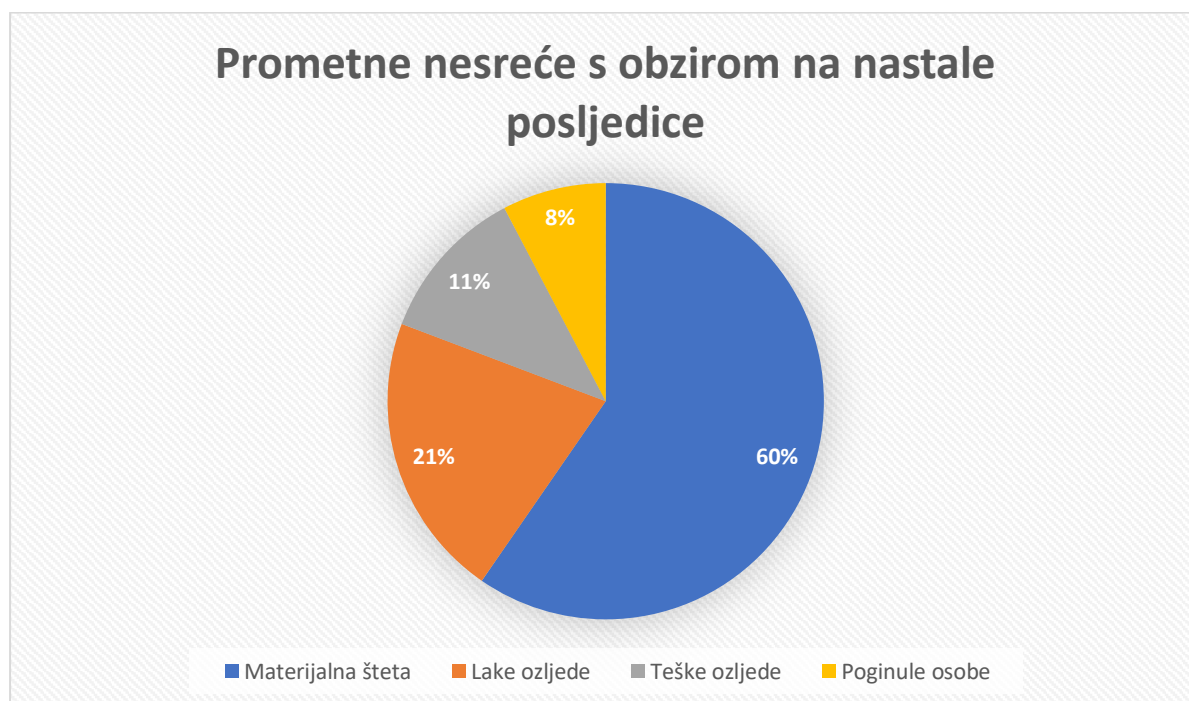
Graf 1. Prometne nesreće s obzirom na mjesec u godini

Graf 1 prikazuje učestalost prometnih nesreća na predmetnoj dionici za razdoblje od početka 2020. do kraja 2022. godine. Najveći broj nesreća zabilježen je u mjesecima svibanj i lipanj, odnosno sedam prometnih nesreća te najmanji broj u mjesecima veljača, kolovoz i rujanj, odnosno dvije prometne nesreće.

#### 4.1.3. Prometne nesreće s obzirom na nastale posljedice

Posljedice prometnih nesreća mogu biti manje ili veće, trajne i tragične za vozača i ostale suputnike te za ranjive sudionike u prometu, odnosno pješake i bicikliste. Na ozbiljnost prometnih nesreća značajno utječe vrijeme otkrivanja prometne nesreće, pravovremeno i pravilno pružanje prve pomoći. Nakon inicijalnog sudara može doći do pojave požara, nalijetanja drugih vozila što ima dodatan utjecaj na ozbiljnost posljedica. Prometne nesreće prema nastalim posljedicama dijele se na:

- prometne nesreće u kojima je nastala materijalna šteta
- prometne nesreće s lakše ozlijeđenima
- prometne nesreće s teže ozlijeđenima
- prometne nesreće s poginulim osobama



Graf 2. Prometne nesreće s obzirom na nastale posljedice

Iz grafa 2 vidljivo je kako su posljedice prometnih nesreća na predmetnoj dionici najčešće u obliku materijalne štete odnosno u 60% slučajeva. Lake ozljede zauzimaju drugo mjesto u pogledu najčešćih posljedica sa 21% učestalosti. Posljedice s teškim ozljedama i poginulim osobama podjednako su učestale, odnosno teške ozljede u 11% slučajeva te poginule osobe u 8% slučajeva.

#### 4.1.4. Prometne nesreće prema vrsti

Iako je svaka prometna nesreća s obzirom na vrstu nastanka specifična na svoj način, možemo ih podijeliti u nekoliko osnovnih vrsta: [15]

- 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.



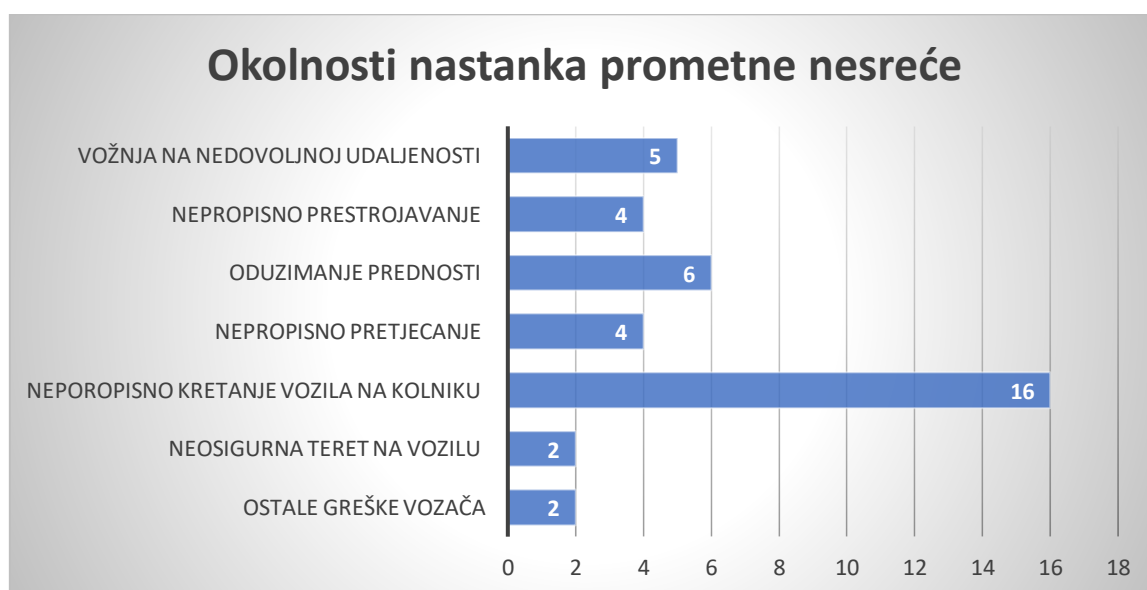
Graf 3. Prometne nesreće prema vrsti

Graf 3 prikazuje kako je u najvećem broju do prometne nesreće došlo prilikom sudara dvaju ili više vozila, odnosno u ukupno 36 slučajeva. Zanošenjem vozila došlo je sedam prometnih nesreća, naletom vozila na nepokretnu prepreku došlo je da pet prometnih nesreća te je jednom došlo do prometne nesreće naletom na životinju. U tri slučaja nije navedena vrsta prometne nesreće.

#### 4.1.5. Prometne nesreće prema okolnostima nastanka

Okolnost se može definirati kao neposredan uzrok zbog kojeg dolazi do prometne nesreće. Neke od najčešćih okolnosti nastanka prometnih nesreća su:

- vožnja neprilagođenom brzinom uvjetima na cesti
- nepoštivanje prednosti prolaska
- nepropisno kretanje vozila na kolniku
- nepropisna brzina
- nepropisno uključivanje u promet
- nepropisno skretanje
- nepropisno pretjecanje
- vožnja na nedovoljnoj udaljenosti
- zakašnjelo uočavanje opasnosti



Graf 4. Okolnosti nastanka prometne nesreće

Graf 4 prikazuje kako je najčešća okolnost nastanka prometne nesreće nepropisno kretanje vozila na kolniku, dok su ostale okolnosti podjednako zastupljene.

## 5. Reaktivna procjena sigurnost državne ceste D1 na dionici Pavlovec Zabočki – Jakovelje – Ivanec Bistranski

Procjena stanja sigurnosti državne ceste D1 na dionici Pavlovec Zabočki – Jakovelje – Ivanec Bistranski provedena je reaktivnim pristupom NWA metodologije. Predmetna dionica svrstana je u kategoriju primarnih cesta s jednim zajedničkim kolničkim trakom. Za provedbu reaktivnog pristupa potrebno je prikupiti nekoliko podataka o cesti za koju se vrši procjena:

- Ukupan broj prometnih nesreća za razdoblje od tri godine sa lakše/teže ozlijeđenima ili poginulim – 21
- Ukupna duljina dionice – 19,769 km

Također je potrebno prikupiti te izračunati nekoliko podataka o referentnoj populaciji:

- Ukupna duljina cesta istih karakteristika na nacionalnoj razini – 7307 km
- Ukupan broj prometnih nesreća na nacionalnoj razini – 5463
- Prosječni godišnji dnevni promet – 5127 voz/dan
- Gutaća prometne nesreće – 0,05
- Stopa prometne nesreće – 2,80

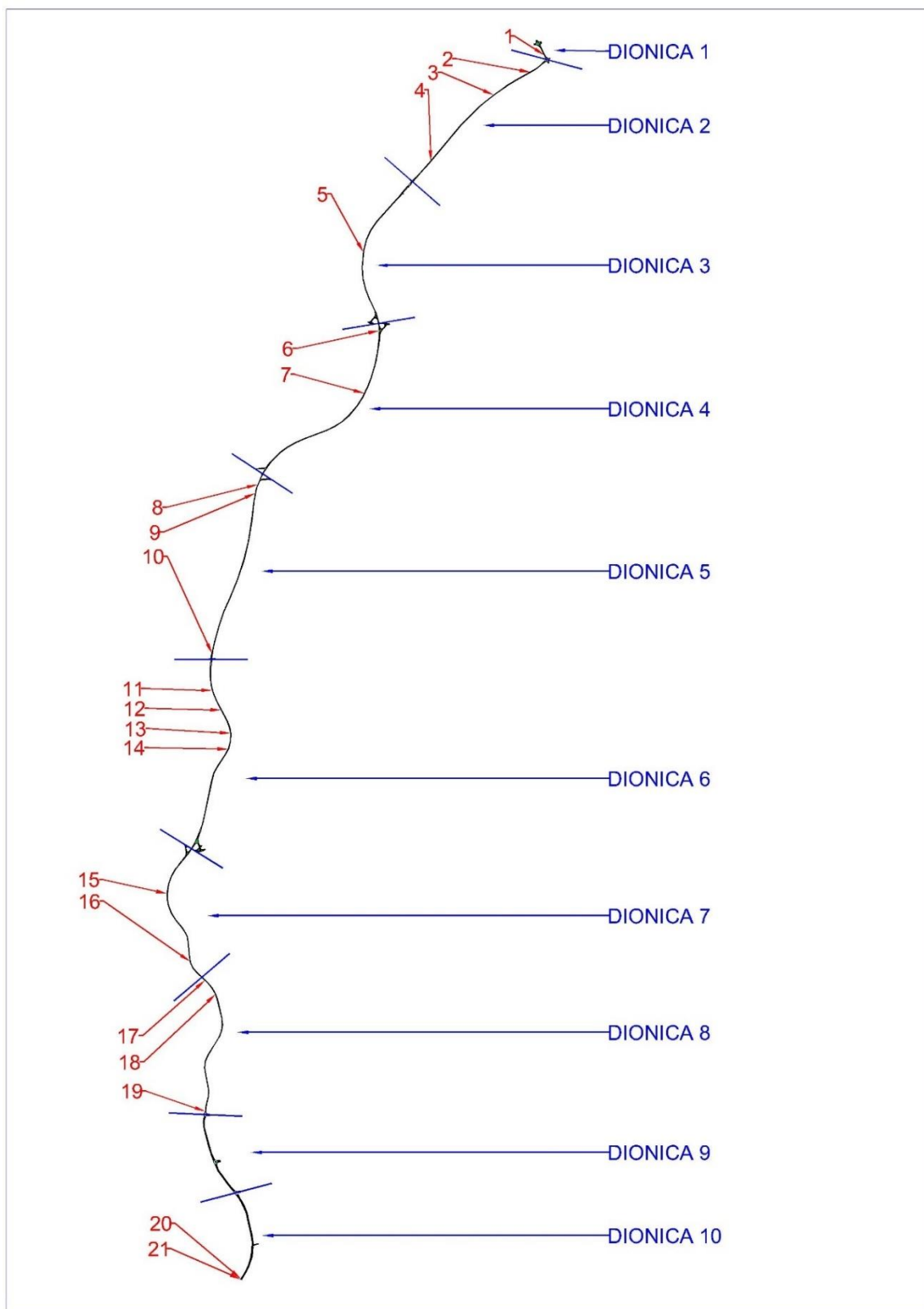
Podaci o prometnim nesrećama preuzeti su Fakulteta prometnih znanosti (Zavod za prometno-tehnička vještačenja). Podaci o duljini cesta, dionica preuzeti su sa geoportala Hrvatskih cesta.

Predmetnu dionicu potrebno je podijeliti na manje dionice/segmente jedinom od tri moguća pristupa segmentacije cestovne mreže. Predmetna dionica temeljem Pristupa 1 (dionice koje uključuju i segmente ceste i raskrižja) podijeljena je na 10 dionica. Nakon segmentacije za svaku dionicu potrebno je odrediti nekoliko podataka, a to su:

- Oznaka dionice
- Početna točka [km]
- Završna točka [km]
- Duljina dionice [km]
- Broj nesreća za razdoblje od 3 godine
- Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) [voz/dan]

Slika 19 prikazuje početne i završne točke dionica označene plavim linijama te lokacije prometnih nesreća koje su uključene u procjenu sigurnosti državne ceste D1 na dionici Pavlovec Zabočki – Jakovelje – Ivanec Bistranski. Od ukupno 52 prometnih nesreća do kojih je

došlo na predmetnoj dionici u razdoblju od tri godine, u procjenu je uključena 21 prometna nesreća, odnosno samo one s lakše/teže ozlijeđenima ili poginulim.



Slika 19. Prikaz dionica i lokacija prometnih nesreća koje su uključene u reaktivnu procjenu



Tablica 2. prikazuje procjenu razine sigurnosti za prvu dionicu predmetne dionice. Iako se u procesu segmentacije cestovne mreže ne preporučuje formiranje dionica duljine manje od jednog kilometra. Duljina prve dionice kojoj je početna točka prvo raskrižje te završna točka drugo raskrižje iznosi 0,413 km zbog značajne promijene PGDP-a do koje dolazi nakon drugog raskrižja. Na dionici zabilježena je jedna prometna nesreća te je temeljem gustoće sudara dodijeljena ocjena Visoki rizik. Temeljem stope sudara dodijeljena je ocjena Nesigurno te je ukupna razina sigurnosti procijenjena je kao Nesigurno.

Tablica 2. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 1

| DIONICA 1              |                         |  |                  |
|------------------------|-------------------------|--|------------------|
| Početne vrijednosti    |                         | Izračunate vrijednosti                     |                  |
| Početna točka [km]     | 34,361                  | Niži interval pouzdanosti prometne nesreće | 1                |
| Završna točka [km]     | 34,774                  | Viši interval pouzdanosti prometne nesreće | 6                |
| Duljina dionice [km]   | 0,413                   | Niža gustoća prometne nesreće              | 0,81             |
| Broj prometnih nesreća | 1                       | Viša gustoća prometne nesreće              | 4,84             |
| PGDP [voz/dan]         | 23421                   | Niža stopa prometne nesreće                | 9,43             |
|                        |                         | Viša stopa prometne nesreće                | 56,61            |
| RAZINA SIGURNOSTI      | Temeljem gustoće sudara |  | Visoki rizik     |
|                        | Temeljem stope sudara   |  | Nesigurno        |
|                        | Ukupno                  |  | <b>Nesigurno</b> |

Tablica 3. prikazuje procjenu razine sigurnosti druge dionice. Na drugoj dionici duljine 2,532 km zabilježene su tri prometne nesreće. Također zabilježena je značajno smanjene PGDP-a u odnosu na prvu dionicu sa 23451 voz/dan na 12314 voz/dan. Drugoj dionici je temeljem gustoće sudara i temeljem stope sudara dodijeljena ocjena Nesigurno, samim time i ukupna razina sigurnosti procijenjena je kao Nesigurno.

Tablica 3. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 2

| DIONICA 2              |                         |  |                  |
|------------------------|-------------------------|--|------------------|
| Početne vrijednosti    |                         | Izračunate vrijednosti                     |                  |
| Početna točka [km]     | 34,774                  | Niži interval pouzdanosti prometne nesreće | 1                |
| Završna točka [km]     | 37,306                  | Viši interval pouzdanosti prometne nesreće | 9                |
| Duljina dionice [km]   | 2,532                   | Niža gustoća prometne nesreće              | 0,13             |
| Broj prometnih nesreća | 3                       | Viša gustoća prometne nesreće              | 1,18             |
| PGDP [voz/dan]         | 12314                   | Niža stopa prometne nesreće                | 2,93             |
|                        |                         | Viša stopa prometne nesreće                | 26,34            |
| RAZINA SIGURNOSTI      | Temeljem gustoće sudara |  | Nesigurno        |
|                        | Temeljem stope sudara   |  | Nesigurno        |
|                        | Ukupno                  |  | <b>Nesigurno</b> |

Tablica 4. prikazuje procjenu razine sigurnosti treće, odnosno posljednje dionice na području Krapinsko-zagorske županije. Na dionici dulje 2,198 km zabilježena je jedna prometna nesreća. Trećoj dionici je temeljem gustoće sudara i temeljem stope sudara dodijeljena ocjena Nesigurno, samim time i ukupna razina sigurnosti procijenjena je kao Nesigurno.

Tablica 4. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 3

| DIONICA 3              |                         |  |                  |
|------------------------|-------------------------|--|------------------|
| Početne vrijednosti    |                         | Izračunate vrijednosti                     |                  |
| Početna točka [km]     | 37,306                  | Niži interval pouzdanosti prometne nesreće | 1                |
| Završna točka [km]     | 39,504                  | Viši interval pouzdanosti prometne nesreće | 6                |
| Duljina dionice [km]   | 2,198                   | Niža gustoća prometne nesreće              | 0,15             |
| Broj prometnih nesreća | 1                       | Viša gustoća prometne nesreće              | 0,91             |
| PGDP [voz/dan]         | 12942                   | Niža stopa prometne nesreće                | 3,21             |
|                        |                         | Viša stopa prometne nesreće                | 19,25            |
| RAZINA SIGURNOSTI      | Temeljem gustoće sudara |  | Nesigurno        |
|                        | Temeljem stope sudara   |  | Nesigurno        |
|                        | Ukupno                  |  | <b>Nesigurno</b> |

Tablica 5. prikazuje procjenu razine sigurnosti četvrte, odnosno prve dionice na području Zagrebačke županije. Na dionici najveće duljine od 2,8 km zabilježene su dvije prometne nesreće. Četvrtoj dionici je temeljem gustoće sudara i temeljem stope sudara dodijeljena ocjena Nesigurno, samim time i ukupna razina sigurnosti procijenjena je kao Nesigurno..

Tablica 5. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 4

| DIONICA 4              |                         |  |                  |
|------------------------|-------------------------|--|------------------|
| Početne vrijednosti    |                         | Izračunate vrijednosti                     |                  |
| Početna točka [km]     | 39,504                  | Niži interval pouzdanosti prometne nesreće | 1                |
| Završna točka [km]     | 42,304                  | Viši interval pouzdanosti prometne nesreće | 8                |
| Duljina dionice [km]   | 2,8                     | Niža gustoća prometne nesreće              | 0,12             |
| Broj prometnih nesreća | 2                       | Viša gustoća prometne nesreće              | 0,95             |
| PGDP [voz/dan]         | 14928                   | Niža stopa prometne nesreće                | 2,18             |
|                        |                         | Viša stopa prometne nesreće                | 17,47            |
| RAZINA SIGURNOSTI      | Temeljem gustoće sudara |  | Nesigurno        |
|                        | Temeljem stope sudara   |  | Nesigurno        |
|                        | Ukupno                  |  | <b>Nesigurno</b> |

Tablica 6. prikazuje procjenu razinu sigurnosti pete dionice. Na dionici duljine 2,632 km zabilježene su tri prometne nesreće. Petoj dionici je temeljem gustoće sudara i temeljem stope sudara dodijeljena ocjena Nesigurno, samim time i ukupna razina sigurnosti procijenjena je kao Nesigurno.

Tablica 6. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 5

| DIONICA 5              |                         |  |                  |
|------------------------|-------------------------|--|------------------|
| Početne vrijednosti    |                         | Izračunate vrijednosti                     |                  |
| Početa točka [km]      | 42,304                  | Niži interval pouzdanosti prometne nesreće | 1                |
| Završna točka [km]     | 44,936                  | Viši interval pouzdanosti prometne nesreće | 9                |
| Duljina dionice [km]   | 2,632                   | Niža gustoća prometne nesreće              | 0,13             |
| Broj prometnih nesreća | 3                       | Viša gustoća prometne nesreće              | 1,14             |
| PGDP [voz/dan]         | 16671                   | Niža stopa prometne nesreće                | 2,08             |
|                        |                         | Viša stopa prometne nesreće                | 18,72            |
| RAZINA SIGURNOSTI      | Temeljem gustoće sudara |  | Nesigurno        |
|                        | Temeljem stope sudara   |  | Nesigurno        |
|                        | Ukupno                  |  | <b>Nesigurno</b> |

Tablica 7. prikazuje procjenu razine sigurnosti šeste dionice. Na dionici duljine 2,742 km zabilježen je najveći broj prometnih nesreća, odnosno četiri prometne nesreće. Šestoj dionici je temeljem gustoće sudara i temeljem stope sudara dodijeljena ocjena Nesigurno, samim time i ukupna razina sigurnosti procijenjena je kao Nesigurno.

Tablica 7. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 6

| DIONICA 6              |                         |  |                  |
|------------------------|-------------------------|--|------------------|
| Početne vrijednosti    |                         | Izračunate vrijednosti                     |                  |
| Početa točka [km]      | 44,936                  | Niži interval pouzdanosti prometne nesreće | 2                |
| Završna točka [km]     | 47,678                  | Viši interval pouzdanosti prometne nesreće | 11               |
| Duljina dionice [km]   | 2,742                   | Niža gustoća prometne nesreće              | 0,24             |
| Broj prometnih nesreća | 4                       | Viša gustoća prometne nesreće              | 1,34             |
| PGDP [voz/dan]         | 17885                   | Niža stopa prometne nesreće                | 3,72             |
|                        |                         | Viša stopa prometne nesreće                | 20,47            |
| RAZINA SIGURNOSTI      | Temeljem gustoće sudara |  | Nesigurno        |
|                        | Temeljem stope sudara   |  | Nesigurno        |
|                        | Ukupno                  |  | <b>Nesigurno</b> |

Tablica 8. prikazuje procjenu razine sigurnosti sedme dionice. Na dionici duljine 2 km zabilježene su dvije prometne nesreće. Sedmoj dionici je temeljem gustoće sudara i temeljem stope sudara dodijeljena ocjena Nesigurno, samim time i ukupna razina sigurnosti procijenjena je kao Nesigurno.

Tablica 8. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 7

| DIONICA 7              |                         |  |                  |
|------------------------|-------------------------|--|------------------|
| Početne vrijednosti    |                         | Izračunate vrijednosti                     |                  |
| Početna točka [km]     | 47,678                  | Niži interval pouzdanosti prometne nesreće | 1                |
| Završna točka [km]     | 49,678                  | Viši interval pouzdanosti prometne nesreće | 8                |
| Duljina dionice [km]   | 2                       | Niža gustoća prometne nesreće              | 0,17             |
| Broj prometnih nesreća | 2                       | Viša gustoća prometne nesreće              | 1,33             |
| PGDP [voz/dan]         | 19414                   | Niža stopa prometne nesreće                | 2,35             |
|                        |                         | Viša stopa prometne nesreće                | 18,8             |
| RAZINA SIGURNOSTI      | Temeljem gustoće sudara |  | Nesigurno        |
|                        | Temeljem stope sudara   |  | Nesigurno        |
|                        | Ukupno                  |  | <b>Nesigurno</b> |

Tablica 9. prikazuje procjenu razine sigurnosti osme dionice. Na dionici duljine 2,009 km zabilježene su tri prometne nesreće. Osmoj dionici je temeljem gustoće sudara i temeljem stope sudara dodijeljena ocjena Nesigurno, samim time i ukupna razina sigurnosti procijenjena je kao Nesigurno..

Tablica 9. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 8

| DIONICA 8              |                         |  |                  |
|------------------------|-------------------------|--|------------------|
| Početne vrijednosti    |                         | Izračunate vrijednosti                     |                  |
| Početna točka [km]     | 49,678                  | Niži interval pouzdanosti prometne nesreće | 1                |
| Završna točka [km]     | 51,687                  | Viši interval pouzdanosti prometne nesreće | 9                |
| Duljina dionice [km]   | 2,009                   | Niža gustoća prometne nesreće              | 0,17             |
| Broj prometnih nesreća | 3                       | Viša gustoća prometne nesreće              | 1,49             |
| PGDP [voz/dan]         | 20042                   | Niža stopa prometne nesreće                | 2,27             |
|                        |                         | Viša stopa prometne nesreće                | 20,4             |
| RAZINA SIGURNOSTI      | Temeljem gustoće sudara |  | Nesigurno        |
|                        | Temeljem stope sudara   |  | Nesigurno        |
|                        | Ukupno                  |  | <b>Nesigurno</b> |

Tablica 10. prikazuje procjenu razine sigurnosti devete dionice. Na dionici duljine 1,205 km nije zabilježena niti jedna prometne nesreća te je to jedina takva dionica. Devetoj dionici je temeljem gustoće sudara i temeljem stope sudara dodijeljena ocjena Nesigurno, samim time i ukupna razina sigurnosti procijenjena je kao Nesigurno.

Tablica 10. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 9

| DIONICA 9              |                         |  |                  |
|------------------------|-------------------------|--|------------------|
| Početne vrijednosti    |                         | Izračunate vrijednosti                     |                  |
| Početa točka [km]      | 51,687                  | Niži interval pouzdanosti prometne nesreće | 0                |
| Završna točka [km]     | 52,892                  | Viši interval pouzdanosti prometne nesreće | 4                |
| Duljina dionice [km]   | 1,205                   | Niža gustoća prometne nesreće              | 0                |
| Broj prometnih nesreća | 0                       | Viša gustoća prometne nesreće              | 1,11             |
| PGDP [voz/dan]         | 20285                   | Niža stopa prometne nesreće                | 0                |
|                        |                         | Viša stopa prometne nesreće                | 14,93            |
| RAZINA SIGURNOSTI      | Temeljem gustoće sudara |  | Nesigurno        |
|                        | Temeljem stope sudara   |  | Nesigurno        |
|                        | Ukupno                  |  | <b>Nesigurno</b> |

Tablica 11. prikazuje procjenu razine sigurnosti desete dionice, odnosno posljednje dionice. Na dionici duljine 1,238 km zabilježene su dvije prometne nesreće. Desetoj dionici je temeljem gustoće sudara dodijeljena ocjena Visoki rizik. Temeljem stope sudara dodijeljena je ocjena Nesigurno te je ukupna razina sigurnosti procijenjena je kao Nesigurno.

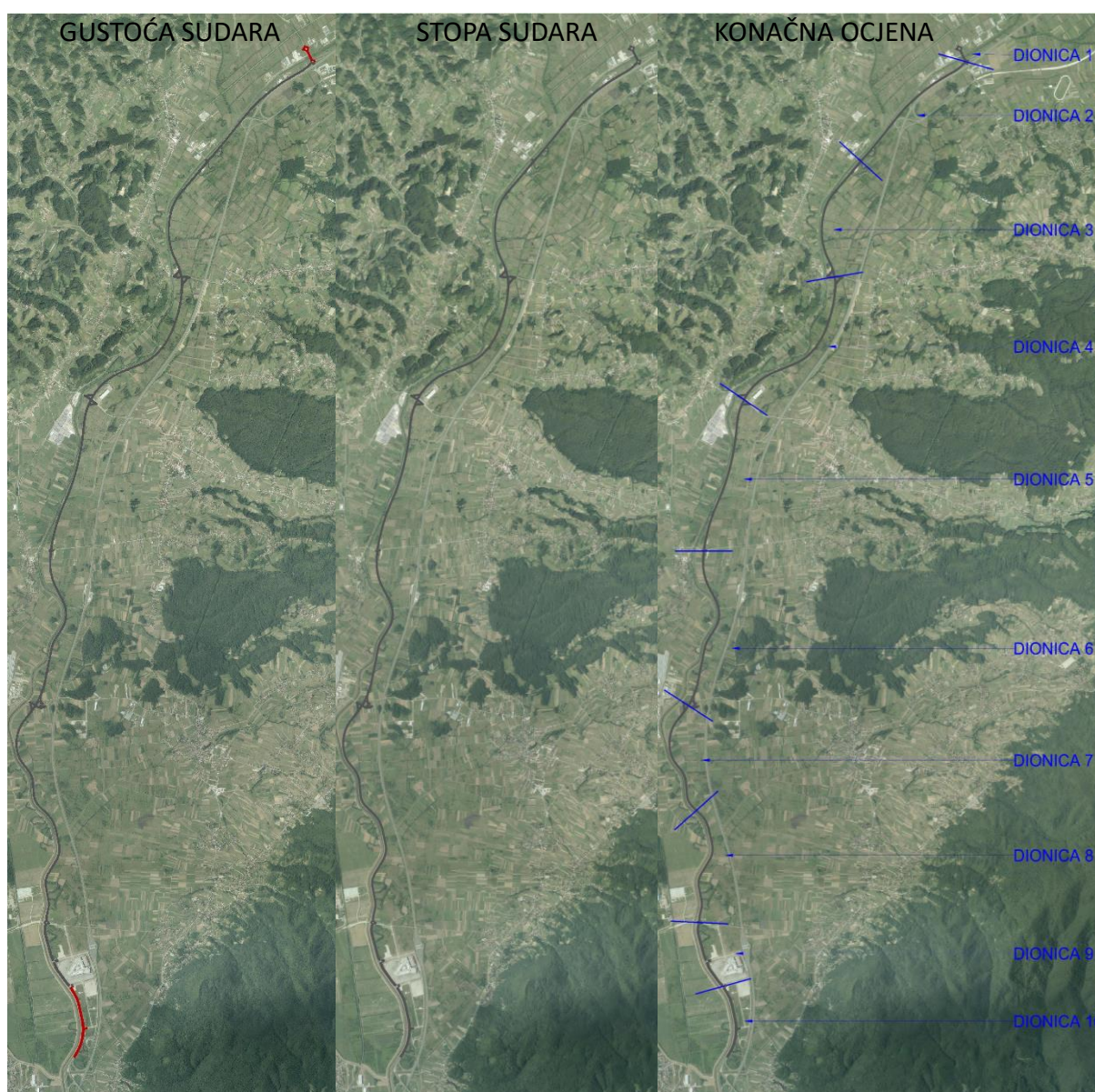
Tablica 11. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 10

| DIONICA 10             |                         |  |                     |
|------------------------|-------------------------|--|---------------------|
| Početne vrijednosti    |                         | Izračunate vrijednosti                     |                     |
| Početa točka [km]      | 52,892                  | Niži interval pouzdanosti prometne nesreće | 1                   |
| Završna točka [km]     | 54,13                   | Viši interval pouzdanosti prometne nesreće | 8                   |
| Duljina dionice [km]   | 1,238                   | Niža gustoća prometne nesreće              | 0,27                |
| Broj prometnih nesreća | 2                       | Viša gustoća prometne nesreće              | 2,15                |
| PGDP [voz/dan]         | 20285                   | Niža stopa prometne nesreće                | 3,63                |
|                        |                         | Viša stopa prometne nesreće                | 29,07               |
| RAZINA SIGURNOSTI      | Temeljem gustoće sudara |  | <b>Visoki rizik</b> |
|                        | Temeljem stope sudara   |  | Nesigurno           |
|                        | Ukupno                  |  | <b>Nesigurno</b>    |

Od ukupno 10 dionica temeljem gustoće sudara dvije dionice ocjenjene su sa Visoki rizik, osam dionica ocjenjeno je Nesigurno te nijednoj dionici nije dodijeljena ocjena Nizak rizik. Na području Krapinsko-zagorske županije temeljem gustoće sudara jednoj je dionici

(prvoj) dodijeljena ocjena Visok rizik. Na području Zagrebačke županije temeljem gustoće sudara također je jednoj dionici (posljednjoj) dodijeljena ocjena Visok rizik te je ostalim dionicama dodijeljena ocjena Nesigurno. Temeljem stope sudara kao i konačna ocjena svim dionicama je dodijeljena ocjena Nesigurno.

Slika 20 grafički prikazuje rezultate reaktivne procjene razine sigurnosti. Lijeva linija prikazuje rezultate koji se temelje na gustoći sudara, srednja linija prikazuje rezultate koji se temelje na stopi sudara te desna linija predstavlja ukupnu ocjenu procijene stanja sigurnosti državne ceste D1 na dionici Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski. Crvena boja predstavlja dionice kojima je dodijeljena ocjena Visoki rizik, dok siva boja predstavlja dionice kojima je dodijeljena ocjena Nesigurno.



Slika 20. Rezultati reaktivne procjene dionice državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje

## 6. Zaključak

Motorizirani cestovni promet jedan je od važnih obilježja suvremenog razvitka i civilizacije. Mnoge dobrobiti prometa plaćaju se visokom cijenom neželjenog ljudskog stradavanja, a osim individualnih tragedija društvo trpi velike gubitke zbog prometnih nesreća. Prometne nesreće također su golem trošak za društvo. Cestovni promet je jedan od najsloženijih i najopasnijih modova prometa. Temeljni čimbenici sigurnosti cestovnog prometa su čovjek, vozilo, cesta te promet na cesti i incidentni čimbenik. Čovjek je u najvećem broju slučajeva krivac za prometne nesreće. Razlike u ponašanju ponajviše ovise osobnim značajkama vozača, psihofizičkim osobinama vozača te obrazovanju i kulturi. Utjecaj vozila na sigurnost cestovnog prometa promatra se kroz aktivne elemente sigurnosti vozila i pasivne elemente sigurnosti vozila. Cesta se sastoji od velikog broja elemenata koji utječu na mogućnost nastanka prometnih nesreća. Nedostaci ceste mogu nastati već prilikom projektiranja ili naknadno uslijed eksploatacije.

Procjena razine sigurnosti ceste provodi se pomoću različitih metodologija koje se mogu podijeliti na dva osnovna pristupa: metodologije koje se temelje na pojavi prometnih nesreća, odnosno reaktivan pristup i metodologije koje procjenjuju sigurnost na temelju karakteristika ceste, odnosno proaktivan pristup. Također razlikuju se metode koje se primjenjuju na specifičnoj lokaciji ili segmentu te one koje se primjenjuju na razini cijele mreže. Neovisno o odabranom pristupu metodologije za procjenu potrebno je provesti segmentaciju predmetne ceste te prikupljanje podataka. Kod reaktivnog pristupa potrebno je prikupiti podatke o prometnim nesrećama i količina prometa za predmetnu dionicu i referentnu populaciju. Kod proaktivnog pristupa potrebni su podaci o tehničkim karakteristikama predmetne dionice. Nakon primjene proaktivnog i reaktivnog pristupa potrebno je provesti integraciju dobivenih rezultata kako bi se dobila konačna ocjena razine sigurnosti ceste.

Prometne nesreće se mogu promatrati prema mjestu nastanka, vremenu nastanka, posljedicama, vrsti, okolnostima nastanka. Prema provedenoj analizi prometnih nesreća na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski vidljivo je kako do prometnih nesreća najčešće dolazi u ljetnim mjesecima. U najvećem broju slučajeva posljedice prometnih nesreća su materijalna šteta i lake ozlijede. Do prometnih nesreća najčešće dolazi sudarom dvaju ili više vozila. Dok je najčešća okolnost nastanka prometnih nesreća nepropisno kretanje vozila na kolniku.

Provedbom reaktivnog pristupa metodologije za procjenu sigurnosti na cijeloj mreži dionica državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski podijeljena je na 10

segmenata/dionica. Nijednom segmentu nije dodijeljena zadovoljavajuća razina sigurnosti, odnosno Nizak rizik. Također nijednom segmentu nije dodijeljena konačna ocjena Visoki rizik. Kao konačna ocjena Nesigurno dodijeljena je za svih 10 segmenata. Segmenti ocjenjeni sa Visoki rizik i Nesigurno predstavljaju lokacije na kojima je potrebno provesti radnje u cilju povećanja sigurnosti cestovnog prometa. Da bi se stanje sigurnosti u cestovnom prometu podignulo na višu razinu, potrebno je uložiti znatno više napora i resursa u poboljšanje prometne infrastrukture i razvitak prometne kulture. S obzirom da su sredstva za sigurnost cestovnog prometa često ograničena, važno je učinkovito odrediti prioritet daljnjeg ispitivanja i/ili poduzimanja radnji u cilju povećanja sigurnosti cestovnog prometa.



## Literatura

- [1] Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske. Preuzeto sa: <https://npscp.hr/> [Pristupljeno: svibanj 2023.]
- [2] V. Cerovac. TEHNIKA I SGURNOST PROMETA. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2001.
- [3] G. Luburić. Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I. Radni materijali za predavanja
- [4] Oryx asistencija. Preuzeto sa: <https://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/aktualno/napredni-sustavi-za-pomoc-u-voznji-14275> [Pristupljeno: svibanj 2023.]
- [5] Euroauto. Preuzeto sa: <https://www.euroauto.hr/blog/adaptivni-tempomat-adaptivecruise-control-acc-sustav-112/> [Pristupljeno: svibanj 2023.]
- [6] Avtotachki. Preuzeto sa: <https://hr.avtotachki.com/opisanie-i-princip-raboty-sistemy-kontrolya-slepyh-zon/> [Pristupljeno: svibanj 2023.]
- [7] The globe and mail. Preuzeto sa: <https://www.theglobeandmail.com/drive/culture/article-how-to-automatic-high-beam-systems-work/> [Pristupljeno: svibanj 2023.]
- [8] Ministarstvo mora prometa i infrastrukture. Pravilnik o održavanju cesta. Izdanje 1826. Zagreb: Narodne novine; 2014
- [9] National Technical University of Athens, University of Zagreb, FRED Engineering s.r.l., Network Wide Road Safety Assessment Methodology and Implementation Handbook; 2023.
- [10] Geoportal hrvatske ceste. Preuzeto sa: <https://geoportal.hrvatske-cesta.hr/gis?c=585099%2C4917628&so=&z=3.5> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [11] Zabok. Preuzeto sa: <https://www.zabok.hr/pocinje-obnova-stare-zagorske-magistrale/> [Pristupljeno: lipanj 2023.]
- [12] Zakon o sigurnosti prometa na cestama. NN 67/08, 48/10, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19, 42/20, Zagreb: Narodne novine; 2023.
- [13] Zavod za javno zdravstvo. Preuzeto sa: <https://www.hzjz.hr/dogadaj/strucni-skup-prometne-nesrece-javnozdravstveni-izazov/> [Pristupljeno: lipanj 2023.]

[14] Ministarstvo unutarnjih poslova, Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2022. Izdanje: XLIX. Zagreb; 2023.

[15] G. Zovak, Ž. Šarić., Prometno tehničke ekspertize i sigurnost. Nastavni materijali. Zagreb; 2016.

## Popis kratica

|      |                                     |
|------|-------------------------------------|
| NWA  | Network Wide Road Safety Assessment |
| ADAS | Advanced Driver Assistance Systems  |
| ABS  | Anti-lock braking system            |
| PGDP | Prosječni Godišnji Dnevni Promet    |
| PDP  | Prosječni Dnevni Promet             |
| km   | Kilometar                           |
| m    | Metar                               |

## Popis slika

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Vennov dijagram - čimbenici sigurnosti cestovnog prometa .....                                  | 3  |
| Slika 2. Mjerenje dimenzija raskrižja .....  | 20 |
| Slika 3. Segmentacija raskrižja u razini.....  | 21 |
| Slika 4. Integracija rezultata proaktivnog i reaktivnog pristupa .....                                   | 28 |
| Slika 5. Primjer integriranja rezultata s različitim segmentiranjem u svakom pristupu .....              | 28 |
| Slika 6. Makrolokacija dionice državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski .....    | 29 |
| Slika 7. 1. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski .....  | 30 |
| Slika 8. 2. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski .....  | 31 |
| Slika 9. 3. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski .....  | 32 |
| Slika 10. 4. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski ..... | 33 |
| Slika 11. 5. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski ..... | 34 |
| Slika 12. 6. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski ..... | 35 |
| Slika 13. 7. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski ..... | 36 |
| Slika 14. 8. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski ..... | 37 |
| Slika 15. 9. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski.....  | 38 |
| Slika 16. 10. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski ...  | 39 |
| Slika 17. 11. raskrižje na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski ...  | 40 |
| Slika 18. Lokacije prometnih nesreća u razdoblju od 3 godine .....                                       | 44 |
| Slika 19. Prikaz dionica i lokacija prometnih nesreća koje su uključene u reaktivnu procjenu .....       | 50 |
| Slika 20. Rezultati reaktivne procjene dioiice državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje .....        | 56 |

## Popis grafikona

|  |    |
|--|----|
| Graf 1. Prometne nesreće s obzirom na mjesec u godini.....     | 45 |
| Graf 2. Prometne nesreće s obzirom na nastale posljedice ..... | 46 |
| Graf 3. Prometne nesreće prema vrsti .....                     | 47 |
| Graf 4. Okolnosti nastanka prometne nesreće .....              | 48 |

## Popis tablica

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1. Predefinirane dimenzije raskrižja .....       | 19 |
| Tablica 2. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 1.....   | 51 |
| Tablica 3. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 2.....   | 51 |
| Tablica 4. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 3.....   | 52 |
| Tablica 5. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 4.....   | 52 |
| Tablica 6. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 5.....   | 53 |
| Tablica 7. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 6.....   | 53 |
| Tablica 8. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 7.....   | 54 |
| Tablica 9. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 8.....   | 54 |
| Tablica 10. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 9.....  | 55 |
| Tablica 11. Procjena razine sigurnosti - DIONICA 10..... | 55 |

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ **diplomski rad** \_\_\_\_\_  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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 završnog/diplomskog rada pod naslovom \_\_\_\_\_ **Procjena sigurnosti cestovne mreže na dionici državne ceste D1 Pavlovec Zabočki – Jakovlje – Ivanec Bistranski** \_\_\_\_\_, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, \_\_12.09.2023.\_\_

\_\_\_\_\_**Daniel Matija**\_\_\_\_\_  
(ime i prezime, potpis)  
*Daniel Matija*